



La voix

Ses troubles
chez les enseignants

- Dans la même collection**
- Éthers de glycol. Quels risques pour la santé ? 1999
 - Obésité. Dépistage et prévention chez l'enfant. 2000
 - Asthme et rhinites d'origine professionnelle. 2000
 - Lombalgies en milieu professionnel. Quels facteurs de risques et quelle prévention ? 2000
 - Dioxines dans l'environnement. Quels risques pour la santé ? 2000
 - Hormone replacement therapy. Influence on cardiovascular risk ? 2000
 - Rythmes de l'enfant. De l'horloge biologique aux rythmes scolaires. 2001
 - Susceptibilités génétiques et expositions professionnelles. 2001
 - Éducation pour la santé des jeunes. Démarches et méthodes. 2001
 - Alcool. Effets sur la santé. 2001
 - Cannabis. Quels effets sur le comportement et la santé ? 2001
 - Asthme. Dépistage et prévention chez l'enfant. 2002
 - Déficits visuels. Dépistage et prise en charge chez le jeune enfant. 2002
 - Troubles mentaux. Dépistage et prévention chez l'enfant et l'adolescent. 2002
 - Alcool. Dommages sociaux, abus et dépendance. 2003
 - Hépatite C. Transmission nosocomiale. État de santé et devenir des personnes atteintes. 2003
 - Santé des enfants et des adolescents, propositions pour la préserver. Expertise opérationnelle. 2003
 - Tabagisme. Prise en charge chez les étudiants. 2003
 - Tabac. Comprendre la dépendance pour agir. 2004
 - Psychothérapie. Trois approches évaluées. 2004
 - Déficiences et handicaps d'origine périnatale. Dépistage et prise en charge. 2004
 - Tuberculose. Place de la vaccination dans la maladie. 2004
 - Suicide. Autopsie psychologique, outil de recherche en prévention. 2005
 - Cancer. Approche méthodologique du lien avec l'environnement. 2005
 - Trouble des conduites chez l'enfant et l'adolescent. 2005
 - Cancers. Pronostics à long terme. 2006
 - Éthers de glycol. Nouvelles données toxicologiques. 2006
 - Déficits auditifs. Recherches émergentes et applications chez l'enfant. 2006
 - Obésité. Bilan et évaluation des programmes de prévention et de prise en charge. 2006



Ce logo rappelle que le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants-droits.
Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique.

Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



Expertise collective

La voix

Ses troubles
chez les enseignants

Inserm

Institut national
de la santé et de la recherche médicale

Cet ouvrage présente les travaux du groupe d'experts réunis par l'Inserm dans le cadre de la procédure d'expertise collective, pour répondre à la demande de la Mutuelle générale de l'éducation nationale (MGÉN) concernant la voix et ses troubles chez les enseignants. Ce travail s'appuie sur les données scientifiques disponibles en date du deuxième semestre 2005. Environ 570 articles ont constitué la base documentaire de cette expertise.

Le Centre d'expertise collective de l'Inserm a assuré la coordination de cette expertise collective.

Groupes d'experts et d'auteurs

Denis AUTESSERRE, Institut de la communication parlée, Grenoble

Nicole CHARPY, Unité de phoniatrie, Institut Arthur Vernes, Paris

Lise CREVIER-BUCHMAN, Laboratoire voix, parole et déglutition, Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris

Philippe DEJONCKERE, Institut de phoniatrie, Division spécialités chirurgicales, University Medical Center, Utrecht, Pays-Bas

Frédéric ÉLUARD, Médecine du travail, Perpignan

Élisabeth FRESNEL, Laboratoire de la voix ESPACE (Exploration et soin de la parole, de l'audition, chant et enregistrement), Paris

Antoine GIOVANNI, Laboratoire d'audio-phonologie clinique, UPRES-EA 2668, Fédération ORL Centre hospitalier universitaire de la Timone, Marseille

Jean SCHOENTGEN, Unité de recherche ondes et signaux, Université libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique

Bernadette TIMMERMANS, Research institute for theater and screen, Erasmus Hogeschool Bruxelles, Belgique

Ont présenté une communication

Paul-Laurent ASSOUN, Laboratoire clinique du corps et anthropologie psychanalytique, Université Paris 7

Rose Marie BOURGAULT, Laboratoire de la voix ESPACE (Exploration et soin de la parole, de l'audition, chant et enregistrement), Paris

Guy CORNUT, phoniatre, Lyon

Line GUERRA et Sooch SAN SOUCI, Audition, Intelligibilité, Acoustique, Boulogne

Malte KOB, Chaire de phoniatrie et d'audiologie pédiatrique, Haute école technique de la Rhénaie Wesphalie, Université d'Aix-la-Chapelle

Coordination scientifique et éditoriale

Élisabeth ALIMI, chargée d'expertise, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Fabienne BONNIN, attachée scientifique, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Catherine CHENU, attachée scientifique, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Jeanne ÉTIEMBLE, directrice, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Anne-Laure PELLIER, attachée scientifique, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Assistance bibliographique

Chantal RONDET-GRELLIER, documentaliste, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Sommaire

Avant-propos.....	XI
--------------------------	-----------

Analyse

1. Approches historique et épistémologique des recherches sur la parole et la voix	1
2. Mécanismes physiques de la voix	101
3. Mécanismes physiologiques de la voix	119
4. Pathologies associées à l'usage professionnel de la voix	139
5. Données épidémiologiques	153
6. Méthodes diagnostiques.....	181
7. Traitements médicaux et chirurgicaux	193
8. Prise en charge rééducative	205
9. Programmes de prévention	225

Synthèse et Recommandations.....	239
---	------------

Communications

Objet inconscient de la voix, la perte, le savoir et le corps	277
Approche cognitivo-comportementale dans la prévention et la prise en charge	285
Données épidémiologiques issues de l'Enquête Santé MGEN 2005.....	289
Apport des acousticiens face aux troubles de la voix des enseignants...	299
Impact des conditions acoustiques sur la voix des enseignants.....	311

Annexes

Échelle GRBAS.....	327
Questionnaire <i>Voice Handicap Index</i> 30 (VHI 30)	329
Questionnaire <i>Voice Handicap Index</i> 10 (VHI 10)	331

Avant-propos

La voix est essentielle à l'exercice de la profession d'enseignant. Cette voix, que l'on pourrait qualifier « d'outil professionnel », est souvent mise à rude épreuve. Les enseignants s'expriment dans un environnement bruyant, souvent mal insonorisé, plusieurs heures par jour.

Un trouble de la voix peut retentir à la fois sur le mental, le physique, l'émotionnel et la communication et ainsi avoir un impact sur la vie professionnelle et sociale. La prise de conscience par les enseignants de l'importance de la voix en tant qu'outil pour capter l'attention d'un auditoire et communiquer avec efficacité doit les amener à être sensible aux conditions acoustiques de leur environnement de travail et les encourager à consulter dès les premiers signes de fatigue vocale.

La Mutuelle générale de l'éducation nationale (MGEN) a sollicité l'Inserm pour une analyse critique et une synthèse de l'ensemble des données scientifiques internationales disponibles sur les différents troubles rencontrés chez les professionnels utilisant la voix dans leur métier, en particulier les enseignants. Afin de répondre à cette demande, l'Inserm a réuni un groupe pluridisciplinaire d'experts dans les domaines de l'oto-rhino-laryngologie, la phoniatrie, la physique des ondes et signaux, l'orthophonie et la communication parlée.

L'expertise scientifique du groupe s'est structurée autour des questions suivantes :

- Quels sont les différents concepts sous-jacents à l'analyse de la parole ? Comment les différentes méthodes adoptées, les différents types de mesure et les progrès accomplis dans la connaissance des processus fondamentaux de la parole ont-ils évolué au cours du temps ?
- Quels sont les mécanismes de production du son, de la voix et de la parole ?
- Quelles sont les différentes formes de pathologies associées aux troubles de la voix ? Qu'est-ce que la fatigue vocale, le forçage vocal ?
- Quelles sont les données de prévalence et d'incidence sur les troubles de la voix chez les enseignants en France et à l'étranger ? Existe-t-il des variations, par âge, par sexe ?
- Quels sont les facteurs étiologiques aggravants liés au sujet lui-même et ceux liés aux conditions d'utilisation de la voix ?

- Comment définir les populations à risque parmi les enseignants ? Quelles sont les techniques de dépistage ? Quels sont les outils disponibles pour mesurer la qualité de la voix ?
- Comment faire un bilan vocal ? Quelles sont les techniques mises en œuvre pour diagnostiquer les troubles de la voix ?
- Quels traitements médicaux et chirurgicaux permettent de soigner les troubles de la voix ?
- Comment rééduquer la voix ? Quelle est la proportion de rechute après rééducation vocale ? Quel est le rôle des médecins du travail et des orthophonistes dans l'information des enseignants ?
- Quels sont les programmes de prévention ? Quelle est l'efficacité de ces programmes ?

L'interrogation des bases bibliographiques internationales a conduit à sélectionner plus de 570 articles. Au cours de huit séances de travail organisées entre les mois de mars 2005 et avril 2006, les experts ont présenté une analyse et une synthèse des travaux publiés au plan international selon leur domaine de compétences. Pour compléter le travail d'analyse, des auditions ont été programmées et font l'objet de communications sur la prise en charge psychologique des troubles de la voix et sur des études pilotes concernant le domaine de l'acoustique.

1

Approches historique et épistémologique des recherches sur la parole et la voix

Il peut paraître assez paradoxal de commencer une expertise consacrée aux troubles de la voix chez les enseignants par des approches historique et épistémologique de la parole. Ce terme, choisi pour sa valeur générique, est associé à des références concrètes : ce qui est produit par un individu qui parle, ce qui sort de sa bouche, est transmis à un auditeur et sert de support à la signification du message reçu. En revanche, la voix, qui est apparue très vite essentielle pour l'identification d'un locuteur particulier, a vu son rôle largement sous-estimé dans sa participation à la signification du message. La voix apportait, plutôt, un « supplément d'âme ». Afin d'expliquer cette situation, il paraît nécessaire de revenir aux conditions d'élaboration de ces deux concepts et de suivre leur développement historique. Engagés dans la réflexion occidentale, marquée idéologiquement, du « propre de l'homme », ces deux termes se sont retrouvés aux deux pôles d'une grande opposition : à la « parole de la raison » (de l'homme) répond la « voix des passions » (qui nous rattache au monde animal). Ce n'était donc pas un contexte favorable pour une étude scientifique de la voix, rendue déjà délicate par les difficultés d'observation *in vivo* de l'organe vocal : il demeure malaisé de suivre en temps réel les mouvements rapides des cordes vocales. Malgré des connaissances anatomiques assez anciennes, il a fallu attendre le développement de techniques d'investigation appropriées pour surmonter ce handicap initial d'observation et progresser dans la connaissance du fonctionnement des cordes vocales en voix parlée et chantée. Mais pour des raisons épistémologiques, liées à des résistances idéologiques, la barrière des sens a été plus facilement franchie que celle du sens ! Les recherches, qui se sont succédées dans le temps, dans le domaine des phénomènes prosodiques, et en particulier de l'intonation des langues (Hirst et Di Cristo, 1998), ont conduit à une plus juste évaluation du rôle de la voix dans la signification globale du message. Ceci a eu pour effet de focaliser l'attention sur l'utilisation professionnelle de la voix, en particulier dans la prati-

que enseignante, aux conditions informationnelles exigeantes, celles de la transmission du savoir.

Enracinement des analyses de la parole et de la voix dans une longue histoire

Après une première période d'élaboration de mythes d'origine accompagnés de pratiques magiques, les plus anciennes réflexions sur le langage, les langues, la parole et la voix, qui nous sont directement parvenues, émanent des philosophes (au sens large, ce sont les dépositaires de la science de leur époque), des théologiens puis des grammairiens déjà plus spécialisés. Dès l'antiquité grecque, les connaissances ainsi acquises sont transmises par l'enseignement, principalement de la philosophie, de la rhétorique puis de la grammaire et ce jusqu'au XVIII^e siècle compris. Un enseignement élémentaire plus pratique (ou plus technique), en place dès l'antiquité, est confié aux « maîtres de déclamation » et aux enseignants de musique, surtout de chant (Belis, 1999), qui cumulent les fonctions d'éducateurs et de rééducateurs. Les connaissances anatomiques progressent avec des dissections (même s'il s'agit surtout d'animaux). On arrivera ainsi à une meilleure connaissance des organes impliqués dans la production de la parole et de la voix humaines. La pratique médicale, à la fois médicamenteuse et chirurgicale, se développe en rivalité avec la « médecine des temples ». Dans ce contexte philosophique, un intérêt constant va se manifester pour l'origine du langage mais la première grande action sur les langues qui nous est accessible, bien qu'assez indirectement et surtout par ses résultats, apparaît avec l'avènement de l'écriture.

De l'émergence de la pensée symbolique aux écritures alphabétiques : premières classifications phonétiques

Des mythes anciens concernant l'origine du langage sont présents dans un grand nombre de civilisations. Des données plus objectives mais très indirectes et faisant l'objet d'interprétations difficilement vérifiables proviennent des recherches préhistoriques.

Origine du langage et des langues

Dans les nombreuses spéculations disponibles auxquelles elles donnent lieu, l'origine du langage et l'origine des langues sont souvent confondues (Hombert, 2005). Le langage originel n'était pas forcément articulé, les gestes et surtout la voix ayant pu précéder la parole. Il serait apparu en Afrique, environ 1 500 000 ans av. J-C, chez les représentants d'*Homo ergaster* (candidats considérés comme plausibles en raison de leur capacité crânienne et du fait

qu'ils fabriquaient des outils de pierre élaborés, les bifaces). Les langues seraient contemporaines de l'émergence d'une pensée symbolique, au début du paléolithique supérieur, plus vraisemblablement chez l'*Homo sapiens* (plus discutée chez l'*Homo neandertalensis*). En témoignerait une convergence de pratiques : les premières sépultures, les débuts de la parure et les peintures rupestres (les plus anciennes connues étant celles de la grotte Chauvet, datées d'environ 32 000 ans avant l'époque présente). Les mains négatives aux doigts incomplets, dessinées selon la technique du pochoir à l'époque gravettienne (environ 28 000 ans avant le présent) sur les parois des grottes de Gargas (Hautes-Pyrénées) et de Cosquer (près de Marseille), attesteraient l'existence d'un langage gestuel. Il aurait été utilisé, en plus de leur(s) langue(s), par des peuples chasseurs pour répondre aux nécessités d'une communication silencieuse pendant certains épisodes de la chasse, comme par exemple l'affût. La volonté d'en laisser des traces constituerait l'une des premières attestations de la picturalité avant le développement des écritures proprement dites.

Avènement des écritures

S'agit-il d'une découverte géniale des premiers linguistes (souvent assimilés à des dieux ou des héros par les différentes traditions culturelles) ? Il en est ainsi, pour Antoine Meillet, grand spécialiste de grammaire comparée des langues indo-européennes du XX^e siècle : « les hommes qui ont inventé et perfectionné l'écriture ont été de grands linguistes ». Une autre conception, plus en accord avec une succession de découvertes archéologiques, a été défendue récemment par Louis-Jean Calvet (en 1996) pour qui l'écriture doit être envisagée « non par rapport à la langue mais par rapport aux deux modes d'expression que l'homme a connus depuis les origines : la gestualité, comprenant des systèmes par définition fugaces, et celui de la picturalité, comprenant des systèmes qui peuvent perdurer, résister au temps, franchir l'espace ». Il est possible ainsi d'apporter un début de réponse à cette énigme souvent signalée par les préhistoriens : la longue période de temps qui sépare les premières civilisations du paléolithique supérieur des débuts des écritures (au moins 25 000 ans). Mais il n'empêche que l'avènement de l'écrit a nécessité la convergence d'un certain nombre de facteurs sociologiques, politiques et économiques : le facteur urbain, le développement (concomitant ?) d'un pouvoir centralisé, dont le représentant sera pérennisé par le récit de ses exploits, ou encore la conservation de la comptabilité, afin de pouvoir contrôler les échanges commerciaux de plus en plus nombreux. La plupart des spécialistes se répartiront selon leur choix d'une des deux grandes alternatives présentées sous forme de question formulée de manière synthétique : « une écriture pour conter ou pour compter ? » Pour ce qui est de la datation des premières écritures, elle dépend essentiellement de l'état des découvertes archéologiques. Les formes les plus anciennes de l'écriture suméro-akkadienne sont datées d'environ 3 200 ans av. J-C et celles de l'écriture égyptienne, très proches, d'environ 3 000 ans av. J-C. Elles sont toutes deux

logographiques (avec une part variable de phonographie). La première écriture phonographique élaborée serait celle des Phéniciens. Adaptée à la langue sémitique qu'elle représente, où les voyelles sont prévisibles, c'est une écriture consonantique. Les Grecs parviendront au stade alphabétique complet, en notant aussi les voyelles, indispensables à la compréhension de leur langue indo-européenne (entre le X^e et le VIII^e siècle av. J-C). La représentation écrite, phonographique, qui ne concerne pourtant qu'un nombre réduit de langues parlées dans le monde, va marquer durablement, dans la tradition des analyses occidentales des langues, les relations entre la parole articulée, privilégiée, et la voix, plus continue, sacrifiée parce que moins bien représentable dans l'écrit.

Premières analyses et classifications des unités phoniques des langues

Deux grandes traditions d'analyse et de classement des réalisations phoniques vont être entreprises séparément : celle des grammairiens hindous et celle des Grecs.

Analyse et classification hindoues

Elles témoignent d'une réflexion manifeste sur le langage parlé. L'« *Astadhyayi* » de Panini, au IV^e siècle av. J-C, constitue une compilation de grammaires antérieures transmises par tradition orale. C'est la première description d'une langue, le sanscrit, antérieure à l'écriture (elle ne distingue pas les voyelles et les consonnes). La parole et la voix ont pour élément fondamental le « souffle » modifié le long du conduit vocal. Les éléments minimaux de la langue sont les syllabes. Le classement des consonnes fait intervenir un regroupement selon le lieu d'articulation (d'arrière en avant, des vélaires aux labiales) et le mode d'articulation, caractérisé d'après le fonctionnement de l'organe articulateur (occlusives, constrictives, glottales sourdes et sonores, aspirées et nasales). Cette description articulatoire ne sera diffusée en Occident qu'au moment de la Grammaire Comparée, au XIX^e siècle.

Analyse et classification grecques

Les lettres de l'écriture alphabétique grecque vont remplir une double fonction : elles désigneront, d'abord, les caractères graphiques proprement dits mais elles vont, très vite, servir aussi de référence pour l'analyse des éléments phoniques de la langue en s'appuyant sur une correspondance établie entre les lettres invariantes et les formes orales variables qu'elles représentent. L'expression « prononciation des lettres », qui parcourra les siècles, de plus en plus critiquée et encore utilisée actuellement à la place de « prononciation des réalisations phoniques » montre bien la pérennité de ce besoin de représentation invariante qui conduira, sur d'autres bases (la signification), au choix des phonèmes comme unités phoniques minimales.

La distinction entre voyelle et consonne a dû se faire aussi, chez les Grecs anciens, au travers de l'écriture et elle apparaît déjà chez Euripide (480-416 av. J-C). L'analyse phonétique, dans les traités et dans les grammaires, distingue les voyelles, les demi-voyelles (consonnes continues) et les muettes (consonnes momentanées). La syllabe est composée d'une voyelle et d'une « lettre qui a un son » (la consonne). Les analyses, les classifications et la terminologie qui en résulte, de nature plus auditive ou impressive qu'articulatoire, seront reprises, après traduction, chez les grammairiens latins et, après des modifications plutôt ponctuelles, jusque chez les grammairiens français du XVIII^e siècle.

Pouvoirs de la parole et de la voix

Une grande partie de la réflexion conduite en Occident sur la parole et la voix se rattache à deux traditions : l'une, judéo-chrétienne, de la parole créatrice du monde, dans la Bible (Ancien et Nouveau Testaments), et l'autre, gréco-latine, de la rhétorique, la parole et la voix pour argumenter et persuader.

Parole de Dieu, créatrice du monde

La théorie de la parole qui crée le monde existe dans de nombreux mythes d'origine. Ceci est également bien représenté dans la pensée religieuse égyptienne, qu'il s'agisse des textes des pyramides de l'Ancien Empire (environ 2 350 av. J-C) ou des textes des sarcophages (2 300 à 1 500 av. J-C XI^e et XII^e dynasties) (Yoyotte, 1956). Mais sa forme la plus élaborée apparaît, à l'époque où la ville de Memphis est capitale de l'Égypte, dans le culte d'un dieu local, Ptah. Pour la cosmogonie memphite, ce dieu agit comme un créateur « en pensant le monde dans son cœur puis en l'appelant à la vie par l'autorité de ses paroles ». Ce principe intellectuel de création, synthèse de l'esprit et du monde matériel, n'est pas sans évoquer la Bible. Dans l'Ancien Testament, au livre de la Genèse (premier récit de la création, source sacerdotale), le monde vient à l'existence nommé par Dieu. Ainsi, « Dieu dit : que la lumière soit et la lumière fut. Dieu vit que la lumière était bonne et Dieu sépara la lumière et les ténèbres. Dieu appela la lumière jour et les ténèbres nuit » (I.3). Au second récit de la création, l'homme est associé à celle-ci : « Yahvé Dieu modela encore du sol toutes les bêtes sauvages et tous les oiseaux du ciel et il les amena à l'homme pour voir comment celui-ci les appellerait : chacun devait porter le nom que l'homme lui avait donné » (II.19). La langue est conçue comme une nomenclature. Dans le Nouveau Testament, le premier verset de l'Évangile selon Saint-Jean reprend le thème et l'amplifie : « Au commencement était le Verbe et le Verbe était avec Dieu et le Verbe était Dieu » ou encore, un peu plus loin dans le texte

(I.14), « et le Verbe s'est fait chair et il a habité parmi nous » (par l'incarnation du Verbe, Dieu a une présence personnelle et sensible parmi les hommes). Ce dernier texte sera amplement commenté, dès l'antiquité tardive chrétienne, par les Pères de l'Église et, en particulier, Saint-Augustin (354-430, auteur d'une théorie complète du signe) puis par les théologiens du Moyen Âge. La seule vérité, révélée, concernant l'origine du monde, de l'homme et du langage, représentée par la Bible, sera la version officielle défendue par l'Église et elle ne sera véritablement remise en question qu'au XIX^e siècle, en particulier avec la théorie de l'évolution de Charles Darwin (1859). Aux États-Unis, les mouvements chrétiens créationnistes, dont les promoteurs du dessein intelligent, s'opposent toujours à l'enseignement de la théorie de l'évolution.

Efficacité de la parole et de la voix pour argumenter et persuader

Avec la philosophie grecque naît une réflexion approfondie sur le langage, la parole et la voix. Les Grecs ont été beaucoup plus curieux de la structure et de l'origine du langage que des changements et de la diversité des langues. Dans le « Cratyle », Platon, par l'intermédiaire de Socrate, s'interroge sur l'origine du langage et pose cette question, qui sera continuellement posée, sur les relations entre le langage et la réalité : les mots signifient-ils par nature (*phusei*) ou par convention (*thesei*) ? La réponse à cette question mobilisera les philosophes, les grammairiens puis les linguistes jusqu'à l'heure actuelle. On doit aussi aux Grecs la différenciation, très marquée idéologiquement, de la parole et de la voix.

Différenciation de la parole et de la voix chez les Grecs

La voix et la parole, déjà bien distinguées par Platon et les Stoïciens, vont être surtout définies par Aristote (384-322 av. J-C). Ce philosophe revient souvent sur la différence entre son, voix et parole : « la voix et la parole sont des espèces du son ».

Dans son traité « De l'âme », Aristote précise : « la voix est un son produit par un animal vivant mais pas avec n'importe quelle partie, elle consiste dans le choc de l'air qui a été inspiré contre ce qui est appelé la trachée artère, sous l'agencement de l'âme pour ces parties [...] Tous les sons produits par des créatures vivantes ne font pas une voix (car quelqu'un peut faire un son avec la langue ou en toussant) mais ce qui cause le choc doit avoir une âme et l'accompagner de quelque phantasme [image mentale] car la voix est un son qui est le signe de quelque chose. » La précision est apportée dans « De l'interprétation » (Aristote, 1984) : « la voix est le signe des passions de l'esprit. » C'est dans « Politique » qu'Aristote définit la parole : « l'homme est le seul animal que la nature a doté du don de la parole. La voix est une simple indication du plaisir et de la douleur et on la trouve chez d'autres animaux. Le pouvoir de la parole est destiné à exposer ce qui est

salutaire ou ce qui est nuisible et donc de la même manière ce qui est vrai et ce qui est faux. Elle est caractéristique de l'homme qui est le seul à avoir le sens du bien et du mal, du vrai ou du faux, et la participation dans ces choses fait une famille aussi bien qu'une société [...] C'est dans ce sens que la parole est naturelle à l'homme qui est par nature un animal politique ou civil. »

Galien (130-200), tout en restant proche de la tradition d'Hippocrate (« Œuvres complètes », 1839-1861), dans « *De locis affectis* », complète, en philosophe-médecin, ces définitions d'Aristote : « la voix et la parole ne sont pas la même chose mais la voix est plutôt la fonction des organes vocaux et la parole celle des organes qui appartiennent à la parole dont la langue est le plus important et aussi le nez, les lèvres et les dents qui apportent leur contribution. Les instruments vocaux sont le larynx et les muscles qui le mettent en mouvement aussi bien que les nerfs qui transportent leur faculté vers le cerveau. Nous avons démontré dans notre Traité sur la voix que l'air expiré devient voix en étant frappé par les cartilages du larynx comme par des pics. »

Parole et voix dans la rhétorique grecque

Pour les philosophes grecs, et en particulier Aristote, la rhétorique, art du discours public, s'intègre avec la dialectique, art de la discussion controversée, dans un grand projet de création d'une théorie générale du raisonnement humain (Declercq, 1992). L'enseignement de la rhétorique, vaste synthèse reliant le langage, la parole et la voix, va traverser les siècles avec une éclipse lorsqu'elle va être assimilée à un stock de procédés littéraires mais elle connaît, depuis la seconde moitié du XX^e siècle, un regain d'intérêt dans le cadre des sciences cognitives.

L'argumentation peut être objective ou subjective. L'argumentation objective concerne les arguments logiques. Il faut donc partir de la « doxa », du sens commun, et construire son argumentation de manière à faire adhérer son auditeur à des propositions nouvelles qui seront déduites de cette doxa afin de les rendre acceptables par tous : c'est l'enjeu principal de la rhétorique, art de la persuasion ou encore « transfert d'adhésion des valeurs admises à des valeurs non encore admises. » L'argumentation subjective comprend l'*ethos* et le *pathos*. L'orateur est directement impliqué et il doit aussi mobiliser son auditoire. L'*ethos* est l'image morale que l'orateur donne de lui-même par son discours ; « C'est le caractère moral de l'orateur qui amène la persuasion quand le discours est tourné de telle façon que l'orateur inspire la confiance » (Aristote, « Rhétorique II »). En plus du choix des mots et des arguments, le ton de la voix, le débit de la parole, les gestes, les mimiques, les regards, la posture, sont mobilisés par celui qui parle pour se conformer à l'image que l'auditoire se fait d'un orateur digne de foi. Il faut ainsi faire transparaître sa personnalité telle qu'elle est ou telle qu'on veut la faire paraître. D'où le soupçon : une rhétorique peut devenir une sophistique. Le *pathos* concerne la disposition des auditeurs quand leurs passions sont exci-

tées par le discours ; « Nous portons autant de jugements différents selon que nous anime un sentiment de tristesse ou de joie, d'amitié ou de haine » (Aristote, « Rhétorique I »). Il faut donc se donner une représentation des comportements, des actions ou des situations susceptibles de déclencher la passion souhaitée chez l'auditeur. D'où la nécessité de connaître les passions qui vont surtout s'exprimer par la voix.

Les phases d'élaboration du discours font intervenir successivement l'*heuresis* (correspondant latin : « *inventio* »), recherche des arguments et des moyens de persuasion relatifs au genre du discours, puis la *taxis* (« *dispositio* »), mise en ordre des arguments, organisation du discours, ensuite la *lexis* (« *elocutio* »), choix des moyens linguistiques adaptés au style du discours (bas, médiocre, sublime). C'est dans la *lexis* que se placent les tropes, les figures de sons, les métaplasmes. Les figures de rythme sont particulièrement importantes pour le grec dont la prosodie fait alterner des brèves et des longues. Mais surtout, il convient d'insister sur le rôle fondamental de la période avec ses trois moments : montée (protase), sommet, chute (apodose). La dernière partie de la chute étant la clausule. La période va être le point de départ d'une réflexion avant la lettre sur la fonction syntaxique de l'intonation. Elle constitue l'idéal de l'écriture antique, la partition, actualisable par l'intonation, qui fait passer l'argumentation, suivie de bout en bout par l'oreille durant tout le déroulement de la période. C'est une sorte de « *legato* » de la parole et l'on comprend mieux toute la littérature et le grand nombre de termes que les Grecs vont utiliser pour stigmatiser tous les cas de dysfluente qu'ils soient accidentels ou constitutifs : bredouillement, bégaiement... La fluidité de l'émission vocale est recherchée. Mais ceci n'empêche pas que l'on puisse utiliser une mélodie suspensive pour entretenir les attentes de l'auditeur. Le choix des figures se fait en fonction de la personnalité de l'orateur mais aussi en fonction des registres du discours : simple, moyen, élevé. L'hypocrisis (« *actio* ») est la partie la plus importante pour l'orateur (Démosthène 384-322 av. J-C) (Démosthène, rééditions de 1968 et 2003). C'est la prononciation effective du discours, l'oralisation d'une parole très élaborée par écrit et mémorisée avant d'être finalement prononcée. C'est là que la voix est valorisée mais au sein de tout un ensemble verbo-moteur où la mimo-gestualité joue un rôle déterminant. L'enseignement de la rhétorique va donc assurer la transmission des connaissances acquises sur le corps parlant mais aussi d'une expérience cumulée sur le rôle de la voix, par les maîtres de déclamation, et qui va traverser les siècles.

L'adaptation à l'auditoire se fait selon trois genres. Le premier est le genre judiciaire. C'est lui qui est à l'origine de la rhétorique. Il a été développé en Sicile grecque au V^e siècle av. J-C à la suite de l'expulsion des tyrans pour que les citoyens grecs spoliés de leurs terres recouvrent leurs biens (Corax et Tisias, « Art oratoire », recueil de préceptes pratiques à l'usage des justiciables). La rhétorique passe à Athènes qui la développe. Comme il s'agit d'accuser ou de défendre, les valeurs de base sont le juste et l'injuste.

Le deuxième est le genre délibératif. L'orateur s'adresse à l'ensemble des citoyens, le débat est public (démocratie athénienne). La finalité du discours est politique. Ce qui est en jeu, c'est l'intérêt de la cité : il faut conseiller ou déconseiller, montrer ce qui est utile ou nuisible à la cité. Le troisième est le genre épideictique. Il s'agit de louer ou de blâmer une personnalité. Les valeurs de référence sont le noble ou le vil. C'est ce dernier genre qui sera étendu à la littérature.

Pour Aristote, tout auditeur est un juge et l'éloquence constitue un art de se faire écouter. La rhétorique est bien intégrée dans la société grecque. L'enfant, à sept ans, va chez le « cithariste » apprendre à chanter. À l'âge d'homme, il va chez le « phonasque » pour étudier l'art des nuances et des modulations de la voix dans la déclamation. La « phonascie » est l'art d'exercer, de former, de gouverner la voix (Littré). Pour les acteurs, les techniques enseignées leur permettront de diffuser leur voix dans les théâtres antiques (voix projetée). D'ailleurs, l'acoustique des théâtres, qui nous remplit encore d'admiration, a été développée pour permettre une bonne transmission de la voix auprès des auditeurs. Les masques, sous lesquels parlaient les acteurs de l'antiquité, ont eu aussi pour but de favoriser la portée de la voix tant pour l'artiste que pour les spectateurs. Aristoxène de Tarente, philosophe et musicien grec qui a écrit le plus ancien traité de musique, « Éléments harmoniques », et un fragment sur le rythme, distingue bien le chant du langage parlé car, dit-il, « dans le chant la voix passe d'une note à l'autre tandis que dans la voix parlée les intonations sont continues. » Ainsi, cette parole qui s'adresse à un public exigeant parce que connaisseur, le plus souvent en plein air, soigneusement préparée par écrit et mémorisée, doit être servie par une voix qui, elle-même, a été soigneusement entraînée pour cette tâche.

Les Grecs nous ont légué cette image archétypale d'un Démosthène, figure tutélaire des orateurs, se tenant au bord de la mer un jour de tempête pour s'entraîner à projeter sa voix (qu'il avait naturellement faible) en essayant de la faire passer au dessus du bruit des vagues déchaînées.

Parole et voix dans la rhétorique latine

Les Romains sont davantage préoccupés par l'utilisation de techniques permettant d'exploiter au mieux les possibilités vocales ou gestuelles des orateurs : ce sont davantage des praticiens de la parole efficace (Rousselle, 1983).

La « Rhétorique à Herennius » (anonyme, entre 86 et 83 av. J-C) est l'un des tout premiers manuels rédigés à Rome sur l'art de la parole¹. Dans le livre III, l'Actio, l'auteur sépare les qualités de la voix des mouvements du corps.

1. Rhétorique à Herennius. Texte établi et traduit par G. Achard, Les Belles Lettres, 3^e tirage, Paris, 2003

Dans les qualités de la voix, il distingue bien la puissance (« *magnitudo* »), la résistance (« *formitas* »), la souplesse (« *mollitudo* »). Dans le mouvement du corps, il insiste sur le contrôle (« *moderatio* ») du geste, du visage, de la physionomie. L'exposé présente un ensemble de conseils pratiques : la nécessité de commencer sur un ton calme avant d'enfler sa voix pour éviter de la blesser. D'autre part, il y a un souci constant de ménager la voix pour l'utiliser au mieux afin d'agir sur l'auditeur. On remarque une recherche permanente d'adéquation entre l'intérêt accordé à la voix de l'orateur et à l'oreille de l'auditeur : « les pauses affermissent la voix [...] et elles laissent à l'auditeur le temps de réfléchir. Relâcher un ton élevé conserve de la force à la voix ; de même la variété plaît beaucoup à l'auditeur. Un éclat de voix trop vif blesse l'organe ; il indispose aussi l'auditeur. À la fin du discours, un ton soutenu est salubre à la voix ; eh bien, n'est-ce pas aussi ce qui chauffe le plus vivement les esprits dans la conclusion générale du discours ! »

Cicéron (106-43 av. J-C), qui est avocat, contribue au développement de la rhétorique dans « De l'orateur » et le « Brutus ». Il résume la fonction de la rhétorique par la formule : « *docere, delectare, movere* » soit enseigner, plaire, émouvoir. Ainsi il recommande l'utilisation des tons aigus ou graves de la voix en fonction du thème développé.

L'ouvrage « De l'Institution Oratoire », de Quintilien (30-100), concerne la formation de l'orateur et propose un programme complet d'enseignement. C'est une œuvre pédagogique qui nous intéresse, semble-t-il, davantage que ses contemporains qui la considéraient un peu comme en décalage avec l'époque : l'évolution sociale et politique n'était plus favorable à l'exercice de la rhétorique. La « *pronuntiatio* » se réfère plutôt à la voix et l'« *actio* » au geste. Quintilien insiste surtout sur le charme de la voix qui valorise la poésie écoutée plutôt que lue. Le chapitre 3 du livre IX est consacré au travail sur la voix et le souffle, les mimiques du visage et la gestuelle du corps. Il faut aussi cultiver la « *memoria* » et il donne même des conseils dans ce sens qui concernent tout à la fois l'état physique (avoir bien dormi pour se souvenir de son texte), la constitution du discours (le décomposer en parties), l'équilibre de sa réalisation (veiller à la structure, à la cohérence et à l'enchaînement logique des parties appuyé par l'eurythmie des phrases).

À partir des Latins (Desbordes, 2006), la rhétorique évoluera vers une « littérisation » donc une réduction de la portée de sa composante philosophique au profit de recherches stylistiques (Morier, 1998), le « bien dire », et pourra même devenir un catalogue de recettes pratiques, surtout dans son adaptation littéraire (Reboul, 1991).

Les grammaires complètent la rhétorique. L'admiration des Romains pour les Grecs est telle qu'ils vont établir leurs grammaires selon le modèle de la grammaire grecque (Lallot, 1985 ; Denys le Thrace, réédition de 1998). En plus de Varron (1^{er} siècle av. J-C), les grands noms sont Donat (IV^e siècle) et Priscien (VI^e siècle). Ces grammaires seront très lues et utilisées au Moyen Âge et même plus tard (Auroux, 1994).

Du service de Dieu au service du monde

L'existence d'un dogme religieux puissant, relatif à l'origine du monde, de l'homme et du langage, pourra entraver le développement de certaines recherches scientifiques. Ce n'est pas le cas pour les études de la parole et de la voix qui vont profiter d'un approfondissement de la réflexion théorique, souvent menée par des hommes d'Église eux-mêmes (et par ailleurs excellents enseignants) et s'autonomiser lentement entre le Moyen Âge et la fin du XVIII^e siècle.

Apport du Moyen Âge : réflexion théorique sur le langage, pratiques vocales et oralisation

La primauté est accordée à la diffusion des textes sacrés, d'abord de la tradition judéo-chrétienne, avec la Bible², puis ce sera le Coran³ pour le monde arabo-musulman. Mais, d'une manière assez pragmatique, il peut s'avérer judicieux de récupérer ce qui peut l'être de la philosophie gréco-latine (même si elle émane de païens ou d'infidèles).

Réflexion théorique

Tant dans le Moyen Âge chrétien qu'arabe, de grands débats d'idées vont avoir lieu à propos des rapports de la théologie et de la philosophie, de la raison et de la foi. Pour le monde musulman, on peut citer les contributions d'Avicenne (985-1036), d'Al Ghazâli (mort en 1111) et d'Averroès (1126-1198) grand commentateur d'Aristote. Saint-Thomas d'Aquin, grand nom de la Scolastique, reprendra ces débats au XIII^e siècle et il participera à la querelle des Universaux. On lui doit aussi une réflexion sur les différents types de mots : « il y a en nous trois types de mots : le mot du cœur, le mot de la voix et le mot qui contient l'image de la voix [...] Un mouvement du corps, particulièrement lorsqu'il est volontaire, est nécessairement précédé par une délibération ou un jugement dans la partie intellectuelle [c'est le mot du cœur] mais comme l'Intellect appartient à l'universel alors que les opérations sont singulières il est nécessaire qu'il y ait une vertu particulière d'appréhension de l'intention de ce singulier auquel l'opération appartient [c'est le mot qui comprend l'image de la voix, c'est le mot pensé avec des syllabes]. Et en troisième lieu il est nécessaire que le mouvement du corps suive au travers des forces motrices imprimées aux muscles et aux nerfs, c'est le mot de la voix prononcé avec des syllabes [parole]. » Ainsi, dès le Moyen Âge, les processus intellectuels qui déclenchent la parole sont soigneusement distingués des processus moteurs qui l'exécutent (Wollock, 1997).

2. Bible de Jérusalem. Éditions du Cerf, Paris, 1981

3. Coran. Traduit et édité par Berque J. Sindbad, Paris, 1990

La réflexion de d'Ockham (1295-1350), un autre grand nom de la Scolastique, mais nominaliste, sera reprise par la linguistique contemporaine qui retiendra chez lui une pensée proche de l'expérience et de la pratique du discours (Alféri, 1989). Seront aussi rediscutées sa théorie du signe et sa conception de la science qui, tout en visant les existants singuliers, a pour objet les concepts, qui sont des significations (et non pas des réalités).

Parole et voix profanes ou religieuses

Dans la civilisation médiévale, la poésie, qui s'exprime dans les langues indigènes vulgaires, assume les fonctions que remplit la voix dans les cultures à oralité primaire. Ainsi, pour Zumthor (1987), il y a au Moyen Âge trois catégories de personnes : celle dont l'oralité est sans contact avec l'écriture (majoritairement les paysans), celle à oralité mixte avec une influence externe de l'écrit, celle à oralité seconde qui est recomposée à partir de l'écriture. Lorsqu'un interprète lit dans un livre, l'autorité provient du livre (lecture publique). Lorsque le poète interprète un texte mémorisé ou improvisé, sa voix seule confère au texte son autorité. C'est une parole forte qui assume un lien social, avec une autorité telle qu'elle se rapproche de celle du juge ou du prêcheur. À la fin du Moyen Âge, la prédominance du modèle scriptural dévalue la parole vive. On assiste alors à une marginalisation des communications vocales rejetées dans les cultures populaires. L'utilisation religieuse de la voix projetée, dans l'église ou la cathédrale, est plus contrainte que celle de l'orateur politique dont s'occupait préférentiellement la rhétorique grecque. Le prédicateur doit mettre sa voix au service de la parole de Dieu mais il doit, cependant, la faire passer auprès de ses auditeurs et adapter son sermon aux fidèles qui l'écoutent. Les manuels de l'art de prêcher exercent un certain nombre de censures sur la vitesse d'élocution, sur le phrasé et surtout sur les gestes (gestualité ne doit pas devenir gesticulation). Rémi d'Auxerre, au IX^e siècle, qualifie le geste d'« habit de la voix » rappelant ainsi le lien indissociable de l'oralité avec la gestualité. Remarquons aussi que les gestes sont utilisés dans le rituel religieux ce qui leur confère une valeur sacrée.

Dans la liturgie catholique, en plus de la lecture des Textes Saints, du sermon, des chants, apparaissent aussi des moments de psalmodie. Celle-ci est présente aussi chez les croyants juifs ou musulmans. Les auteurs arabes s'intéressent particulièrement à la psalmodie du Coran⁴, en ce qu'elle facilite l'élan du croyant vers Dieu. S'ensuit la description d'un grand nombre de variétés de voix dont certaines sont proscrites pour la psalmodie du Coran. Toute une codification se met ainsi en place en édictant des règles à propos, par exemple, des relations entre la prononciation et l'intonation. L'arabe

4. Psalmodie du Coran. Site Internet de la Grande Mosquée de Paris : [www. Mosquée-de-paris.net/ cat_index8101.html](http://www.Mosquée-de-paris.net/cat_index8101.html)

classique étant la langue du Coran, il convient de bien la prononcer et cette exigence, comme cela avait été le cas pour le sanscrit, va conduire les grammairiens arabes à une analyse fine des lieux d'articulation (Bohas et Guillaume, 1984). Pour les auteurs arabes du Moyen Âge (comme, par exemple, Halil al Faraidi, Abu Halim, Sibawayhi ou encore as-Sakkâki), le lieu d'articulation représente le point de sortie du son, c'est-à-dire l'endroit où se forment l'obstacle à franchir par l'air expiré, ainsi que la nature, le mode et l'intensité de l'articulation.

Prééminence du latin dans le Moyen Âge chrétien

Les clercs ont une attitude dédaigneuse vis-à-vis des « vulgaires » tant persiste le prestige du latin chez les lettrés : il est à la fois la langue à valeur religieuse de la « *Vulgate* » (version latine de la Bible), la langue diplomatique et celle des grands textes philosophiques et scientifiques.

Il faut donc relever d'autant plus ceux qui vont s'atteler à la tâche de décrire les « vulgaires ». La plus ancienne grammaire d'un vulgaire d'Europe est irlandaise : l'« *Auraicept na n' Eces* »⁵. C'est la première description du phénomène de lénition dans les langues celtiques. Plus remarquable encore est l'« *Edda* » de Snorri Sturluson (1179-1241) qui est une description de la prononciation du vieux norrois. L'auteur y invente le principe de la description phonologique : un son ne peut être distingué que si, remplacé par un autre, il entraîne un changement de sens. C'est tout le problème épistémologique d'une innovation isolée qui a besoin de s'intégrer dans un ensemble pour pouvoir être diffusée. C'est, a posteriori, une fois que la phonologie sera bien installée que cette tentative sera appréciée à sa juste valeur.

Humanisme et Renaissance : de la tradition spéculative à l'analyse de faits concrets nouveaux

L'apport de la tradition philosophique grecque est bien remis au premier plan (Law, 2003) mais les recherches théoriques qui se développent (Demonet, 1992 et 1998) apparaissent, cependant, moins spéculatives qu'aux siècles précédents. Il faut affronter l'analyse de faits nouveaux apportés par les grandes découvertes.

Concurrence entre l'écrit et l'oral

L'imprimerie continue sa progression depuis la sortie de la première Bible de l'imprimerie de Gutenberg, en 1455. Pourtant, la lecture à haute voix et l'art de bien prononcer continuent d'être valorisés dans les pratiques culturelles

5. *Auraicept Na N'eces* : The Scholars' Primer. (Celtic studies), G. Calder ed., Four Court Press, Dublin 1995

où oral et diction sont nécessaires (Clérico, 1998) : l'oraison, le théâtre. De même, la lecture à haute voix est préconisée en poésie. Pour les chrétiens protestants, l'écrit donne accès à l'Écriture par excellence, la Bible, mais on se réunit pour lire à haute voix et écouter le prêche : tradition écrite et prédication orale ne sont pas incompatibles. Dans tous ces cas, un texte bien prononcé touche ses auditeurs. Sa signification s'enrichit par le jeu des inflexions de la voix. Mais la rhétorique, qui était revendiquée dans cette action, tend aussi à devenir un modèle d'écriture. Ce qui entraîne une attitude ambivalente : juger un texte à l'oreille, n'est-ce pas faire la part trop belle aux performances du diseur ? D'où, une certaine suspicion de frivolité de la voix, l'essentiel étant dans le contenu du texte.

Intérêt nouveau pour l'analyse des langues modernes

Le latin conserve sa prééminence (Colombat, 1999) et sert même de fondement aux recherches sur les causes logiques de l'organisation linguistique, pour Scaliger dans «*De causis linguae latinae* » (1540). Pour lui, la grammaire, qui doit commencer par une analyse phonétique, n'est plus un art mais une science. Pourtant, l'utilisation du latin subit des attaques : l'édit de Villers-Cotterets, de 1539, impose le français, à la place du latin, comme langue de l'administration. Des grammaires des langues modernes paraissent, même si le latin reste le modèle selon lequel les autres langues sont décrites. Joan Dafydd Rhys fait, dans «*Italica pronuntiacione* », une analyse comparée de l'italien et d'autres langues européennes. Dans la grammaire du danois de Jacques Mathias, «*De literis libri duo* » (Bâle, 1586), est dressé un système articulatoire cohérent des voyelles et des consonnes. Ce livre jouera un rôle important dans la mise au point de l'orthographe du danois. Les relations entre les représentations écrite et orale des langues font l'objet de recherches et de publications de la part des grammairiens-phonéticiens qui élaborent des projets de réforme de l'orthographe. Hart (1551) et Ballokar (1580) en présentent un pour l'anglais. En France, Meigret (1542) (réimpression de 1972), Guillaume des Autels, Bourguignon (1548), Peletier du Mans (1550), Ramus (1562), du Baïf (1574) et Rambaud (1578) proposent des réformes de l'orthographe du français.

Anatomie et pathologie

Cette orientation vers une étude de faits plus concrets favorise les recherches anatomiques et les études de cas pathologiques. Ainsi, des dessins du larynx et des plis vocaux sont exécutés par Léonard de Vinci (1490) et par Bartolomeo Eustachi (retrouvés et publiés en 1714) (dont les reproductions des organes vocaux sont gravées par Giulio de Musi), sans oublier les planches anatomiques de Vesale (1543). Influencé par la relecture des auteurs grecs et latins, Érasme, dans «*De recta latini graecique sermonis pronuntiatione* » (1528), reprend toute la terminologie ancienne des troubles de la parole et de la voix et propose même des exercices de rééducation. Une analyse de cas, due à Hieronymus Mercurialis (en 1580) et rappelée par Wollock (en 1990),

montre bien la part de la tradition héritée des auteurs anciens (en particulier les « *Problemata* » d'Aristote) et les débuts d'un véritable raisonnement médical. Hieronymus Fabricius de Aquapendente (1537-1619), professeur d'anatomie à Padoue, donne une bonne description anatomique de l'organe vocal à partir de laquelle il précise bien le rôle des cordes vocales dans la production de la voix (« *De visione, voce et auditu* »). Le médecin se démarque aussi des croyances populaires qui sont soumises à la critique, par exemple, par Laurent Joubert dans son ouvrage publié en 1578, « Erreurs populaires au fait de la médecine et régime de santé ». Dans le domaine de l'analyse du matériau sonore des langues, cette période a servi de relais pour recueillir et transmettre la tradition ancienne tout en l'adaptant aux situations plus concrètes auxquelles elle était confrontée.

XVII^e siècle : Dieu, la raison et la science

La réflexion, déjà commencée au XVI^e siècle au moins, est reprise et amplifiée : comment concilier la foi en Dieu, la raison et surtout la science nouvelle ? Le siècle est marqué aussi par une analyse plus spécifique des éléments phoniques des langues, mais en la limitant à leur « bon usage ».

Réflexion philosophique intégrant la science nouvelle

Les relations entre l'Église catholique et la science vont se tendre davantage et aboutir, en 1632, à la condamnation de Galilée (récemment réhabilité). Toutefois, la plupart des grands philosophes qui vont marquer le siècle, au nombre desquels figurent en bonne place Descartes, Hobbes, Malebranche, Spinoza et Leibniz, vont tenter plutôt une conciliation en intégrant la science nouvelle comme moyen parmi d'autres de chercher la vérité dans le savoir total pris en charge par la métaphysique. Une réflexion rigoureuse (d'où l'importance de la méthode), s'appuyant sur un développement des recherches mathématiques (géométrie analytique, calcul infinitésimal), tente d'unifier l'ensemble du visible par un nombre restreint de lois. C'est Newton (1642-1727) qui sert de modèle pour les fondements et les méthodes de la science moderne (surtout la physique) avec sa théorie de l'attraction universelle et ses travaux en mathématiques. En 1683, paraissent les « *Principes mathématiques de philosophie naturelle* ». Le rôle fondamental de la raison est reconnu, jusque dans la recherche grammaticale, avec la parution, en 1660, de la « *Grammaire générale et raisonnée* » de Port-Royal, d'Arnauld et Lancelot. Il s'agit d'une volonté explicite de « raisonner la grammaire » et de fournir à l'usage un modèle logique général valable non seulement pour le français mais pour toutes les langues connues (même si elles sont peu nombreuses à l'époque).

Intérêt accru pour l'analyse des éléments phoniques des langues

Dans un contexte scientifique favorable de recherches en physique (et surtout en mécanique), dont les résultats sont jugés applicables au « corps parlant » (parole et voix), se produit une autonomisation plus marquée de l'étude des réalisations phoniques des langues.

Analyses plus spécifiques

Alors que les éléments phoniques continuent d'être pris en charge par les grammaires, de nouvelles études, plus spécifiques, apparaissent. En témoigne la satire de Molière dans « Le bourgeois gentilhomme » (1670), directement inspirée par la lecture du « Discours physique de la parole » de Géraud de Cordemoy (1668). Ainsi, dans « *De spreckonst* » (« Art de la parole »), Petrus Montanus décrit, en 1635, les différentes parties du conduit vocal et analyse les positions des articulations. L'ouvrage de Robinson, en 1617, s'intitule aussi « *The art of pronunciation* ». John Wallis, en 1652, fait précéder sa « *Grammatica linguae anglicanae* » d'un traité, « *De loquela* », consacré au mode de production des sons articulés. Sa classification des voyelles en trois lieux d'articulation sera reprise durant toute la seconde moitié du XVII^e siècle. Il classe aussi les consonnes en labiales, palatines et gutturales. D'autre part, Louis de Courcillon de Dangeau présente, en 1694, une première tentative de classement, plus systématique, des consonnes françaises et il est aussi le premier à bien décrire les voyelles nasales du français.

L'intérêt marqué pour les sons de la parole se manifeste aussi au travers de la recherche de langues universelles (ce fut une préoccupation constante de Leibniz, tout au long de sa vie). Parmi les nombreux travaux, on peut citer ceux de Loodwick (« *A common writing* », 1647), Beck (« *The universal character* », 1657), Dalgarno (« *Ars signorum* », 1661), Wilkins (« *Essay towards a real character* » – qui contient les premiers schémas d'articulations phonétiques, 1668). De son côté, Helmont avait en 1667 mis en relation des représentations articulatoires avec les caractères de l'écriture hébraïque. Loodwick publie aussi une étude sur les tons.

Débuts des études scientifiques de la voix et de la parole et leurs applications

Dans l'« Harmonie universelle » (1636) contenant la théorie et la pratique de la musique, Marin Mersenne consacre le livre premier à l'étude de la voix. Il propose, dans le « Traité de la voix », de créer une « phoniscopie » ou science de la voix. En 1671, paraît le « Traité de Physique » de Rohault, après les premières expériences sur la propagation du son d'Athanasius Kircher, en 1650, dans « *Musurgia universalis* ». Jean-Baptiste Du Hamel, anatomiste, qui a disséqué l'appareil phonatoire d'un lion, décrit, dans « *De corpore animato* » (1673), les voyelles en tenant compte de leur variabilité.

Les applications de ces études approfondies vont être faites surtout pour enseigner aux malentendants (Ruben, 2005). Le précurseur avait été Pedro Ponce de Leon (mort en 1584) dont la méthode a été perdue. Il est suivi par Juan Pablo Bonet qui, en 1620, publie à Madrid «*Reduccion de las letras y arte para enseñar a hablar los mudos* ». On notera aussi l'ouvrage de Amman, en 1692, «*Surdus loquens* », celui de Holder, «*Elements of Speech* », en 1669, ainsi que celui de Dalgarno, «*Didascalocophus, or the Deaf and Dumb Man's Lector* », en 1680.

Modèle unique de la langue pour le français

Les études rigoureuses et même scientifiques de la voix et de la parole ne s'affranchissent pas, cependant, du point de vue normatif, tel qu'il est représenté dans les grammaires (Brunot, 1966-1968) : il ne peut y avoir ainsi qu'un modèle de la langue parlée, un « bon usage », celui de la Cour. Il convient de respecter les bienséances et de savoir ce que l'on doit dire et faire en toutes circonstances. Le « bon usage » de la langue est réglementé et il y a un art de bien parler qui sera repris dans les « Remarques sur la langue française » de Vaugelas (1647). L'Académie Française a été fondée en 1635.

Si l'éloquence continue de s'exprimer à l'église (Bossuet), elle est surtout présente au théâtre où les œuvres tragiques et comiques se multiplient et, d'un autre côté, se constituent les premiers salons où la parole s'échange dans une relation plus intime entre un petit nombre de personnes. On voit ainsi apparaître « l'art de la conversation » dans un milieu social privilégié par la naissance (aristocratie ancienne et noblesse de robe) ou l'argent (grands bourgeois).

Comme le souligne Dandrey (1990), « L'analyse de la voix au XVII^e siècle est confiée au physicien et au médecin d'un côté, de l'autre au grammairien et au prêtre, au spécialiste des corps et à celui des esprits ou des âmes, unissant leurs qualités complémentaires dans la personne de l'orateur qui cultive sa voix pour la mettre au service de Dieu ou du monde. »

XVIII^e siècle : une profusion d'idées et d'inventions

Les grands systèmes philosophiques du siècle précédent sont connus et discutés mais la réflexion devient moins systématique et s'attache surtout à démontrer la puissance critique de la raison. Vers la dernière partie du siècle, Emmanuel Kant consacre une grande partie de son œuvre à « la suprématie du pouvoir critique de la raison ». La question fondamentale est celle de la pratique, de l'action possible, dans une société où le savoir organise des connaissances de plus en plus contrôlées par des expériences (à l'exemple de celles de Spallanzani pour démontrer qu'il n'y a pas de génération spontanée).

Raison, religion et science

La raison est séparée de l'incarnation de l'entendement de Dieu. Les relations avec l'Église deviennent plus conflictuelles. Le siècle hérite aussi des idées des Libertins du siècle précédent et un certain nombre de philosophes, comme Diderot, Helvetius, La Mettrie ou Cabanis, se déclarent matérialistes. Cependant, un grand nombre de penseurs demeurent déistes tout en prenant leurs distances vis-à-vis de la révélation religieuse et de la religion (qui sera distinguée du sentiment religieux).

Les pratiques scientifiques, de plus en plus nombreuses, qui s'ajoutent à celles du siècle précédent, conduisent à l'élaboration de nouvelles formes de raisonnement. Les œuvres de Locke, Hume et aussi Leibniz, donnent lieu à de nombreuses discussions.

L'importance de l'observation apparaît bien dans la différenciation des espèces végétales et animales recensées et classées par Carl von Linné dans son « *Systema naturae* » (2 volumes en 1758-1759), grande entreprise de mise en ordre de la complexité du vivant où l'homme est considéré comme un animal et intégré dans l'ordre des primates.

Grande curiosité vis-à-vis du langage

Le siècle foisonne de travaux consacrés au langage de la part d'auteurs provenant des horizons les plus différents. En France, Condillac, le plus illustre représentant du mouvement sensualiste, publie en 1749 « Essai sur l'origine des connaissances humaines ». On lui doit la formulation la plus nette de l'arbitrarité du signe linguistique (qui sera reprise au XX^e siècle par de Saussure) : « les signes des langues sont des signes d'institution que nous avons nous mêmes choisis et qui n'ont qu'un rapport arbitraire avec nos idées. »

Mais, plus encore, c'est le thème de l'origine du langage, en fait liée à l'origine de l'entendement, qui donne lieu à un grand nombre de discussions et de publications. L'abord reste essentiellement spéculatif avec une part importante d'idéologie héritée des siècles précédents comme, par exemple, la « théorie des climats » déjà appliquée aux langues par Charles de Bovelles, au XVI^e siècle (Couzinet et Staszak, 1998). Cette idée est souvent utilisée pour renforcer l'opposition entre la voix et l'articulation (avec la production des consonnes). La barbarie linguistique est le fait des peuples nordiques, responsables des grandes invasions. Les langues du Nord, surtout les gotiques, se caractérisent par la rudesse de leurs consonnes et sont opposées, à ce titre, aux langues du Sud, plus douces, plus musicales. D'où la responsabilité des langues du Nord dans la dégénérescence de la musique primitive et sa séparation de la parole. Cette thèse, développée par Jean-Jacques Rousseau dans « Essai sur l'origine des langues où il est parlé de la mélodie et de l'imitation musicale » (écrit en 1756 et publié en 1781), va contribuer à diffuser l'idée d'une identité

de la parole et du chant dans la langue primitive : « les premières langues furent chantantes et passionnées avant d'être simples et méthodiques ». Cette thèse de l'identité originelle de la parole et du chant, prise chez Strabon, géographe grec (58-21 av. J.-C), est connue au XVI^e et surtout diffusée au XVII^e siècle par Bernard Lamy et l'abbé Du Bos. On la retrouve, au XVIII^e siècle, dans la « *Scienza Nuova* » de Giambattista Vico, publiée en 1725. Mais, chez Jean-Jacques Rousseau, cette généalogie de la musique, de la voix et de la parole, s'intègre dans une interrogation plus fondamentale sur l'animalité de l'homme afin de comprendre ce qui rend possible son humanité. La moralité et la raison, conquêtes de l'homme, s'enracinent dans la sensibilité (qui est la marque essentielle de la vie) : « la nature seule fait tout dans les opérations de la Bête au lieu que l'homme concourt aux siennes avec la qualité d'agent libre. »

Ces grandes tentatives pour comprendre l'Autre (qu'il s'agisse du « primitif » ou de l'enfant, dans l'Emile), sans se projeter sur lui, conduiront Claude Lévi-Strauss, au XX^e siècle, à faire de Jean-Jacques Rousseau le grand précurseur des Sciences Humaines.

Mouvement d'émancipation vis-à-vis de la lettre écrite

L'écriture peut apparaître comme un obstacle pour parvenir à une connaissance plus directe des langues, surtout dans leur aspect oral, considéré comme premier. Certes, des grammaires, qui prennent aussi en charge la prononciation, continuent d'être publiées et concernent un nombre croissant de langues, engageant même à les comparer et à les apparenter. Ainsi, Lhuyd, dans « *Glossography* », en 1707, compare les langues celtiques de Bretagne, du Pays de Galles et d'Irlande. Lambert Ten Kate, en 1710, souligne la parenté du gotique et du néerlandais et Gyarmathi, en 1799, fonde celle du hongrois et du finnois.

De même, les tentatives de réforme de l'orthographe du siècle précédent se poursuivent (Catach, 2001), par exemple, avec Giles Vaudelin qui écrit « Nouvelle manière d'écrire comme on parle en France » (1713). Mais devant les résistances rencontrées, se fait jour l'idée de se doter d'un moyen de notation de la prononciation des langues, différent de leur représentation écrite traditionnelle. Lambert Ten Kate recommande l'analyse directe des sons et s'élève contre la référence aux lettres. Abraham Tucker essaie de transmettre la prononciation de son temps et conseille l'utilisation d'une transcription phonétique dans les dictionnaires. C'est ce qui sera fait en 1775 par Thomas Spence. De même, de Wailly, en 1782, dans « L'orthographe des dames », préconise une écriture phonétique mais fondée sur la bonne prononciation. C'est aussi dans ce sens que s'oriente Tiffin avec sa recherche de caractères phoniques univoques pour l'analyse des réalisations phoniques de l'anglais. Quant au Président de Brosse, il choisit de

publier, en 1765, un ouvrage traitant de « La formation mécanique des langues et des principes physiques de l'étymologie » avec comme « but [...] d'observer les opérations corporelles de l'organe vocal, celui d'observer les opérations de l'esprit humain dans l'usage de la parole ».

Cette recherche d'émancipation vis-à-vis de la lettre écrite conduira même James Harris, dans « *Hermes, Philosophical Inquiry Concerning Universal Grammar* » (1751) à entreprendre une analyse méthodique qui n'est pas sans évoquer celle qui caractérisera la phonologie universelle au XX^e siècle : « c'est à une vingtaine de sons élémentaires que nous devons cette variété de signes articulés qui ont suffi à exprimer les pensées et les sentiments de cette multitude immense qui compose les générations d'hommes passés et présents. » Mais ne nous y trompons pas, l'expression « la prononciation des lettres » aura la vie dure et elle continue d'être utilisée de nos jours.

La classification des voyelles et des consonnes des langues progresse (Rey, 2004) et les premières représentations géométriques apparaissent. Celle de Hellwag débute la longue série des triangles vocaliques (qui sont souvent, en fait, des trapèzes !) avec sa « *Dissertatio inauguralis physiologico-medica de formatione loquelae* » (soutenue à Tubingen, en 1781). Il est suivi par Ernst Chladni (1756-1827) qui s'appuie non seulement sur l'articulation mais aussi sur les différences perçues auditivement pour construire son « triangle ».

Dans le premier tiers du siècle suivant, on pourra considérer la connaissance de la formation des voyelles comme parfaitement établie ainsi qu'en témoigne cette citation extraite de Wheatstone (1837) et reprise par Malmberg (1971) (elle est donnée ici en traduction française) : « Les voyelles sont formées par la voix, modifiée (mais non interrompue) par les positions diverses de la langue et des lèvres. Leurs différences dépendent des proportions existant entre l'ouverture des lèvres et de la cavité interne de la bouche, laquelle est modifiée par les différents degrés d'élévation de la langue. »

Ces tentatives de notation de la prononciation des langues, en s'affranchissant des écritures traditionnelles, déclenchent toute une réflexion sur le rôle des éléments prosodiques des langues et, en particulier, de l'intonation, dans la signification du message parlé. Ainsi, Condillac, toujours dans son « *Essai sur l'origine des connaissances humaines* » écrit : « Dans l'origine des langues, les hommes n'eurent pendant longtemps pour exprimer les sentiments de l'âme que les signes naturels auxquels ils donnèrent le caractère de signes d'institution. Or les cris naturels introduisent nécessairement l'usage des inflexions violentes, puisque différents sentiments ont pour signe le même son, varié sur différents tons. Ah, par exemple, exprime l'admiration, la douleur, le plaisir, la tristesse, la joie, la crainte, le dégoût et presque tous les sentiments de l'âme. On pourrait improprement donner le nom de chant à cette manière de prononcer [...] J'éviterai de le faire [...] Il ne suffit point pour un chant que les sons s'y succèdent par des degrés très distincts, il faut encore qu'ils soient assez soutenus pour faire entendre leurs harmoniques et

que les intervalles en soient appréciables. » Contrairement à Jean-Jacques Rousseau, Condillac sépare bien voix parlée et chant, tout en se rattachant à la vieille tradition qui considère la voix, même dans l'aspect significatif que lui confère l'intonation, comme un miroir des « sentiments de l'âme ». En 1738, l'abbé d'Olivet publie un traité, « De la prosodie française », qui servira encore de modèle pour l'étude de la durée, en français, dans les dictionnaires du début du XIX^e siècle.

Mais c'est à Joshua Steele que l'on doit l'une des premières tentatives de notation du rythme et de l'intonation d'un usage réel et particulier de l'anglais, dans son ouvrage « *Prosodia Rationalis or an Essay towards Establishing the Melody and Measure of Speech, to Be Expressed and Perpetuated by Peculiar Symbols* » (Londres, 1775). Certes, il s'agit d'une utilisation prestigieuse de la langue et même plutôt d'un « style oral », celui du grand acteur shakespearien, Garrick, que Steele essaie d'analyser et de fixer en notant surtout le rythme et l'intonation de ses prestations.

John Walker, d'abord acteur puis « professeur d'élocution », donne lui aussi une représentation « des inflexions de la voix » dans son livre « *Melody of Speaking Delineated* », de 1787.

Ce sont donc les usages les plus prestigieux de la langue qui continuent d'être analysés (Mac Namee, 1984). Pour le français, les utilisations plus courantes de la langue ne peuvent être connues, de manière assez systématique, que négativement : par des listes d'usages incorrects proscrits et mis en regard des formes correctes prescrites. Ces « cacologies » (présentées toujours de la même façon : « ne dites pas mais dites ») ont pour fonction de traquer toutes les déviations provenant de l'utilisation régionale du français (les provincialismes). L'une des plus connues, « Les gasconismes corrigés » de Desgrouais, est publiée en 1768. Cette volonté d'imposer une norme centrale du français (écrit et parlé) s'affirmera après la révolution de 1789. Dans la situation de diglossie, qui est alors celle de beaucoup de Français (langue maternelle régionale, français appris à l'école), il s'agit de restreindre l'utilisation des langues régionales (jugées « réactionnaires ») et de les remplacer par un modèle unique et normé du français.

Différentes étapes vers une spécialisation scientifique des analyses de la parole et de la voix

L'imagerie anatomique, sous la forme de dessins regroupés en planches (qui complètent l'utilisation des cires anatomiques), est davantage diffusée. Les représentations en coupe sagittale de la région de la tête et du cou favorisent une meilleure compréhension globale des mécanismes de la production de la parole et de la voix. Ainsi, von Kempelen, en 1791, dans « *Mechanismus der menschlichen Sprache nebst Beschreibung einer Sprechenden Maschine* », a l'intuition de l'existence du phénomène de coarticulation et il propose aussi une

classification des « sons » non linguistiques produits par les organes de la parole et de la voix : la toux et même le baiser.

La connaissance du fonctionnement du larynx progresse. Deux grandes conceptions s'opposent et ne cesseront d'être discutées. Celle de Dodart (en 1700), pour qui le larynx est un instrument à vent, les cordes vocales jouant le rôle des lèvres lorsqu'on souffle, par exemple, dans une trompette. Les cavités supérieures agissent alors comme un porte-voix. Mais c'est à Ferrein que l'on doit (en 1741) l'utilisation du terme de « cordes vocales ». Celles-ci vibrent, d'après cet auteur, comme les cordes d'un violon, la modification du timbre par les régions supérieures du conduit vocal se faisant d'après un phénomène qui évoque celui de la résonance.

Cependant, d'un autre côté, l'analyse des phénomènes acoustiques a franchi un grand pas en se séparant de la musique. En 1701, Joseph Sauveur, dans ses « Principes d'acoustique et de musique » invente le terme d'acoustique pour désigner « une science supérieure à la musique ». On commence à envisager la nécessité d'une science générale des sons, parmi lesquels les sons musicaux ne seront qu'un cas particulier (mais qui continueront d'avoir une valeur exceptionnelle sur le plan culturel).

La meilleure connaissance de l'anatomie et de la physiologie des organes impliqués dans la production des « sons » de la parole et de la voix va se manifester dans la construction de machines simulant leur fonctionnement, comme celle de Kratzenstein (1723-1795). L'abbé Mical présente, en 1783, à l'Académie des Sciences de Paris, une « tête parlante ». La même année, von Kempelen fait fonctionner une machine dont le mécanisme reproduit les sons de la parole humaine.

De manière complémentaire, pour ceux dont l'audition défaillante ne permet pas d'accéder à la prononciation de la parole, l'abbé de L'Épée fait paraître, en 1776, l'« Institution des sourds-muets par la voie de signes méthodiques » (suivi d'un projet de langue universelle, cher à ce siècle !).

Ce décalage, qui peut nous sembler frappant, entre des analyses plus « concrètes » des mécanismes de base de la production des sons de la parole et les études des grammairiens, surtout préoccupés de « l'art de bien dire et de bien écrire », est en grande partie réduit pour les gens de cette époque. Ces connaissances, somme toute, complémentaires sont tenues à la disposition d'un public réceptif parce que profondément curieux, même s'il reste limité en nombre (l'enseignement de renom étant toujours supervisé par des représentants des grands ordres religieux, Jésuites et Oratoriens).

Brassage des connaissances et circulation du savoir

22 Le XVIII^e siècle demeure la grande époque des salons particuliers animés par des femmes, telles Mesdames Geoffrin du Deffand ou Julie de l'Espinasse.

Ces salons assument la fonction de « caisse de résonance » non seulement pour les artistes mais aussi pour les savants. Ceux-ci peuvent, cependant, se retrouver dans les différentes sociétés savantes qui existent ou lors des séances des Académies qui sont presque toutes créées (la dernière, l'Académie de Médecine, le sera en 1820).

Mais c'est surtout l'« Encyclopédie ou dictionnaire raisonné » de Diderot et d'Alembert (dont la publication s'échelonne entre 1751 et 1780) qui est responsable de cette circulation du savoir. Œuvre collective, elle regroupe à la fois des amateurs éclairés et des spécialistes. Pour la grammaire, un nombre important d'articles est confié à Du Marsais, rhétoricien (auteur du « Traité des tropes », réédité en 1988), et, après sa mort, à Nicolas Beauzée. Cette entreprise sera poursuivie par l'édition, entre 1782 et 1832, de l'« Encyclopédie méthodique » de Panckoucke, avec ses 39 dictionnaires, dont ceux de « Grammaire et de littérature » en 3 volumes parus en 1782, 1784 et 1786. La partie grammaticale est prise en charge par Nicolas Beauzée. Les pages consacrées à la voix exposent non seulement le fonctionnement de l'organe vocal, en se référant aux grands spécialistes du domaine, Dodart et Ferrein, mais il y est fait mention aussi de la voix des animaux, de la voix des oiseaux (avec le rappel d'expériences faites à partir d'organes vocaux excisés d'oiseaux). La réflexion, à fondement traditionnel, ménage une place importante aux connaissances scientifiques et aux savoir-faire techniques de ce siècle défini, à juste titre, comme celui des « Lumières ».

Le rôle de la réflexion philosophique sur le langage reste prédominant, durant toute cette période qui va de l'Antiquité au XVIII^e siècle compris. La référence à la tradition gréco-latine est constante chez les grammairiens, qui lui empruntent les grands principes d'organisation des parties du discours. La grammaire prend en charge aussi les réalisations phoniques des langues, dans une perspective qui demeure normative : le « bien parler ». Le grammairien s'engage dans une réflexion sur la langue qu'il étudie (dans ses rapports avec le langage humain) et la parole, dans la mesure où elle est commandée par la pensée, sous le contrôle de la raison. En revanche, la voix est partagée par l'homme avec une partie du monde animal (elle est du domaine des passions). Cependant, elle joue un rôle déterminant en rhétorique et « l'art de la déclamation » s'y consacre en l'orientant vers l'action.

L'autonomisation des études sur les réalisations phoniques des langues est favorisée par la grande discussion sur la réforme de l'orthographe, qui traverse les derniers siècles de cette période. Le recours à l'écrit, comme référence des analyses de la prononciation, fait jouer à la lettre le rôle qui sera celui du phonème, aux siècles suivants.

Le développement des techniques mécaniques et leur application à la simulation de la parole, avec « les machines parlantes », et les progrès de l'analyse physiologique de la voix, dans le domaine médical, précipitent cette autonomisation.

XIX^e siècle : la parole et la voix au banc d'essai de la spécialisation scientifique

Au XIX^e siècle, les réflexions générales sur la place de la religion et de la philosophie, surtout par rapport à la science, prennent un tour nouveau (Auroux, 1989-2000), en particulier avec la montée spectaculaire des sciences naturelles (qui aboutit à l'autonomisation de la biologie). Les théories matérialistes se propagent dans la foulée. Vers la fin du siècle, la situation se complique encore avec l'avènement d'une science humaine, la psychologie.

Dans ce bouillonnement d'idées philosophiques (Chatelet, 1972-1973), trois grandes orientations se dégagent avec une répartition géographique nouvelle : celle de la philosophie historique, en Allemagne, marquée par la haute stature de Hegel (1770-1831). En France, au mouvement des idéologues se revendiquant de Condillac, s'ajoutent l'éclectisme de Victor Cousin (1792-1867), puis le positivisme d'Auguste Comte (1798-1857). Pour les pays anglo-saxons, l'Angleterre s'oriente plutôt vers l'utilitarisme avec Jérémie Bentham (1748-1832), la logique empiriste de Stuart Mill (1806-1873) ou encore la philosophie de l'évolution de Hubert Spencer (1820-1903), commentaire contemporain des travaux de Charles Darwin (1809-1882). « *The Origin of Species by Means of Natural Selection* » paraît en 1859. Aux États-Unis d'Amérique (indépendants depuis 1783), c'est le pragmatisme qui est développé par William James (1842-1910) et surtout Charles Sanders Peirce (1859-1914) dont la sémiotique, comme abord de la signification, sera reprise au siècle suivant (Peirce, 1931 et 1992). La situation des recherches linguistiques est tout autant diversifiée avec, à nouveau, la prééminence de l'Allemagne en grammaire comparée et, plus généralement, en linguistique historique (Lepschy, 1994 ; Robins, 1997).

La linguistique à la recherche de son objet d'étude et de sa méthode : l'exemple allemand

Alors que les études de la prononciation des langues ont conduit un certain nombre de grammairiens à prendre leurs distances vis-à-vis des formes écrites, celles-ci réapparaissent au premier plan dans les recherches des comparatistes. Cette « philologie comparée » est rendue nécessaire par la comparaison d'états anciens des langues pour lesquelles il n'existe que des attestations écrites (Cerquiglini, 1989). Le fait qu'il s'agisse aussi et surtout d'une grammaire comparée ne favorise pas, dans un premier temps, le recours à des connaissances phonétiques solidement établies, le raisonnement pouvant prendre appui sur des lettres. Les travaux entrepris principalement en Allemagne, avec comme arrière-plan la recherche de la langue originelle, la « Ursprache », vont être influencés d'abord par les méthodes des sciences naturelles puis par la méthode historique proprement dite, avec

une part de plus en plus importante de connaissances phonétiques solidement établies.

Grammaire comparée et quête de la langue originelle : début d'autonomisation de la linguistique

La diffusion en Europe de la connaissance du sanscrit, langue de l'Inde, va susciter un vaste mouvement de comparaisons de langues. C'est William Jones, juge installé à Calcutta à la suite de la colonisation anglaise, qui, en 1776, présente une communication où il relève la parenté du sanscrit avec le grec et le latin tout en envisageant que ces trois langues (au moins) proviennent d'une langue commune qui pourrait ne plus exister. Ceci a pour effet de relancer la recherche de la langue originelle mais aussi la comparaison et le classement des langues afin de les apparenter. Le modèle comparatiste, ainsi mis en valeur, est repris aux sciences biologiques et, plus précisément, à l'anatomie comparée et la paléontologie développées en France par Georges Cuvier (1769-1832). Cette influence des sciences naturelles était particulièrement nette chez le linguiste danois Ramus Rask (1787-1832) qui, sur le modèle des classifications de Linné, avait tenté de créer une systématique linguistique (en fait, un classement typologique des langues) (Rask, 1932). Mais cette comparaison des langues va être considérée, à nouveau, comme un moyen d'accéder à la connaissance de la pensée et même de la pensée religieuse. C'est le cas de Max Müller qui, en 1869, écrit une « Introduction à la science comparée des religions » (Müller, réédition de 2002). Cette volonté d'accéder à la pensée différente des peuples à partir de l'étude des langues apparaît très bien aussi chez Guillaume de Humboldt (1767-1835). La langue, toujours assimilée à un organe (qui, à ce titre, a une origine, une période de perfection puis dégénère), est l'expression de l'âme nationale du peuple qui la parle (Humboldt, 2000). D'où cette thèse, qui a souvent été reprise depuis, que chaque langue reflète une vision du monde qui lui est propre.

Bien que fortement influencé, dans un premier temps, par ce courant d'idées, le grand comparatiste allemand Franz Bopp (1791-1867) finira par s'en démarquer au nom de préoccupations plus spécifiquement linguistiques : « les langues dont traite cet ouvrage sont étudiées pour elles-mêmes, c'est-à-dire comme objet et non comme moyen de connaissance » (page 8 de la préface de l'édition française de « *Vergleichende Grammatik* », 1833-1852). Si, à travers le sanscrit d'abord puis l'indo-européen ensuite, il y a bien, en arrière-plan, la recherche d'une langue originelle, Franz Bopp utilise le comparatisme et la reconstruction de l'indo-européen pour rendre compte de problèmes spécifiquement linguistiques d'apparement des langues et de leur origine commune qui conduit à les regrouper à l'intérieur d'une même famille, l'indo-européen.

Organicisme : le modèle des sciences naturelles

Un autre grand comparatiste, Schleicher (1821-1867), a eu un cheminement différent. C'est lui qui ira le plus loin dans la définition de la langue comme organisme et de la linguistique comme science naturelle. C'est parce qu'elle est un organisme que la langue évolue, qu'elle se corrompt et finit par mourir (comme le grec et le latin). L'influence de Charles Darwin est manifeste (« L'Origine des espèces » paraît en 1859). L'œuvre de Schleicher apparaît comme un premier essai de synthèse du savoir linguistique de son temps. Si les présupposés philosophiques et même idéologiques y jouent un rôle important, il parvient à donner au comparatisme une méthodologie rigoureuse qui fait une grande place à la phonétique. Cet intérêt pour l'étude de la prononciation des langues le conduira à faire une des premières études « sur le terrain » d'une langue, le lithuanien, qu'il analyse dans ses formes parlées. L'« Abrégé de la grammaire comparée des langues indo-européennes » est de 1861-1862. Si Schleicher sera continuellement critiqué pour son organicisme, il faut tout de même l'associer à cette grande procédure linguistique de la reconstruction appliquée à l'indo-européen. Les formes reconstruites de l'indo-européen, sortes de formules algébriques abstraites, sont établies à partir des attestations d'un même mot dans les diverses langues comparées, à des moments différents de leur développement, en tenant compte des constantes d'évolution des réalisations phoniques pour chaque langue. La démarche reste inductive avec comme difficulté persistante le fait d'ignorer, dans un certain nombre de cas, si les formes linguistiques comparées ont bien coexisté à un même moment du temps.

« Lois phonétiques sans exception » : historicisme et psychologisme

Les tenants de la grammaire comparée appuyaient souvent leur raisonnement sur des correspondances entre les réalisations phoniques de plusieurs langues, sur des lois phonétiques (Collinge, 1985), à l'exemple de la loi de première mutation consonantique des frères Grimm. Mais ces correspondances, définies de manière assez large, étaient souvent mises en défaut et, pour rendre compte des irrégularités, les raisonnements les plus alambiqués étaient utilisés. Avec les néo-grammairiens, la recherche de lois va aller plus loin : « il y a aussi une loi pour expliquer les irrégularités » (selon Verner, 1875) et il faut donc la trouver. D'où l'idée de lois déterminées, sans exceptions, à l'exemple de la loi de Verner qui fait intervenir la place de l'accent pour rendre compte de l'évolution des consonnes [t] intervocaliques. La linguistique devient alors une science historique, appliquant des lois phonétiques rigoureuses et engagées dans une recherche précise des états de langue intermédiaires dans l'évolution des langues. Ceci correspond à l'apogée du triomphe de l'histoire dans la pensée allemande du XIX^e siècle. Herman Paul (1846-1921) peut alors dire : « la seule étude scientifique du langage est la méthode historique ». Mais, dans le cas de la linguistique

s'autonomisant, la méthode historique apparaît comme une arme pour combattre l'étude du langage comme prétexte pour accéder à la connaissance de la pensée. Pourtant, tout en quittant le domaine de la pure spéculation, les linguistes éprouvent la nécessité de compléter les références physiologiques mécanistes pour s'intéresser à « la partie spirituelle du processus linguistique ». Ainsi, les néo-grammairiens, comme Brugmann (1849-1919), se rapprochent de la psychologie, mais il s'agit de celle de l'individu responsable d'innovations linguistiques, (encore teintée de romantisme). Cette forme de psychologie sera critiquée par Wundt (1832-1920), l'un des créateurs de la psychologie comme science humaine mais avec une orientation plus sociale. D'autre part, le caractère absolu des lois phonétiques sera critiqué par Schuchardt (1842-1927) qui montrera tout l'intérêt qu'il y a à prendre en considération des facteurs plus externes, comme les contacts de langues, la géographie linguistique ou encore le bilinguisme (ce qui sera l'objet des enquêtes dialectologiques).

Recherches linguistiques en France : la grammaire générale, les idéologues et l'orientation vers des applications pratiques

La France se tient à l'écart du grand mouvement de la grammaire comparée pendant la plus grande partie du XIX^e siècle. Seul François Raynouard (1761-1836) fait exception et publie, entre 1816 et 1821, un « Choix des poésies des troubadours contenant la grammaire comparée des langues de l'Europe latine dans leurs rapports avec la langue des troubadours ». Ce travail remarquable par le nombre de langues comparées est parti d'une idée fausse (reprise de Dante), celle du provençal mère de toutes les langues néo-latines.

Grammaire générale contre grammaire comparée

Comment expliquer cette désaffection d'un grand nombre de grammairiens français vis-à-vis de la grammaire comparée ? D'abord, par l'influence prépondérante, depuis le XVII^e siècle, de la grammaire générale selon Port-Royal avec son titre programmatique : « Grammaire générale et raisonnée contenant les fondements de l'art de parler, expliqués d'une manière claire et naturelle. Les raisons de ce qui est commun à toutes les langues, des principales différences qui s'y rencontrent » (1660). Le modèle est repris au XVIII^e siècle avec Nicolas Beauzée, Antoine Court de Gébelin, Noël-François de Wailly, l'abbé Girard et, surtout, Étienne Bonnot, abbé de Condillac. Il sert toujours de référence au début du XIX^e siècle. Dès 1799, Antoine Sylvestre de Sacy (1758-1838) avait fait paraître les « Principes de grammaire générale mis à la portée des enfants et propres à servir d'introduction à l'étude de toutes les langues » (Sacy, 1799). Il se réfèrera continuellement à ces principes, même dans son œuvre de philologue de l'arabe. Il est suivi de près par Antoine Destutt de Tracy (1754-1836) qui, en 1803, publie lui-même une

« Grammaire générale ». C'est que l'enseignement public, après la révolution de 1789, a subi une profonde mutation en France, en particulier avec la première loi sur l'enseignement primaire de la Convention et l'enseignement dans les « Écoles Centrales ». Le mouvement va s'amplifier tout au long du XIX^e siècle avec, en 1852, la loi Guizot sur l'enseignement primaire et, en 1880, la réforme scolaire de Jules Ferry.

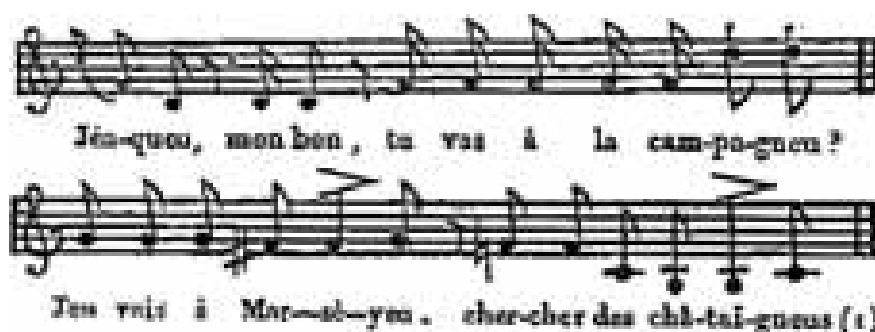
À cette tradition de la grammaire générale, explicitement promue par Sylvestre de Sacy aux dépens de la grammaire comparée, s'ajoute l'influence constante de Condillac, relayée par Destutt de Tracy, avec cette idée maîtresse de l'enracinement de l'intelligible dans le sensible. Si la plupart des « idéologues » prendront leurs distances par rapport à l'étude des idées et de leur origine, telle que la pratiquait Condillac, ils restent fondamentalement attachés à sa méthode d'observation, à l'écart de toutes préoccupations métaphysiques : d'où leur réticence vis-à-vis des grands systèmes dogmatiques allemands. Peut-être faut-il aussi incriminer l'expérience, encore plus douloureuse, du dogmatisme révolutionnaire après 1789 et la succession des régimes politiques qui aboutiront à une stabilité politique relative avec la troisième république, proclamée le 4 septembre 1870. La position critique à l'égard de la grammaire comparée se retrouve chez Michel Bréal, pourtant traducteur en français de l'ouvrage majeur de Franz Bopp, et même encore chez Antoine Meillet dont les travaux philologiques de la fin du XIX^e siècle se caractérisent par une rigueur méthodologique exemplaire (Mounin, 1967).

Offensive puriste

Si le XIX^e siècle voit la réalisation d'un grand nombre de grammaires scolaires, toutes n'auront pas la tenue des grammaires générales du début. Ce qui n'empêche pas la « Grammaire des grammaires » de Girault-Duvivier, publiée en 1811, de parvenir à sa douzième édition en 1837. Avec leur « Grammaire nationale » (1834), les frères Bescherelle érigeront en doctrine le recours à des exemples empruntés aux « bons écrivains », ce qui a pour effet de creuser encore plus le fossé qui sépare ce modèle prestigieux des usages familiers de la langue et encore plus du parler populaire qui demeurent proscrits. Il en est de même du français dialectal, « contaminé » encore par l'utilisation des langues régionales (certes, plus réduite, surtout dans le cadre scolaire). Le contrôle s'exerce surtout sur la représentation écrite de la langue dont on craint, dans ce cas aussi, qu'elle ne subisse l'influence des usages oraux. La connaissance de ces derniers ne peut être que négative : ils sont recensés comme fautifs par les grammaires et, de manière systématique, par les cacologies. Ainsi, le « Manuel du provençal ou les provençalismes corrigés à l'usage des habitants des départements des Bouches-du-Rhône, du Var, des Basses Alpes, du Vaucluse et du Gard », publié en 1836 par le comte Gabrielli de Gubbio, sous les initiales C.D.G., comporte un relevé des fautes de prononciation, des sons vicieux dont il faut absolument se débar-

rasser pour n'être pas tenté de les reproduire par écrit. La barre est haut placée, comme en témoigne, en première page, cette citation de Berchoux : « La langue que parlaient [sic] Racine et Fénelon nous suffirait, Messieurs, si vous le trouviez bon ».

Au chapitre III, « de la prononciation », le comte de Gabrielli ne relève pas seulement les formes fautives mais écrit de véritables petits pastiches, des parodies où il imite le français provençalisé. C'est aussi ce qu'il fait (en deux alexandrins hors norme !) pour stigmatiser l'intonation particulière qui résulte du maintien des « e muets » [sic], très appuyés par les provençaux. Il utilise pour cela une notation musicale qui reste encore, à l'époque, la seule façon relativement précise de noter l'intonation :



Le caractère approximatif de cette notation est signalé en note (1) par l'auteur (dont l'insatisfaction rejoint celle qu'éprouvait déjà Aristoxène de Tarente au IV^e siècle av. J-C).

La volonté ainsi manifestée d'uniformisation du français réussira avec la représentation écrite de la langue, à la fois en métropole mais aussi hors de France avec l'expansion coloniale (un seul français écrit pour tous les Français). De ce fait, des usages oraux nouveaux viendront s'ajouter aux usages régionaux existants.

« Phonographes du vocabulaire »

Le XIX^e siècle se caractérise aussi par un intense travail lexicographique dicté, en partie, par les nécessités d'un enseignement étendu à des classes sociales nouvelles mais aussi par l'accroissement d'un vocabulaire spécialisé provenant des différentes sciences qui se développent (Quemada, 1968). En témoigne ce « Dictionnaire de la conversation et de la lecture », publié par Duckett, en 52 volumes entre 1832 et 1839, puis 16 entre 1844 et 1846 et encore 16 entre 1864 et 1866 auxquels s'ajoutent 5 volumes de supplément en 1878 (cet ouvrage monumental est bien analysé sur le site Inter-

net que Saint-Gérard lui a consacré⁶). Il devenait alors nécessaire de préciser, dans les dictionnaires, la prononciation de certains mots peu ou mal connus. C'est ce que vont faire, mais la plupart du temps avec réticence, les auteurs des nombreux dictionnaires de la langue de l'époque. L'hostilité sera manifeste chez les auteurs du « Dictionnaire de l'Académie » dont deux éditions paraîtront au XIX^e siècle, la sixième en 1835 et la septième en 1878-1879. Mais un nombre important de lexicographes accepteront d'être aussi des « phonographes du vocabulaire » (selon l'expression de Charles Nodier qui distinguera aussi orthographe et orthophonie, ce dernier terme étant utilisé, vers la fin du siècle, en rééducation du langage ; le mot orthoépie le remplacera). La prononciation, en orthographe modifiée ou réformée, est placée à la suite de l'adresse lexicographique. Ainsi, dans le « Dictionnaire de la langue française », publié de 1863 à 1873, Littré précise la prononciation des mots, dans une forme sous-codée de l'écrit à laquelle il ajoute des marques de frontières syllabiques (notées par un tiret et il s'agit de syllabes écrites). Ainsi, le lecteur peut savoir que le mot « archet » se prononce /ar-chè/ et « archéologie » /ar-ké-o-lo-jie/. Ceci toujours à l'intention des étrangers... et des provinciaux (même combat !).

Le très long effort entrepris, sous le nom de prosodie, par les grammairiens et les auteurs de dictionnaires des siècles précédents pour noter la durée (ou la quantité) des syllabes du français (avec le modèle, souvent repris, du « Traité de prosodie française » de l'abbé d'Olivet, de 1736) avait abouti, au début du siècle, à l'édition du « Traité d'orthographe et de prononciation française » par Restaut augmentée de la prosodie par Roger. Les voyelles des mots sont surmontées de caractères qui notent une réalisation brève ([˘]) ou longue (^ˉ). Par exemple : ABATU, E, ä b ä t ä , ü e . Si les résultats de certaines de ces nombreuses notations font l'objet de critiques (« cacographies misérables »), les ambitions restent grandes, comme en témoigne, en 1832, cette tentative de vocographie et de vocotypographie : « Art de représenter habilement la voix, dans toute la pureté de son expression, s'identifiant avec celui d'imprimer le français, selon la bonne prononciation, au moyen de 40 types mobiles d'une valeur positive publiée par l'inventeur breveté de la vocotypographie » (anonyme).

On comprend mieux pourquoi Charles Nodier, en 1834, dans ses « Notions élémentaires de linguistique » présente comme un des besoins urgents de la linguistique l'élaboration d'un alphabet « où toutes les vocalisations et les articulations de l'organe de la parole seraient classées dans leur ordre natu-

6. SAINT-GERARD JP. Développements et réflexions de la langue française au XIX^e siècle. Site Internet : <http://www.chass.utoronto.ca/epc/langueXIX/hlfXIX/index.html> Semence de paroles à l'usage de la conversation. Le dictionnaire de la lecture. <http://translatio.ens.fr/langueXIX/duckett/duckett-parole.htm>

rel et représentées par des signes phonographiques bien caractérisés [...] cet alphabet (ou pour parler plus exactement ce grammataire), approprié seulement à nos langues européennes, serait encore un des monuments les plus importants de la civilisation ».

Une tentative de réalisation d'un système rationnel de transcription phonétique est l'œuvre d'Adrien Féliné qui publie, en 1851, le premier « Dictionnaire de la prononciation de la langue française » où il se propose « d'indiquer par une seule lettre chacun des sons et articulations de notre langue. » Il s'agit toujours de rendre compte de la bonne prononciation de « l'usage de la bonne compagnie. » Ce dictionnaire de prononciation sera suivi par celui de Michaelis et Passy en 1897. Charles Thurot, dans son ouvrage « De la prononciation française depuis le commencement du XVI^e siècle d'après les témoignages des grammairiens », publié en 1881, réalise une synthèse de l'apport des grammairiens-phonétistes à l'histoire de la prononciation. Pour que la liste des contributions à cette histoire soit plus complète il faut y ajouter, au moins, les auteurs de cacologies et les « phonographes du vocabulaire ». Parmi ces derniers, Littré, dans son dictionnaire, apporte un témoignage précieux pour un épisode plus récent, la disparition des « ll mouillés » et leur remplacement par « y », en relevant tous les mots où figure cette prononciation (qualifiée de fautive). Par exemple, dans l'article « pouilleux, euse », /pou-lleû, l l e û z, « ll mouillés » et non /pou-yeû/ (cette dernière est devenue la norme...). Ces « orthographes modifiées » ont permis d'enregistrer, depuis le XVI^e siècle au moins, les modifications de prononciation (souvent considérées comme des formes fautives) au nom d'une norme qui a elle-même évolué. Pendant une grande partie du XIX^e siècle, la représentation écrite demeure la référence essentielle des analyses linguistiques, tant dans leur aspect historique, philologique, que dans la transmission d'une norme unique de la langue confiée à l'institution scolaire. Ainsi, Sylvestre de Sacy, éminent professeur d'arabe au Collège de France et philologue renommé de cette langue, reconnaît qu'il est incapable de converser en arabe : « je n'ai eu pour maître que des livres ». Les usages parlés, dont la diversité sociale ou géographique est stigmatisée, sont vite ramenés à une norme orale unique (Auroux, 1998), mais plus difficile à imposer, qui correspond à une prononciation « centrale » de notables (« les gens de bonne compagnie »). La cassure va se produire lorsqu'il s'agira de développer (non sans difficultés) d'autres méthodes d'enseignement nécessairement plus orales, comme celles des langues vivantes étrangères, ou mieux d'aller enregistrer dans les campagnes les attestations de parlers régionaux, souvent non écrits et déjà menacés de disparition après leur condamnation par la Convention en 1794. Il convient de remarquer, à une époque où le matériel d'enregistrement n'est pas encore diffusé, que, pour rendre compte des usages parlés des langues, la première préoccupation sera à nouveau de les écrire ou, plus précisément, de les transcrire (par un moyen graphique approprié).

Enseignement des langues vivantes et création de l'Alphabet Phonétique International

L'évolution des besoins d'apprentissage des langues étrangères va conduire à une grande réflexion sur l'enseignement des langues et à la mise au point de nouvelles méthodes pédagogiques. La méthode naturelle de Gouin préconise l'enseignement oral avant l'écrit et l'écoute prolongée de la langue étrangère, fondement du principe d'immersion. Elle est suivie, à la fin du siècle, par la méthodologie directe fondée sur l'observation des étapes d'acquisition de la langue maternelle chez l'enfant. La langue étrangère est apprise sous forme orale en évitant tout recours à la langue maternelle. L'élève ne doit plus se contenter d'écouter mais doit participer activement à son apprentissage de la langue étrangère. L'écrit ne vient donc que dans un deuxième temps comme un « oral scripturé ».

C'est précisément pour répondre à ces nouveaux besoins pédagogiques de l'enseignement de la prononciation de l'anglais qu'un certain nombre d'enseignants de cette langue vont se regrouper, sous l'égide de Paul Passy, dans une « Association Phonétique de Professeurs d'Anglais ». Celle-ci devient, en 1886, l'« Association des Professeurs de Phonétique » sous le nom de « *Dhi Fonètik Ticerz Asáíácon* », le groupe initial d'anglicistes s'étant ouvert aux enseignants d'autres langues vivantes. Il s'agit de mettre au point une transcription phonétique qui sera utilisable dans les écoles pour aider les élèves à acquérir une bonne prononciation des langues étrangères. Passy étendra son utilisation au français pour faciliter l'apprentissage de la lecture chez l'enfant.

Cette recherche s'inscrit dans un grand mouvement d'élaboration de systèmes de transcription des langues (Kemp, 1994). On peut citer, sans prétendre à l'exhaustivité, celui de Féline pour le français (en 1851), l'alphabet standard de Lepsius (en 1855), celui de John Lindell pour le suédois, Otto Jespersen pour le danois (sans parler de son système analphabétique). Isaac Pitman avait publié, en 1840, son ouvrage « *Phonography : a Writing by Sound* » et, en 1847, un alphabet phonotypique pour l'anglais, en association avec Ellis (qui servira de modèle à Paul Passy). Dans une tout autre perspective, Alexander Melville Bell publie, en 1867, son « *Visible Speech* », alphabet « organique » qui utilise des caractères iconiques pour reproduire les positions des articulateurs pendant la prononciation. Certains de ces systèmes, comme celui de Lepsius, étaient d'une grande complexité et, tout en étant revenus, pour la plupart, à l'écriture alphabétique, se proposaient de noter « chaque articulation par un caractère distinct ». En 1886, Otto Jespersen propose de créer un alphabet phonétique international pour transcrire toutes les langues. Après des essais préliminaires, une version paraît, en 1888, sous l'influence conjointe de Paul Passy, Daniel Jones et Henry Sweet, avec l'apparition d'un point de vue « phonémique » dans le choix des caractères-lettres (ou caractères pleins) : « un caractère séparé pour un son distinctif, c'est-à-dire pour chaque son qui, utilisé à la place d'un autre dans la même

langue, entraîne un changement de signification du mot. » Ce principe simplificateur est adapté, tout à la fois, aux besoins des enseignants de langues combinés et aux nécessités d'une visée universaliste. En 1889 est créée « l'Association Phonétique des Professeurs de Langues Vivantes » avec comme revue « Le maître phonétique », écrit en transcription phonétique (et qui paraîtra sous cette forme jusqu'en 1971). En 1897, elle est remplacée par « l'Association phonétique internationale » destinée à permettre « l'avancement de la phonétique et de ses applications ». À la fin du siècle, l'« Alphabet Phonétique International » prend une forme très comparable (avec quelques rectifications et l'adjonction de nouveaux caractères) à celle qu'il a actuellement. Dans un souci de simplicité, dicté par des besoins pédagogiques, il était préconisé d'éviter au maximum l'utilisation de caractères s'ajoutant aux caractères-lettres (provenant en priorité de l'alphabet latin) pour les modifier, les diacritiques. Mais l'on a affaire à une association de spécialistes que sont les phonéticiens. Après Henry Sweet, qui en a formulé le principe, il sera recommandé de distinguer entre deux transcriptions : l'une, économe en caractères, la transcription large (plus proche du système ou de la norme d'une langue particulière) et l'autre, la transcription étroite (plus contextualisée, allophonique), chargée de rendre compte des formes variables des unités phoniques dans le discours pour des raisons contextuelles ou situationnelles. Mais il s'agit, dans ce dernier cas, d'une transcription d'expert (elle vaut donc par ce que vaut l'expert !) qui perd le garde-fou de la référence symbolique à la signification. Ce type de transcription prendra une autre valeur lorsqu'il sera mis en relation avec les analyses physiques et physiologiques de la phonétique expérimentale mais il n'en sera pas moins critiqué.

L'analyse de la prononciation des langues devient une fin en soi et sort du cadre des grammaires (mais tout en restant normative). Pour les phonéticiens spécialistes de phonétique descriptive (ou phonétique « pratique »), souvent d'une langue particulière, l'« oreille » constitue le meilleur instrument d'analyse. Les principaux phonéticiens représentants de « l'époque classique » sont Paul Passy en France, Henry Sweet en Angleterre, John Storm en Norvège, Eduard Sievers en Allemagne ou encore Otto Jespersen au Danemark. La démarche perceptuelle, qui est la leur, complètera les recherches entreprises, selon un point de vue historique, par la grammaire comparée et les néo-grammairiens. Otto Jespersen (1860-1943), dans « *Progress in Language with Special References to English* » (1894), développe l'idée, reprise dans ses ouvrages ultérieurs, que les langues, conçues comme des systèmes complets, se simplifient au cours de leur histoire pour faire face à de nouveaux besoins communicationnels.

Dialectologie

Ce point de vue d'une complémentarité par rapport aux études historiques est aussi présent dans cette branche de la linguistique que constitue la dia-

lectologie. Science d'observation, elle décrit les dialectes, les compare entre eux et essaie d'expliquer leur formation. Le point de départ n'est pas constitué par des textes écrits mais ce sont les usages parlés, recueillis au moment de l'enquête, qui lui fournissent ses documents. D'autant plus, comme le démontre l'abbé Rousselot, en 1892, dans sa thèse « Les modifications phonétiques du langage observées dans le patois d'une famille de Cellefrouin (Charente) », que l'on peut suivre, déjà, l'évolution linguistique en comparant le parler de différentes générations d'une même famille. Après les premières enquêtes de George Wenker sur les dialectes allemands, à partir d'un questionnaire de 40 phrases, en 1876, on peut considérer que c'est Jules Gilliéron qui va donner son essor à la dialectologie, par son enseignement, à partir de 1883, à l'École des Hautes Études de Paris. Avec l'abbé Rousselot, ils vont élaborer, en plus d'une méthode d'enquête, un système de transcription phonétique qui sera utilisé par les dialectologues et selon un point de vue différent de celui de Passy : il faut rendre compte de la variabilité des prononciations d'un même mot. L'alphabet latin est choisi en priorité mais les caractères diacritiques sont plus nombreux, d'où les risques d'erreurs possibles. Il s'agit donc d'un travail d'expert et c'est, à ce titre, qu'Edmond Edmont est choisi par Gilliéron. Le projet d'un atlas phonétique de la France avait été lancé par Gaston Paris, en 1888. Il deviendra, sous la responsabilité de Gilliéron, l'« Atlas linguistique de France » avec, comme enquêteur, Edmond Edmont qui commence ses recherches en août 1897 pour les achever en 1901. Il devra se charger de 639 points d'enquête correspondant à des communes de la France rurale de l'époque. Dans cette enquête de terrain, Edmont rencontre, sur place, les différents informateurs (paysans, artisans, bergers, pêcheurs...), chacun d'eux étant représentatif d'un point d'enquête. Il leur fait prononcer les mots d'un questionnaire et il note leur prononciation. La répartition dialectale est surtout fondée sur des traits phonétiques avec des informations complémentaires sur le vocabulaire utilisé dont les formes différentes permettront de délimiter des aires lexicales. On pourra aussi établir une répartition géographique (géographie linguistique) des traits phonétiques caractéristiques des formes dialectales, sur des cartes, en délimitant des zones cernées par des isoglosses ou encore la limite, continuellement contestée, des parlers d'oc et d'oïl (les deux façons de dire « oui » au sud et au nord de la France). L'« Atlas linguistique de France » est publié entre 1902 et 1910. C'est aussi, un peu plus tard, au XX^e siècle que seront entreprises les enquêtes pour les atlas dialectologiques par régions qui compléteront et approfondiront ces premières recherches (en abordant, en particulier, les phénomènes intonatifs). La préoccupation essentielle des dialectologues étant de noter les plus petites « nuances de prononciation », un certain nombre d'entre eux n'hésitera pas, comme l'a fait l'abbé Rousselot, pour préciser la transcription auditive, à utiliser une instrumentation, jugée plus objective, qui se développe au cours du XIX^e siècle.

Contexte scientifique et technique favorable aux analyses physiologiques et physiques de la parole et de la voix

On assiste, tout au long du XIX^e siècle, à la mise en place d'un contexte scientifique et technique (ces deux aspects interagissant l'un sur l'autre) qui favorise une analyse scientifique de l'oralité qui devient maintenant un objet auquel les phonéticiens vont prêter une attention exclusive. Ils seront assistés, dans leurs analyses de plus en plus fines, par le développement d'une technologie essentiellement mécanique qui va relancer sans cesse de nouvelles recherches d'abord et surtout physiologiques (c'est le siècle de la physiologie) mais aussi physiques.

Physiologie de la production de la parole et de la voix

Les grands manuels de référence sont allemands et autrichiens. Citons, par exemple ceux d'Ernst Bruck (1819-1892), «*Grundzüge der Physiologie und Systematik des Sprachlautes*» (publié à Vienne en 1856), de Merkel, «*Anatomie und Physiologie des Menschlichen Stimm- und Sprachorgans*» (Leipzig, 1857) et d'Eduard Sievers, «*Grundzüge der Lautphysiologie, zur Einführung in des Studium der Indogermanischen Sprache*», publié à Berlin en 1876 (ce dernier ouvrage, de physiologie articulatoire, établi dans une perspective historico-comparative). C'est à un danois, Bredsdorff, que l'on doit, en 1821, dans «*Über die Ursachen der Sprachveränderungen*», la première explication des changements phonétiques par « l'indolence des organes » et aussi par des erreurs dans la perception auditive. De même, Rapp écrit, entre 1836 et 1841, «*Versuch einer Physiologie der Sprache*», qui est un essai de physiologie du langage avec le développement historique des idiomes européens, d'après les principes physiologiques.

Investigation, in vivo, des mouvements articulatoires et phonatoires

Utilisant le principe du kymographe inventé par Karl Ludwig en 1847, Étienne Jules Marey (1830-1904) met au point un appareil doté de capteurs reliés aux organes de la parole et de la voix, dont les mouvements seront découpés temporellement. En 1878, il démontre tout l'intérêt de « la méthode graphique dans les sciences expérimentales et particulièrement en physiologie et en médecine ». C'est, en effet, la possibilité de réaliser et de conserver (ce qui permet de les comparer à loisir) des diagrammes obtenus à partir des mouvements des articulateurs de la parole. Rosapelly, à l'occasion d'un stage au laboratoire de Marey, sera l'un des premiers à utiliser cette instrumentation pour rendre compte de la variabilité des groupes de consonnes en position intervocalique (Rosapelly, 1876). Il sera suivi par l'abbé Rousselot qui, avec son propre appareil, étudiera les « facteurs responsables des changements phonétiques ». Ces tracés sont complétés (pour la détermination directe des lieux d'articulation des réalisations linguo-buccales) par les palato-

grammes obtenus par contact de la langue sur le palais selon un procédé (la palatographie directe) développé en 1871 par un dentiste anglais, Coles (1845-1906), et en 1879 par un autre dentiste, américain cette fois, Kingsley (1829-1913) (Marchal, 1988). Pour recueillir et pouvoir analyser plus facilement les contacts linguo-palatins, il place sur le palais une plaque amovible qui recueille le contact lingual (technique dite du pseudo-palais ou palais artificiel). Rudolf Lenz l'utilisera dans sa thèse, parue en 1887, sur la palatalisation des consonnes en allemand.

La visualisation des cordes vocales est rendue possible par l'utilisation d'un miroir, du type de celui qu'utilisent les dentistes, d'abord éclairé par la lumière du soleil. C'est le nom de Manuel Garcia qui est le plus souvent avancé et la date de 1854. Mais il a pu être précédé par différents types de speculum, dont le speculum auris d'André Levet en 1743. En fait, c'est Johan Nepomak Czermak qui, en 1859, publie un mémoire sur la laryngographie et la rhinoscopie et utilise la lumière artificielle. Son ouvrage « Du laryngoscope et de son emploi en physiologie et en médecine » est publié à Paris en 1860 chez Baillière. Czermak étudiera non seulement les cordes vocales mais aussi les mouvements du voile du palais.

La première simulation du fonctionnement des cordes vocales, à partir de larynx excisés, est due à Johannes Müller (1801-1858) qui montre bien comment se fait le contrôle de la hauteur de la voix. D'autre part, les premières mesures de la pression sous-glottique sont faites, en 1837, par Cagniard de La Tour.

Grâce au développement de la palatographie (Moses, 1964) puis de la cinématographie, à la conservation des tracés s'ajoute la conservation d'images. La photographie est inventée en 1828 par Nicéphore Niepce et le principe du daguerréotype par Daguerre en 1838. Des photographies des positions des lèvres pendant la prononciation de voyelles tenues seront disponibles avant la fin du siècle et très diffusées tout de suite au début du siècle suivant.

En 1891, Demeny, physiologiste, assistant de Marey, restitue l'illusion du mouvement à partir d'une succession de photos prises sur lui-même et il prononce ainsi deux phrases : « Vive la France » et « Je vous aime » anticipant la réalisation des labiofilms.

Enfin en 1895, Roentgen découvre les propriétés des rayons X qui seront utilisés pour les radiographies du conduit vocal, surtout en incidence de profil, en permettant d'inférer, *in vivo*, pendant la production d'une réalisation phonique tenue, cette représentation sagittale que l'on ne pouvait obtenir que sur des cadavres (et qui était reproduite dans les cires anatomiques des siècles précédents).

La synthèse mécanique du conduit vocal se poursuit selon les modèles fournis par Kratzenstein et surtout Von Kempelen au XVIII^e siècle. Plusieurs « machines parlantes » fonctionnent au XIX^e siècle : celle de Posch, en 1828, ou de Sir Wheatstone, présentée à Dublin, en 1835, ou encore de

Faber en 1842. En 1830, Thomas Willis réalise des voyelles synthétiques à partir d'un tube à longueur variable (Willis, 1830).

Acoustique, physiologie de l'audition, psychophysique

Afin d'expliquer les phénomènes de propagation de la chaleur, Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) remet en 1807, à l'Institut de France, un mémoire où il invente une théorie selon laquelle toute distribution thermique peut se décomposer en une somme arithmétique d'un fondamental et de ses harmoniques. Ces travaux publiés en 1822 (« Théorie analytique de la chaleur ») marquent la naissance de la théorie de l'analyse spectrale qui sera appliquée au traitement du signal et, par là, à l'acoustique de la parole.

C'est à partir d'une théorie plus physiologique, celle de la musique, qu'Herman Ludwig von Helmholtz (1821-1894), dans son ouvrage «*Die Lehre der Tonempfindung gen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*» (1863), élabore une théorie de la perception en s'appuyant sur la mise en évidence des harmoniques d'un son périodique et le calcul de leur intensité au moyen de résonateurs. Pour l'étude des phénomènes de résonance du son, Helmholtz construit des résonateurs à partir desquels Rudolph Koenig (1821-1894) réalise à Paris un appareil, appelé analyseur manométrique de Koenig, qui permet d'analyser visuellement la structure des sons musicaux (il le présente dans un ouvrage écrit en 1882 : « Quelques expériences d'acoustique »).

Charles Cagniard de La Tour (1777-1859) invente en 1820 et construit en 1845 sa fameuse « sirène » avec laquelle on peut mesurer la fréquence des sons en comptant les vibrations d'un corps qui vibre.

Cette construction d'appareils, en interaction constante avec les recherches fondamentales, est à l'origine du grand bond qui sera fait dans la connaissance de la nature physique des sons de la parole.

Avec Gustav Theodor Fechner (1801-1887), c'est un nouveau domaine scientifique qui apparaît, la psychophysique. Dans ses «*Elemente der Psychophysik*», de 1860, Fechner s'intéresse aux relations quantitatives entre événements physiques et événements psychologiques. Il essaie de mettre au point « une théorie exacte des relations entre le corps et l'âme fondée sur l'expérience et sur la liaison des faits expérimentaux ». Il recherche une fonction (au sens mathématique du terme) entre le physique et le psychique, conçus tous deux comme phénomènes. Il s'intéresse à la sensibilité différentielle du système auditif humain et établit la fameuse loi, dite de Weber-Fechner, « la sensation croît comme le logarithme de l'excitation » (en l'occurrence l'intensité). Ses études portent à la fois sur les seuils de détection et sur les seuils différentiels. Sur le plan épistémologique, ces recherches démontrent bien la nécessité de séparer ce qui relève de l'acoustique et de l'audition (termes souvent confondus chez les auteurs des siècles précédents

et même après celui-ci !). Il n'est pas possible de passer directement des mesures acoustiques objectives (certes indispensables comme garants scientifiques) à des interprétations linguistiques (subjectives) comme cela est encore souvent le cas.

Les appareils déjà disponibles laissaient espérer des études acoustiques des phénomènes prosodiques et surtout des paramètres physiques responsables de la perception de l'accent et de l'intonation. En réalité, les analyses vont rester auditives et ce n'est qu'à la fin du siècle, en 1899, qu'un phonéticien, Léonce Roudet, propose « une méthode expérimentale pour l'étude de l'accent » (Roudet, 1889). Son système est fondé sur le calcul des fréquences, des intensités, des durées. Il voulait ainsi parvenir « à une représentation aussi claire que la notation musicale et d'une exactitude absolue ». Et il concluait, avec une prévision optimiste non vérifiée dans le court terme : « rien ne peut désormais entraver les recherches sur ce point ». Il faudra, cependant, attendre à peu près un demi siècle pour que ces études objectives des variations de la fréquence fondamentale de la voix soient entreprises à grande échelle.

Conservation et transmission du son à distance

Après les images, les sons vont pouvoir, à leur tour, être transmis et surtout conservés, entrant en concurrence avec l'écriture qui avait été jusqu'alors le seul moyen d'enregistrement de la parole et de sa transmission dans le temps, comme l'ont montré les études de linguistique historique de ce siècle.

Ainsi, l'invention du téléphone, en 1876 par Alexander Graham Bell, va relancer la discussion sur le phonocentrisme et la primauté accordée à l'oral (Bell s'est aussi impliqué directement dans la démutisation des sourds). En 1895, Marconi invente la transmission de la parole par TSF.

Mais, plus encore, l'événement important pour les analyses de la parole et de la voix réside dans la possibilité de conserver les sons : les paroles ne s'envoient plus et peuvent aussi rester. En 1877, Charles Cros invente le principe du phonographe (qui n'est plus lexicographe !). Edison le suit de près, la même année. L'appareil deviendra vraiment opérationnel en 1888 avec les supports cylindriques amovibles en cire. En 1889, le gramophone est inventé par Émile Berliner (sur un principe d'Émile Scott) : l'enregistrement se fait sur un disque recouvert de cire. En 1898, apparaissent les premiers enregistrements magnétiques sur fil d'acier de Poulsen. La parole et la voix acquièrent une nouvelle matérialité : on peut les conserver et les réécouter, hors de la présence de celui qui les a produites.

Les documents, provenant des nouvelles analyses instrumentales et judicieusement choisis, gardent un rôle d'exemplification, dans la plupart des cas, d'autant plus que les applications à l'enseignement des langues ou à la pathologie du langage restent prioritairement visées. Ceci explique que les

statistiques ne sont que très peu utilisées, souvent réduites à des comptages. Pourtant, le XIX^e siècle a été l'objet d'intenses recherches mathématiques, avec Pierre Simon de Laplace (1749-1827) pour les bases théoriques du calcul probabiliste (1812) et Boole qui publie, en 1847, « *Mathematical Analysis of Logic* » (Les fondements de la logique symbolique mathématique). C'est surtout dans le domaine des statistiques et du calcul des probabilités que les travaux sont plus nombreux, avec Carl Friedrich Gauss (1777-1855) et la méthode des moindres carrés (sans oublier ses recherches sur les nombres imaginaires). Adolphe Quételet (1796-1874) est considéré comme le fondateur des statistiques modernes. Laplace publie en 1812 sa « *Théorie analytique des probabilités* » et enfin Antoine Auguste Carnot (1801-1877) son ouvrage sur le calcul des probabilités. C'est dans le domaine du lexique que les statistiques vont être appliquées par Kaeding qui, entre 1897 et 1898, publie « *Häufigkeitwörterbuch der deutschen Sprache* », à Berlin. En vue d'établir un système de sténographie, il entreprend la première grande analyse d'un corpus de textes écrits (à partir d'une dizaine de millions de mots et d'une vingtaine de millions de syllabes). Il est à l'origine de la notion de vocabulaire de base d'une langue (qui sera reprise par Elridge, en 1911, dans « *Six Thousand Common English Words* »). Mais c'est un philologue américain, George Kingsley Zipf (1902-1950) qui, au siècle suivant, établira son « principe du moindre effort » qui, reformulé sous le nom de loi de Zipf, demeure le pilier de la linguistique statistique.

C'est dans ce contexte scientifique et technique, favorable aux analyses physiques et physiologiques de la parole et de la voix, qu'est créé le premier laboratoire de phonétique expérimentale à Paris.

Le « laboratoire de phonétique expérimentale » et son créateur, l'abbé Rousselot (1846-1924)

Les analyses expérimentales de la parole et de la voix (surtout sous son aspect phonatoire) ne se développent pas en réaction, mais de manière complémentaire, aux recherches conduites en linguistique historique et en dialectologie (Antoine et Martin, 1995 ; Carton, 1995). Certes, on se situe en deçà de la perception auditive, dans une sorte de micro-phonétique mais dont les résultats doivent être toujours comparés à ceux obtenus par une écoute attentive des paroles prononcées. La connaissance approfondie de l'oralité présente ne peut qu'éclairer celle du passé, révélée forcément à partir de la seule écriture. Plus encore, la phonétique expérimentale (le terme est discuté) n'est pas scientifique parce qu'elle utilise des appareils mais parce qu'elle contribue aussi et surtout à analyser plus finement des phénomènes déjà abordés scientifiquement par la linguistique historique. Fort de ce raisonnement, l'abbé Rousselot (1846-1924) se présente comme le défenseur d'une phonétique linguistique. En 1889, il est titulaire d'une chaire de phonétique expérimentale à l'Institut Catholique de Paris et, après

avoir soutenu une thèse de dialectologie sur le patois de sa famille, en 1891, il devient chargé de cours, en 1897 (et jusqu'en 1922) au laboratoire de phonétique expérimentale, créé à son intention, au Collège de France. Il ne deviendra professeur qu'en 1923, un an avant sa mort. Toujours en 1897, il crée à l'Alliance Française un centre de correction d'accents étrangers et commence la publication du premier tome des « Principes de phonétique expérimentale » (elle s'achèvera en 1902) ; le second tome paraîtra en 1908. Dans le premier volume, un chapitre est consacré aux « vices de prononciation » d'origine pathologique et dont les déviations restent définies par référence à une norme de prononciation davantage que par rapport à une hypothétique normalité.

Les tracés obtenus à partir des différentes analyses de la parole, physiques (acoustiques) ou physiologiques (kymographiques, palatographiques), conduites souvent par l'abbé Rousselot lui-même, sont utilisées, de même que des photographies de visages en train de prononcer des voyelles, à titre d'exemples de référence, tant pour l'enseignement du français aux étrangers que pour la rééducation des nombreux malades reçus dans le laboratoire de phonétique expérimentale. La plupart du temps, il ne s'agit pas d'une recherche spécifique entreprise dans les domaines d'application proprement dits, même si une instrumentation est mobilisée dans les deux cas.

À la faveur de cet exemple d'accueil de malades dans un laboratoire de phonétique expérimentale, on peut s'interroger sur la répartition des tâches entre éducateurs, rééducateurs et médecins pour la prise en charge des troubles du langage, de la parole et de la voix, au cours du XIX^e siècle.

Prise en charge médicale de la phonation et des troubles du langage, de la parole et de la voix

Le XIX^e siècle est considéré, à juste titre, comme celui du développement de la méthode expérimentale à partir de la médecine. Claude Bernard (1813-1878) publie, en 1865, l'« Introduction à la médecine expérimentale ».

Langage et pathologie

Le début du siècle est marqué par un événement assez exceptionnel dont l'effet va être amplifié par une intense réflexion philosophico-médicale encore largement sous l'influence des idées du siècle précédent et, en particulier, celles de Condillac et des idéologues. Pierre Georges Cabanis (1757-1808), philosophe et médecin, publiera en 1802 un ouvrage qui est une mise au point de ses idées sur les « Rapports du physique et du moral de l'homme ».

40 La médecine, qu'il considère essentiellement sous l'angle physiologique, est

le moyen privilégié pour accéder à la connaissance de l'homme puisque, selon lui, il y a identité du physique et du moral (thèse matérialiste qu'il abandonnera vers la fin de sa vie). La pathologie, en ce qu'elle fait ressortir certains comportements particuliers de l'homme, devient un moyen privilégié pour son observation et son étude approfondie. C'est dans ce contexte philosophique « sensualiste » qu'au tout début du siècle, en 1800, est découvert, dans l'Aveyron, un « enfant sauvage » nommé Victor, qui a grandi sans acquérir le langage articulé (il est alors âgé de douze ans et il a été abandonné à l'âge de cinq ans) (Malson, 1964). Examiné par Pinel, un autre médecin idéologue, il est déclaré incurable. Ce qui n'empêche pas un jeune médecin de l'Institut des Sourds de naissance de Paris (et partisan de l'oralisation des sourds), Jean Marc Gaspard Itard, de s'intéresser à ce cas. Il propose de s'occuper de l'enfant et de l'éduquer, ce qu'il fera entre 1801 et 1806, avec l'aide de sa gouvernante, Madame Guérin, qui assurera le relais et prendra en charge Victor jusqu'à la mort de ce dernier en 1828. Itard souligne le rôle déterminant de l'éducation pour rendre Victor plus sensible et, par là-même, le faire parvenir aux idées. Il s'agit d'un cas pratique dont on attend qu'il apporte des renseignements solides sur la façon dont se forme l'intelligence chez l'enfant et permette ainsi le développement du langage. Itard recueille ses impressions dans des carnets qui seront publiés et permettront de suivre, dans le temps, le déroulement d'une rééducation menée par un phoniatre (avant la lettre), sorte de mise à l'épreuve, de jugement par l'expérience, des grandes idées philosophiques véhiculées au début du siècle en France. Parmi celles-ci, la question des relations entre l'esprit et le cerveau, déjà abordée, au XVII^e siècle, par Descartes (qui faisait de la glande pinéale le siège de l'âme), est relancée au XIX^e siècle avec la théorie de la localisation des fonctions cérébrales. Les processus moteurs seraient corrélés avec des régions précises du cerveau et il est possible d'en établir les localisations par des observations empiriques.

Franz Josef Gall (1758-1828) et son élève, Spurzheim (1776-1832), créent la phrénologie, suivant laquelle les facultés de l'homme sont connaissables par la palpation du crâne, et ils analysent l'activité cérébrale en la fragmentant en fonctions élémentaires.

Mais c'est Paul Broca (1824-1880) qui, en 1861 avec ses études sur l'aphasie, va mettre en évidence une zone particulière du cerveau nécessaire au langage articulé et située sur une circonvolution frontale gauche (aire de Broca). L'un de ses patients, Leborgne, dit « Tan », qui souffrait d'une perte de parole, décède et Broca observe sur ce cerveau une lésion du lobe frontal gauche (ce qui sera confirmé par l'examen d'autres cas). C'est le début de la localisation des fonctions cérébrales. Carl Wernicke (1848-1905) décrit, en 1874, dans « *Der Aphasische Symptomenkomplex* », une atteinte du lobe temporal gauche qui donne lieu à un trouble de la compréhension du langage écrit et parlé. Avec ces travaux naît ce que l'on appellera plus tard la neuro-linguistique, qui pourra être considérée comme une sorte de linguistique

expérimentale à l'épreuve de la pathologie neurologique (Dubois et Hecaen, 1997). Elle concerne, en effet, l'étude des corrélations qui peuvent être établies entre les caractéristiques cliniques et anatomo-physio-pathologiques des troubles acquis de la parole et du langage et leurs répercussions sur le plan purement linguistique (et donnant raison à Cabanis, le normal sera connu, sur le plan cérébral, par référence à la pathologie).

Mais envisageons maintenant le troisième cas exemplaire du XIX^e siècle (après Victor et « Tan »), celui d'Anna O, prise en charge de 1880 à 1882 par un médecin viennois, le docteur Breuer. Profondément perturbée, Anna O se met à raconter à son médecin les conditions d'apparition de certains de ses symptômes qui, après cette évocation, disparaissent. Anna O donne alors à la cure de Breuer le nom de « *talking cure* » (à l'époque elle se met à parler anglais), la cure par la parole, ou « *chimney sweeping* », le ramonage de cheminée. Breuer l'engage à poursuivre dans cette voie et, lorsque l'évocation devient trop difficile, il plonge la patiente dans un état d'hypnose profond et lui révèle, à son réveil, les faits qu'il a pu dégager, ce qui a pour effet de faire cesser sa souffrance. Breuer appelle alors cette thérapeutique la méthode cathartique dont le but principal est l'abréaction ou catharsis, par décharge des émotions refoulées. Sigmund Freud (1856-1939) prend connaissance du cas et l'expose même à Charcot alors qu'il est venu suivre ses cours à Paris, à la Salpêtrière, en 1885 (sans entraîner de grandes réactions chez le spécialiste de l'hystérie). De retour à Vienne, Freud collabore avec Breuer pour déterminer, dans un premier temps, si les résultats obtenus chez Anna O sont généralisables, ce qui est le cas. Breuer et Freud publient ensemble, en 1895, les « Études sur l'hystérie ». Après cette publication, Breuer prend ses distances, pour des raisons personnelles, et Freud va amplifier seul sa réflexion et mettre en évidence le refoulement, le rôle joué par la sexualité et surtout le phénomène du transfert. On peut donc dater de cette période la naissance de la psychanalyse.

Entre-temps, la laryngologie, qui prend en charge la pathologie vocale, est réunie à la rhinologie et à l'otologie dans une spécialité commune, l'oto-rhino-laryngologie, vers la fin des années 1860. La première revue d'ORL paraît en 1875 et la société française d'ORL voit le jour en 1882. L'otologie a eu un rôle moteur avec les recherches sur la rééducation des sourds, menées depuis maintenant trois siècles. L'Institut des Sourds de naissance de l'abbé de l'Épée est devenu, en 1864, l'Institut National des jeunes Sourds, alors que quelques années auparavant le congrès de Milan (1860) entérine la suprématie de la parole par rapport au langage des signes (le rééquilibrage aboutissant à un libre choix n'interviendra qu'au siècle suivant). La laryngologie, de son côté, va progresser de manière spectaculaire avec l'utilisation du laryngoscope avec lumière artificielle, initiée, comme nous l'avons vu, par Czermak. En 1873, Théodore Billroth pratique, à Vienne, la première laryngectomie sur un malade atteint d'une tumeur du larynx.

Réévaluation des relations entre la voix et la parole : la phonation

Cette réévaluation se fait par la création d'un terme nouveau, celui de phonation. Il provient d'un médecin physiologiste, le professeur Chaussier (1746-1828), adepte de la physiognomonie et de la phrénologie, spécialiste de médecine légale. Le mot relève de la physiologie. Il apparaît dans les dictionnaires de médecine du début du XIX^e siècle : celui de Nysten, l'« Encyclopédie méthodique de médecine », et surtout le « Dictionnaire des sciences médicales » de Panckoucke (volume 41 de 1820) où il est soigneusement défini. C'est à cette dernière encyclopédie que l'on doit la meilleure définition : « série des phénomènes qui concourent dans l'homme et les animaux à la production de la voix et de la parole ». Toujours d'un point de vue physiologique : « c'est une fonction particulière qui n'existe que chez les animaux qui respirent par les poumons ; elle appartient à la vie de relation et elle est un des premiers moyens d'expression de l'instinct, des sentiments et des idées ». Assez bornée chez l'animal où elle produit la voix brute ou son vocal, elle se complique chez l'homme où elle unit à la voix proprement dite, la parole, c'est-à-dire la voix articulée qui forme le langage. Ce dernier reste l'attribut essentiel de l'homme qui « seul trouve dans la parole le moyen d'exprimer ses sentiments et ses idées mais encore de fixer et d'étendre singulièrement le domaine de ces dernières ». Mais une mise au point est faite : la parole ne se réduit pas à la simple articulation des sons, la preuve étant que « les animaux parleurs s'élèvent à cette dernière » mais « chez eux la parole n'est qu'une suite de sons insignifiants et dénués de toute espèce de liaison avec la pensée ». Comme le reconnaît l'auteur de l'article « voix », dans le même dictionnaire de Panckoucke, le mécanisme de la parole devrait être étudié « dans l'histoire complète de la voix ». Pour des raisons de commodité de consultation du dictionnaire, les articles « parole » et « son » restent distincts. En revanche, à la fin du siècle, dans le « Nouveau dictionnaire de médecine et de clinique pratiques » de Jaccoud (1864-1886), la parole n'est plus abordée que dans un chapitre de l'article « voix » et l'analyse des réalisations phoniques du français se réfère à la « phonétique physiologique » et non pas à la « phonétique linguistique » dont l'auteur de l'article, Georges Poyet, juge qu'elle est « en pleine obscurité encore » (malgré ce rôle important accordé à la voix, la classification des consonnes ne suit pas puisque les réalisations voisées et non voisées, telles [t] et [d], sont toujours distinguées comme « dures » et « molles »).

Le point de vue physiologique qui a conduit à créer ce mot nouveau de « phonation » permet une meilleure intégration de la voix et de la parole dans le processus de production de la « voix articulée ». Il faut signaler aussi que la parole (manifestation du langage) ne prend toute sa valeur non parce qu'elle est articulée mais parce qu'elle est « liée à la pensée ». Après les travaux des neurologues et des psychiatres, on remarquera la part plus importante prise par les troubles du langage (mis en relation avec des dysfonctionnements cérébraux dans l'article « voix » de Jaccoud, à la fin du siècle, et aussi dans l'article « aphasie »).

**Vices de prononciation et leur prise en charge :
éducation et/ou rééducation ? Phona(s)cie, déclamation, hygiène**

Toujours dans le « Dictionnaire des sciences médicales » de Panckoucke, article « dysphonie », la référence au terme de phonation a eu pour effet de permettre une meilleure caractéristique de la dysphonie comme « difficulté de produire des sons et altération de la voix ». Elle est, de ce fait, distinguée des modifications de la voix « causées par les cavités gutturale et buccale » donc des vices de prononciation. Ceux-ci sont loin d'être clairement définis. Dans l'article « parole », la distinction est faite, cependant, entre troubles dus à « un vice de conformation d'un organe, par exemple la langue et les résultats d'une éducation vicieuse ». C'est que de nombreux troubles de prononciation seraient causés par une mauvaise éducation : « la parole est chez l'homme le résultat le plus précieux de l'éducation ». Mieux, cette éducation des organes de la parole se rattache à l'art de penser, à la logique, à l'exercice de nos facultés intellectuelles : « Ce qui se conçoit bien s'énonce clairement ». Une mauvaise prononciation est ainsi le résultat d'une mauvaise éducation, le fait d'avoir cédé à l'emprise de l'habitude. Il faut avoir le vif désir de parler convenablement, manifester une « attention continuelle à s'observer soi-même » et « se modeler sur les personnes dont la prononciation est pure ». Il s'agit d'une conception foncièrement volontariste : « la parole est une fonction soumise à la volonté ». Les vices de prononciation ne sont donc pas forcément de nature pathologique : ce sont des déviations qui trahissent des habitudes fautives issues d'une mauvaise éducation. Le « remède » qui revient souvent : « lire de beaux vers, les réciter ». C'est donc, tout naturellement, à la phonacie (ou encore phonascie, étymologiquement, exercer la voix, « partie de la gymnastique »), art de lire à haute voix, que devront s'adresser ceux qui n'ont pas une prononciation irréprochable : « l'art de la déclamation utile aux acteurs, aux avocats, aux orateurs, aux prédicateurs... n'est pas moins nécessaire à ceux qui ont quelque vice de prononciation » (article « phonacie » de Panckoucke).

Est-ce à dire que la médecine n'est pas concernée par ces « vices » ? Absolument pas. Si, la plupart du temps, ce n'est pas de l'ordre de la thérapeutique, en revanche, l'hygiène intervient prioritairement. Tout ce qui est exercice, gymnastique, nécessite l'avis du médecin. L'exercice modéré ne peut avoir que des conséquences favorables, par exemple sur le développement musculaire (en l'occurrence, les muscles de la respiration, par exemple), mais l'excès peut aussi provoquer des accidents. Ceci apparaît très nettement dans l'article « déclamation » de Panckoucke : « la déclamation est une modification que la voix reçoit lorsque nous sommes émus par quelques passions ou par quelques grands intérêts et qui annonce cette émotion à ceux qui nous écoutent ». Cette déclamation naturelle n'est plus distinguée, dans le corps de l'article, de la déclamation théâtrale qui l'imité (*mimesis*). D'autre part, « la déclamation doit être considérée sous le point de vue médical comme un exercice plus ou moins violent des organes de la voix et de la respiration

[...] et qui donne lieu à des phénomènes primitifs et secondaires qu'un médecin ne doit pas ignorer ». Il s'ensuit un certain nombre de règles d'hygiène : « l'endroit dans lequel on déclame mérite, outre ses conditions acoustiques, une attention particulière de la part du médecin. Si cet endroit est clos, s'il renferme un grand nombre de spectateurs [...], on ne tarde pas à respirer un air chaud et vicié dont il est facile d'apprécier les mauvais effets ». Pour réussir dans l'art de la déclamation, l'auteur de l'article renvoie à l'ouvrage écrit par un acteur, Jean Mauduit (sous le pseudonyme de Larive), « Cours de déclamation divisé en douze séances » de 1804 (cf. la bibliographie du groupe de recherche sur la prononciation du français⁷).

C'est que le XIX^e siècle, après une rhétorique telle qu'elle est enseignée par Fontanier (1768-1844) avec les deux livres, « Manuel classique de l'étude des tropes » (1821), et l'autre « Traité général des figures autres que les tropes » (1827), revient à une rhétorique d'action fournissant une parole efficace, active, persuasive (Douay-Soubelin, 1999 ; Fumaroli, 1999). C'est la rhétorique orientée vers l'argumentation de Joseph Victor de Clerc (1823), « Nouvelle rhétorique », et surtout celle de Cormenin, alias Timon d'Athènes (sous ce pseudonyme se cache Louis Marie de Lahaye, vicomte de Cormenin, 1788-1868, adversaire résolu de Louis-Philippe et membre de la Constituante qui prépare la constitution de la deuxième république). Son « Livre des orateurs » (1836) marque un nouvel essor de l'éloquence politique avec le retour de la république.

À la fin du XIX^e siècle, comme en témoigne le dictionnaire de Jaccoud, la situation apparaît très différente avec le passage très net d'un « savoir encyclopédique à une encyclopédie des savoirs ». L'examen laryngoscopique a joué un grand rôle : la pathologie du larynx est mieux définie (nombreuses représentations des polypes), la pathologie tumorale prend une grande place. De même, la pathologie neurologique est bien représentée avec un article consacré à l'aphasie. C'est que la parole « miroir des sentiments, reflète les troubles psychiques éprouvés par l'individu ». Le lien qui était établi entre l'expression correcte et la pensée est remis en question : on peut exprimer de façon irréprochable une pensée fausse (et l'inverse). De plus, il faut distinguer la mauvaise prononciation de « r » des « vices phonétiques ». Enfin, par la parole « c'est le cerveau tout entier qui participe à son fonctionnement ». Le tableau clinique des troubles du langage, de la parole et de la voix est plus complet et l'auteur de l'article « voix » recommande non plus un ouvrage de déclamation mais le livre d'Adolf Kussmaul, « Les troubles de la parole », traduit de l'allemand et publié en français par Rueff, en 1884, véritable typologie des troubles de l'articulation. La part de l'hygiène demeure importante mais il s'agit plutôt d'hygiène de vie et de ses répercussions sur la voix sous

7. Groupe de recherche sur la prononciation du français dans la poésie, le chant et la déclamation. Bibliographie analytique. Site Internet : <http://biblio.prononciation.org/>

ses deux aspects seulement, voix parlée et voix chantée (le troisième, la voix pathétique ou accentuée, dont il était question au début du siècle en référence à Rousseau, est maintenant laissé de côté).

La première mention du terme orthophonie, dans son sens non linguistique, est attestée avec la création à Paris, en 1828, d'un organisme privé, l'« Institut orthophonique » du docteur Marc Colombat. Celui-ci avait mis au point une méthode d'orthophonie pour le redressement du bégaiement et des vices de parole (1831 et 1834). Son œuvre est continuée par son fils, Émile, qui publie, en 1874, « L'orthophonie au point de vue pédagogique » et, en 1887, un « Traité d'orthophonie ». Mais il faudra attendre le XX^e siècle pour que la pratique rééducative orthophonique, sous contrôle médical, soit officiellement reconnue. C'est au début de ce même siècle (en 1905 exactement) qu'est créée, à la faculté de médecine de Berlin, la première chaire de phoniatrie occupée par H. Gutzmann (cf. sites Internet de Charpy⁸ et de Wollock et Perello⁹).

Linguistique : entre son et sens

Alors que la physiologie se développe en médecine, en linguistique les attaques se multiplient contre l'organicisme et, par là-même, contre le point de vue schlechérien : l'approche scientifique du langage est historique. Mais quelques voix discordantes se font entendre contre ce « tout histoire » : les langues méritent aussi d'être étudiées dans leur aspect actuel, abstraction faite de leur évolution. C'est le cas d'Anton Marty (1847-1914) qui fut très peu écouté. En revanche, c'est un américain, Whitney (1827-1894), qui va faire la transition avec le XX^e siècle. Il publie deux ouvrages, « *The Life and Growth of Language* », en 1875, et « *Language and its Study* », en 1876. Antischlechérien convaincu, Whitney insiste sur la spécificité de l'analyse linguistique en lui donnant une orientation plus sociologique : le langage est une institution sociale. Il n'est pas fondé sur un rapport naturel avec les choses mais il se caractérise par son aspect conventionnel. Lui aussi insiste sur la nécessité d'étudier le langage sous sa forme actuelle, qui est fondamentale, l'analyse historique n'étant que secondaire.

En France, la réaction contre « la mystique de l'organe » va venir de Michel Bréal (1832-1915) qui développe un nouveau domaine de recherche linguistique, la sémantique (Bergounioux, 1994). Il publie, en 1897, un « Essai de

8. CHARPY N. Logophonie. Site Internet : www.logophonie.com

9. WOLLOCK J, PERELLO J. A Bibliography of Writings on the History of Logopedics, Phoniatics, Communication Disorders and Allied Subjects (1817-1996). (site Internet de l'*American Speech Language and Hearing Association* : www.mnsu.edu/comdis/kuster2/basics/historybib.html)

sémantique, science des significations ». Il rompt avec le modèle biologique de Darmesteter, « La vie et la mort des mots, étudiés dans leur signification » (de 1887). Selon Bréal, il n'y a pas, pour le sens, de lois absolues mais une dynamique globale d'unification. Si le rôle créateur du peuple est reconnu, le purisme l'emporte à nouveau, par souci de clarté. Michel Bréal, qui s'implique dans la réforme de l'Instruction Publique, reste profondément marqué par une tradition de méfiance vis-à-vis des usages populaires de la langue et revient très vite à la norme et aux modèles littéraires.

Comment alors la linguistique va-t-elle se comporter vis-à-vis de la phonétique, dont les recherches acoustiques et physiologiques se développent ? La première réaction va provenir de Pologne, avec l'école de Kazan et les travaux de Baudouin de Courtenay (1845-1929). Pour lui, la phonétique doit être divisée en deux parties indépendantes : une première partie, acoustico-physiologique ou anthropophonique, qui considère les unités phoniques du point de vue objectif de la physique et de la physiologie (c'est-à-dire des sciences naturelles). Une seconde partie, phonétique, au sens strict du mot, ou encore partie morphologico-étymologique de la science générale des sons, s'occupe des sons en relation avec le sens des mots. L'un des élèves de Baudouin de Courtenay, Krukowski (1851-1887), ira encore plus loin en critiquant l'utilisation du terme « son » et proposera d'appeler « phonème » l'unité phonétique pour la distinguer du son, unité anthropophonique (Krukowski reprend le terme à Ferdinand de Saussure, lequel l'avait lui-même emprunté à Dufriche-Desgenette, qui le crée en 1873). La linguistique va alors s'orienter vers une conception du langage qui, selon la formulation de Henry Sweet dans son « Manuel de phonétique » de 1877, « repose essentiellement sur le dualisme entre la forme et le sens ». C'est un linguiste suisse, Jost Winteler (1846-1929), qui apporte une illustration de ce point de vue en publiant, en 1876, une monographie de son dialecte natal, « *Mundart des Kantons Glarus in ihren Grundzügen dargelegt* ». L'auteur distingue, de manière systématique, les traits accidentels (les variations) et les propriétés essentielles (les invariants) au niveau phonique. Pour découvrir et identifier les invariants, il détermine si deux « sons » peuvent, dans les mêmes conditions, différencier des mots de sens différents. Ces linguistes sont des précurseurs dont l'apport ne sera reconnu qu'après coup, au XX^e siècle.

Foisonnant XIX^e siècle où la plupart des pistes de recherche sur le langage ont été explorées, dans tous les domaines concernés, de la physiologie à la sémantique. Siècle paradoxal, aussi, où les chercheurs disposent de nouveaux moyens scientifiques et techniques et où l'écrit, dans ses formes littéraires prestigieuses, demeure la référence essentielle. Vers la fin du siècle, la « méthode graphique » vient ajouter encore ses tracés aux traces de l'écrit pour renforcer le rôle d'une « écriture élargie ».

Des signes avant-coureurs laissent prévoir des changements irréversibles. Les nécessités de la spécialisation entraînent la mise en place de frontières disci-

plinaires, en particulier avec l'autonomisation des sciences humaines (dont le statut scientifique ne cessera d'être discuté).

Le rôle de la voix a été à peine réévalué physiologiquement, au sein de la fonction phonatoire, que, déjà, de nouvelles barrières vont être dressées, dont celle du sens, fondement de nouvelles analyses linguistiques, au siècle suivant.

XX^e siècle : nouveaux « outils de la réflexion » et développements technologiques accélérés

Le XX^e siècle est caractérisé, à la fois, par un foisonnement d'idées et par des développements technologiques sans précédent avec, dans la seconde partie du siècle, l'informatisation de la plupart des sciences. Il en résulte l'accumulation d'une somme inégalée de connaissances sur le langage en général, sur un nombre croissant de langues, sur le fonctionnement de la communication parlée et surtout sur la voix. Cette dernière bénéficie particulièrement des progrès technologiques accomplis dans les diverses sciences qui la prennent pour objet. Mais une telle accumulation de faits peut paraître inquiétante, d'un point de vue épistémologique, si elle ne s'accompagne pas d'un renouvellement théorique destiné à les prendre en compte. C'est justement ce qui se produit en linguistique avec la stricte autonomisation du domaine (Mounin, 1972) et le rejet, hors de son champ d'étude, d'un grand nombre de recherches sur la parole et surtout sur la voix. Celle-ci, et de manière assez paradoxale à première vue, fait l'objet d'une exclusion alors que l'analyse du langage parlé est considérée comme primordiale par les linguistes. En fait, une redistribution des tâches se produit entre des sciences dont le statut scientifique va diverger, avec cependant de nouveaux réajustements vers la fin du siècle. L'impression de ruptures successives que l'on peut avoir, dans un premier temps, doit être nuancée en replaçant les recherches, même les plus récentes, celles qui font appel à des technologies jamais utilisées auparavant, dans une problématique souvent héritée des siècles précédents (Antoine et Cerquiglini, 2000).

Comme dans bien d'autres domaines scientifiques, le grand pôle de recherches sur le langage au XX^e siècle va se déplacer de l'Europe vers les États-Unis d'Amérique (sans oublier le rôle précurseur de l'américain Whitney, au siècle précédent et son influence sur Ferdinand de Saussure qui lui doit la conception de la langue comme une institution sociale). Après un cheminement parallèle (avec cependant des caractéristiques spécifiques) du structuralisme dans les deux continents, c'est en Amérique que se développera la grammaire générative de Noam Chomsky (mais avec, cette fois-ci, l'influence de Roman Jakobson, installé aux États-Unis, après avoir été l'un des grands représentants de la phonologie pragueoise).

Transition avec la linguistique historique du siècle précédent

Elle est assurée, d'abord, par un linguiste danois, Otto Jespersen (1860-1943). Spécialiste lui-même de linguistique historique, il recommande aussi d'aborder la nature du langage par ses usages concrets actuels ; ce qu'il fait dans son ouvrage de 1922, *« Language : its Nature, Development and Origin »* (où l'on trouve cette formule poétique « l'homme a chanté ses sentiments bien avant d'être capable d'exprimer ses pensées. »). Il s'intéressera à l'acquisition du langage chez l'enfant dont la connaissance peut éclairer les changements linguistiques. Opposé aux dérives mécanistes de certains néogrammairiens, il apparaît comme un pré-structuraliste lorsqu'il déclare : « Pour comprendre les phénomènes phonétiques il convient de ne pas les isoler de l'étude du sens ».

Un autre type de transition est dû à Antoine Meillet (1866-1936). Bien qu'ayant été l'élève de Ferdinand de Saussure, il reste partisan d'une linguistique générale à fondement historique (Meillet, 1921). Mais, par rapport à ses prédécesseurs, il oriente la linguistique vers la sociologie : « le langage est éminemment un fait social » et « la tâche de la linguistique est de déterminer à quelle structure sociale répond une structure linguistique déterminée ». Il revendique de Ferdinand de Saussure l'idée de la langue comme système et s'élève contre l'étude de faits isolés d'une linguistique historique « atomisée ». Il utilisera cette notion de système pour mettre de l'ordre en linguistique historique mais son classement des unités phoniques restera fondé sur leurs caractéristiques articulatoires et non sur leurs caractères distinctifs comme c'était le cas pour Ferdinand de Saussure, à partir de la notion de système.

Linguistique de la langue

À la fin du XIX^e siècle et encore pendant une partie du XX^e, un grand nombre de linguistes considèrent la linguistique comme une science historique. Ce qui peut paraître légitime : toute langue, en perpétuelle évolution, est un produit de l'histoire. Le renouvellement théorique du XX^e siècle va provenir d'un linguiste européeniste réputé, à l'origine des grands principes du structuralisme appliqués à la linguistique, Ferdinand de Saussure (1857-1913). Son cours, dispensé à l'université de Genève, rédigé d'après des notes d'étudiants, réunies par Charles Bally et Albert Sechehaye, paraît, de manière posthume, en 1916, sous le titre : « Cours de linguistique générale ». À partir d'un certain nombre de dichotomies, Ferdinand de Saussure précise l'objet de la linguistique. Ce n'est pas le langage, multiforme et hétéroclite, certes faculté de parler des êtres humains mais qui peut être abordé légitimement d'un grand nombre de points de vue : philosophique, physiologique, psychologique et bien d'autres. L'objet de la linguistique c'est la « langue », « produit social de la faculté du langage et ensemble de con-

ventions nécessaires adoptées par le corps social pour permettre l'exercice de cette faculté chez les individus ». La langue doit être distinguée de la « parole » qui relève d'un « acte individuel de volonté et d'intelligence dans lequel il convient de distinguer : les combinaisons par lesquelles le sujet parlant utilise le code de la langue en vue d'exprimer sa pensée personnelle ; le mécanisme psycho-physique qui lui permet d'extérioriser ces combinaisons ». La langue, nouvel objet de la linguistique, peut être abordée de deux points de vue : synchronique « science des états de langue » et diachronique « ce qui a trait aux évolutions, aux changements dans le temps ». Comme c'est l'état synchronique d'une langue qui forme un système, l'hégémonie de l'aspect historique est remise en question. L'unité du système est le signe linguistique, « union d'un signifiant (image acoustique de sa face phonique) et d'un signifié (concept renvoyant à des réalités non linguistiques) ». Ce signe linguistique doit sa spécificité à ses trois grandes caractéristiques : il est linéaire, arbitraire et discret. Mais si « la langue est un système de signes exprimant des idées [...] elle est seulement le plus important de ces systèmes. On peut donc concevoir une science qui étudie la vie des signes au sein de la vie sociale [...] ; elle formerait une partie de la psychologie sociale [...] nous la nommerons sémiologie [...] la linguistique n'est qu'une partie de cette science générale ». La tâche du linguiste est alors de « définir ce qui fait de la langue un système spécial dans l'ensemble des faits sémiologiques ». En réalité, l'étude de la langue servira de modèle aux autres approches sémiologiques qui vont se développer tout au long du XX^e siècle et encore actuellement (Mounin, 1970). Enfin, dernière dichotomie, qui va avoir des conséquences sur le choix des phénomènes linguistiques analysés et des méthodes utilisées : « la langue est une forme et non une substance » (Boé, 1997a et b). Contrairement à la plupart des autres sciences qui définissent leurs unités par des caractéristiques intrinsèques, « toutes les unités qui constituent le système de la langue sont des valeurs oppositives, qui ne fonctionnent qu'en se distinguant les unes des autres [...] Dans la langue il n'y a que des différences ». La linguistique trouve alors sa place dans le monde scientifique comme science de la forme.

Séparation de la phonologie et de la phonétique : du structuralisme à la théorie de l'optimalité

La séparation entre la phonétique et la phonologie est considérée comme acquise par une grande partie des phonologues qui vont se succéder de la phonologie structurale à la théorie de l'optimalité.

Structuralisme et fonctionnalisme européens

En Europe, la réflexion Saussurienne est amplifiée, dans le cadre du cercle de linguistique de Prague (1926). Elle conduit l'un de ses membres, Nicolas Troubetzkoy (1890-1939), dans ses « *Grundzüge der Phonologie* » (1939) à

fonder théoriquement et surtout méthodologiquement la grande séparation qui persiste actuellement entre la phonologie, domaine de la linguistique, et la phonétique, science connexe. La phonologie, « science des sons de la langue, utilisant des méthodes purement linguistiques, psychologiques ou sociologiques » est soigneusement distinguée de la phonétique qui, en tant que « science des sons de la parole, ayant affaire à des phénomènes physiques concrets, doit employer les méthodes des sciences naturelles ».

La phonologie va jouir d'un statut exceptionnel dans les recherches linguistiques du XX^e siècle (Laks et Rialland, 1993 ; Laks, 1997 et 2000) : avec la phonologie, la linguistique s'est vraiment constituée comme science du langage (Boltanski, 1999). C'est aussi dans le domaine phonologique que les grandes options théoriques et les méthodes de la linguistique se verront continuellement mises à l'épreuve (Dell et coll., 1984). Il faut bien reconnaître, cependant, que la phonologie a emprunté une voie qui avait été soigneusement balisée par les connaissances accumulées en phonétique pendant plus de deux mille ans. Toujours dans la perspective fonctionnaliste de Nicolas Troubetzkoy, la phonologie n'envisage principalement en fait de son que ce qui remplit une fonction distinctive dans la langue. Les oppositions phoniques qui, dans une langue donnée peuvent différencier les significations intellectuelles de deux mots, sont appelées oppositions phonologiques (ou oppositions distinctives). Ce sont elles qui permettent de définir l'unité phonologique minimale, le phonème, qui « entre au moins dans une opposition phonologique et qui peut, dans une langue donnée, différencier des significations intellectuelles ». Mais le phonème est-il vraiment l'unité minimale dans la mesure où il est constitué lui-même de traits distinctifs ? Pour Troubetzkoy, le phonème est bien l'unité phonologique minimale qui, « du point de vue d'une langue donnée, ne se laisse pas analyser en unités plus petites et successives ». Ce qui aboutira à la définition du phonème d'un autre grand représentant du Cercle de Linguistique de Prague, Roman Jakobson : « un faisceau de traits distinctifs qui se réalisent simultanément » (et non successivement). Troubetzkoy a apporté à la rigueur théorique de Ferdinand de Saussure un complément méthodologique tout aussi rigoureux pour identifier les phonèmes, invariants, en les distinguant des variantes combinatoires (conditionnées par l'environnement phonique) et des variantes facultatives (en particulier stylistiques à valeur émotionnelle ou sociale). Le classement des phonèmes est tout aussi rigoureux : oppositions privatives, graduelles, équipollentes. À partir des oppositions privatives, il va définir la notion de marque (qui est centrale dans la phonologie déclarative actuelle). La marque « est une particularité phonique dont l'existence ou la non-existence, dans une unité donnée, l'oppose aux unités de même nature de la langue ». Par exemple, en français, le phonème /b/ s'oppose au phonème /p/ pour distinguer la signification des mots « pain » et « bain », par le trait de sonorité (ou de « voix »). Le phonème /b/ est marqué par rapport à /p/ non marqué. On peut mesurer, par cet exemple, toute la distance qui sépare l'analyse physiologique de la phonation, telle qu'elle n'a cessé de se développer

depuis le XVIII^e siècle, et l'expression, volontairement réduite, qu'elle reçoit (une sorte d'étiquette) dans la détermination des traits distinctifs relevant d'un raisonnement logique, fondé sur la fonction distinctive des unités phoniques dans les langues. Cependant, Troubetzkoy ne limite pas la phonologie à l'analyse des phonèmes des langues (en fait, la phonématique), comme le feront un grand nombre de phonologues, surtout dans la première moitié du XX^e siècle, mais il prend en compte aussi les phénomènes prosodiques. Ce qui l'entraîne à dépasser le cadre de l'unité significative minimale (le morphème) pour atteindre celui de la phrase. Il reprend alors l'analyse développée, dans le cadre du Cercle de Linguistique de Prague, par Karcevskij, « Sur la phonologie de la phrase », de 1931. Troubetzkoy, après avoir rappelé que « l'unité prosodique a toujours un rapport avec la syllabe », examine successivement « les particularités prosodiques servant à différencier la signification de groupes entiers de mots et de phrases. À cette fin servent les oppositions de variation tonique (ou intonation de phrase), le changement de registre, l'accentuation de phrase ou les pauses ». Après avoir rappelé combien nous sommes tributaires, dans le domaine des phénomènes intonatifs, de l'accumulation de faits qui ont été transmis de génération en génération par l'art de la déclamation, Troubetzkoy montre aussi toute la difficulté de leur utilisation. Dans la plupart des descriptions existantes de la « phonétique de la phrase », la fonction représentative n'a pas été isolée des autres fonctions expressives et d'appel (qui évoquent l'« *ethos* » et le « *pathos* » de la rhétorique grecque). C'est qu'en effet « ces descriptions étaient faites dans des buts pratiques et s'adressaient à des acteurs, des déclamateurs ou des orateurs pour lesquels cette distinction fonctionnelle n'avait pas de raison d'être ». En revanche, l'analyse phonologique des phénomènes prosodiques doit partir de « la signification abstraite » (donc isolée des affects). Ainsi, pour l'intonation de la phrase, l'opposition se fait entre intonation montante (à fonction de continuité) et descendante (à fonction conclusive) et il faut y ajouter aussi le comportement particulier de « l'intonation énumérative » (les intonations sont présentes dans les derniers mots, souvent avant une pause). À cela s'ajoutent les différences de registre pour distinguer une phrase interrogeant sur un jugement (intonation musicalement montante) distinguée de l'intonation de continuité, par un registre vocal plus haut. En revanche, l'abaissement de registre vocal au dessous du niveau habituel de la voix pourra signaler des éléments intercalés dans la phrase (mots ou propositions). Dans ces derniers cas, l'intonation est « plate ». Pour ce qui est de l'accent de phrase, il lui est demandé de différencier des phrases par la place de l'accent. Il va entraîner une réorganisation hiérarchique, les accents de mots étant subordonnés à l'accent de phrase (avec d'éventuels phénomènes d'emphase). Cet aspect « graduel » conduit Troubetzkoy à parler de « nuances de sens » (mais relativement maîtrisées pour qu'il y ait opposition). Enfin, le dernier phénomène prosodique pris en compte, les pauses de phrase, « particularités prosodiques du mode de liaison ». Elles peuvent avoir une valeur délimitative mais aussi distinctive avec l'opposition « avec pause/sans pause ».

Troubetzkoy est très conscient de la différence qui demeure, dans le cadre de l'analyse phonologique qu'il propose, entre les phonèmes (et les particularités prosodiques qui leur sont assimilées et qui servent à distinguer des mots dans les langues à tons) et les procédés prosodiques distinguant des phrases. Pour les phonèmes, il s'agit de « parties de signes linguistiques » (éléments du signifiant du signe). En revanche, les procédés distinguant des phrases sont des signes indépendants, avec signifiant, par exemple l'intonation montante de continuité, et un signifié : « la phrase n'est pas achevée ».

Le programme de la phonologie pragoise, tel qu'il est synthétisé par Troubetzkoy, privilégie, tant dans le domaine phonématique que prosodique, « la représentation de choses, objet de l'entretien », la signification abstraite isolée par le phonologue. Or, ce n'est qu'une des faces de toute manifestation parlée qui en présente deux autres : la présentation ou expression du sujet parlant, ayant pour but de le caractériser, et l'appel, visant à produire une impression sur l'auditeur. Cette analyse des trois fonctions du langage est due à Karl Buhler, avec ses deux textes fondateurs de 1934, « *Axiomatik der Sprachwissenschaft et Sprachtheorie* ». C'est, d'abord, Julius Laziczus, dans « *Problem der Phonologie* », un autre membre du Cercle Linguistique de Prague, qui insiste sur la nécessité, pour la phonologie, de prendre en compte les fonctions expressive et appellative. La position est reprise par Troubetzkoy, toujours dans les « *Principes de Phonologie* », mais en séparant, selon l'héritage saussurien, les faits qui relèvent de la parole et de la langue (ces derniers étant les seuls analysables par la phonologie). Pour cela, une nouvelle séparation est proposée, seulement dans le cas des fonctions expressive et appellative. Il conviendra de bien distinguer les symptômes (qui correspondent aux indices de Pierce), comme par exemple le timbre de la voix d'un individu particulier, différence naturelle, qui ne relève pas de l'analyse phonologique. En revanche, lorsque la personne parle et influence émotionnellement l'auditoire, selon des normes bien déterminées, conventionnelles et propres à une langue particulière, la phonologie doit en tenir compte.

Les procédés phonologiques expressifs jouent un rôle essentiel pour définir la structure interne d'une communauté linguistique et la différencier des autres communautés. Ces différences sont marquées dans la prononciation : structure provinciale, professionnelle ou culturelle, parler des villes ou des campagnes (ou, actuellement, des banlieues), façon de s'exprimer des gens de haute culture ou des peu lettrés, prononciation mondaine (éventuellement, snobs et dandys). Tous ces procédés expressifs conventionnels n'indiquent pas ce que le sujet est en réalité mais ce qu'il veut paraître (intentionnellement) à un instant donné. Ce type d'analyse est applicable à la prononciation de l'enseignant en classe. Dans ce cas aussi, les procédés expressifs qui servent à caractériser un groupe de sujets parlants, comme les enseignants, formeraient alors un système et l'ensemble constituerait le style expressif de ce groupe. La généralisation à tous les enseignants d'un seul style expressif (à finalité pédagogique) semble difficile. Il paraît plus probable que des styles

différents seront utilisés selon le niveau d'enseignement, au moins, si ce n'est la nature particulière du groupe que constitue chaque classe. N'étant pas attaché à une personne particulière, le style expressif peut être modifié sur demande en fonction du contenu de la conversation ou de la nature de l'auditoire mais conformément aux usages en vigueur dans la communauté linguistique. En effet, certains « équivalents phoniques » sont stigmatisés et rejetés socialement parce qu'ils ne font pas « distingués ». Ceci anticipe les analyses sociologiques de Pierre Bourdieu (1930-2002) sur « La distinction, critique sociale du jugement » (1979). Les systèmes phonologiques dialectaux, pour une même langue, conservent eux-mêmes des différences expressives. Il en est ainsi, par exemple, de la provençalisation différente des parlers méridionaux du Sud-est de la France en fonction des générations.

Les procédés phonologiques d'appel ou de déclenchement visent à provoquer des sentiments chez l'auditeur (même si le locuteur dit ressentir lui-même cette émotion). Là encore, tout ce qui relève des expressions naturelles est à exclure de l'analyse phonologique : par exemple, bégayer sous l'effet de l'angoisse, interrompre son discours par des sanglots, sont des indices d'une forte émotion, ce sont des expressions affectives spontanées (comme la peur). En revanche, allonger la durée d'une voyelle pour faire partager son enthousiasme relève de la phonologie d'appel dans la mesure où cet allongement est destiné à provoquer un sentiment d'admiration chez l'auditeur. Les phénomènes intonatifs, reconnus avec leur valeur par l'auditeur, jouent un rôle déterminant dans ces fonctions d'appel. Mais, là encore, des intonations extra-linguistiques peuvent aussi provoquer des émotions. De plus, des structures intonatives peuvent avoir une même signification dans des langues du monde très éloignées. D'où la question non résolue de leur éventuelle universalité. Comment, dans ce cas, caractériser les procédés d'appel pour une langue donnée ? Il faut les mettre en rapport avec le déclenchement d'une émotion déterminée dans une situation particulière mais il reste difficile d'établir une typologie des manifestations émotionnelles de la voix. Troubetzkoy propose, comme point de départ de l'analyse des procédés appellatifs, d'établir des marques conventionnelles qui permettraient de distinguer « un discours nuancé d'émotion d'un discours calme et neutre au point de vue émotionnel » (ce qui n'est pas si facile : un discours même « calme et neutre » peut exprimer une « rage rentrée » !). Certaines formes d'accent ou d'emphase (accent d'insistance) peuvent être considérées comme des procédés phonologiques d'appel en français.

Ces trois fonctions sont liées et intimement unies dans un acte de parole. Cependant, l'auditeur paraît capable d'analyser ce système complexe en ses parties constitutives. Mais Troubetzkoy reconnaît, lui-même, qu'il est plus facile pour le phonologue d'abstraire des phénomènes que de distinguer entre procédés expressifs et appellatifs. Comme il existe une grande disproportion entre la phonologie représentative, qui regroupe un grand nombre de faits, et les phonologies expressive et appellative, qui ne concernent

qu'un nombre plus restreint de caractéristiques, Troubetzkoy propose de réserver le nom de phonologie à l'étude de la fonction représentative et de regrouper sous le terme de phonostylistique les procédés phoniques d'expression et d'appel. La phonostylistique est alors subdivisée en stylistique expressive et stylistique appellative, elles-mêmes différenciées, chacune à nouveau, en stylistique phonétique et stylistique phonologique. L'analyse phonologique complète d'une langue comporte à la fois la phonologie et la stylistique phonologique. Les autres faits sont alors reversés et analysés en stylistique expressive et appellative phonétiques. C'est dans ces différents domaines que s'illustreront Pierre Léon, au Canada (« Traité de phonostylistique ») et Ivan Fonagy, en France (« La vive voix »).

Cette proposition de Troubetzkoy, relevant d'une méthodologie rigoureuse, demeure l'un des plus grands efforts pour prendre en compte, dans un cadre de référence fonctionnaliste, des faits qui relèvent des fonctions expressive et appellative et non plus seulement de la fonction distinctive. Par comparaison avec l'expérience accumulée et transmise de la rhétorique, en tant qu'« art de la déclamation », le point de vue peut paraître réducteur. Mais il est légitimé par les nécessités méthodologiques d'une réflexion orientée vers une analyse phonologique plurifonctionnelle et non pas vers une action dont l'efficacité est ciblée. La phonologie pragoise fournit la présentation la plus synthétique pour prendre en compte la voix parlée, de manière fonctionnelle, en attribuant un rôle essentiel à l'intonation des langues dans ses fonctions à la fois intellectuelles et affectives. Un autre tenant du Cercle de Prague, Roman Jakobson (1896-1982), mais influencé alors par la théorie de l'information, propose, dans un article de 1960, d'ajouter trois nouvelles fonctions à celles déjà existantes : les fonctions phatique (maintien du contact entre interlocuteurs), métalinguistique (centrée sur le code) et poétique (consacrée au message linguistique en tant que tel). Roman Jakobson, qui sera un « grand passeur » de la linguistique, développe aussi, dans la période qui suit immédiatement, une analyse souvent reprise en pathologie du langage (les textes ont été écrits entre 1939 et 1941) sur « Le langage enfantin et l'aphasie ».

En phonologie proprement dite, cette porte entrebâillée par la phonologie pragoise va se refermer avec l'orientation de plus en plus intellectualiste de la phonologie. Celle-ci va se consacrer plutôt, pour ce qui est des phénomènes prosodiques, à l'analyse des tons (à fonction distinctive), aux oppositions de durée (voyelles longues et brèves), aux différents types d'accents mais moins aux phénomènes intonatifs. L'une des propositions faites par Troubetzkoy de réserver à un domaine particulier, la morphophonologie, l'étude de l'emploi des moyens phonologiques d'une langue en morphologie et qui, de ce fait, a sa place dans la grammaire, sera largement reprise par le structuralisme américain.

Un nouveau durcissement théorique est la glossématique. Sur le modèle du Cercle de Linguistique de Prague, Louis Hjelmslev (1899-1965) crée, avec l'aide de Viggo Brondāl (1887-1942), le Cercle de Linguistique de Copenhague.

Il édite, en 1938, «*Acta Linguistica*», une revue internationale de linguistique structurale qui peut être considérée comme le grand départ du structuralisme européen. En 1943, paraît son ouvrage majeur, traduit en français en 1968 sous le titre : «*Prolégomènes à une théorie du langage*». Hjelmslev se présente comme le continuateur le plus orthodoxe de la pensée de Ferdinand de Saussure. La glossématique, qu'il crée en 1936, se réclame du principe d'immanence, «*étude de la langue en elle-même et pour elle-même*». Hjelmslev distingue deux plans de référence de la langue, celui de l'expression et celui du contenu (qu'il analyse aussi en traits distinctifs de signification, selon le modèle phonologique, en fonction du principe d'isomorphisme des deux plans de référence, expression et contenu). C'est aussi la théorie structuraliste qui est allée le plus loin dans la conception de la langue comme une forme et non comme une substance, en se fondant sur une axiomatisation où les définitions de base et les principes sont explicités (en particulier, la commutation pour isoler les phonèmes). Hjelmslev aboutit ainsi à une sorte d'algèbre pour formaliser l'analyse de toutes les langues, modèle de rigueur, mais qui, par sa volonté de rejet de la substance (en l'occurrence phonique), apparaît particulièrement désincarnée. Épistémologiquement, cette tentative est celle qui est allée le plus loin pour faire de la linguistique une science de la forme.

Retour au fonctionnalisme et les conséquences de la « double articulation » du langage

Fonctionnaliste, dans la lignée de Troubetzkoy mais en tenant compte de l'apport de Hjelmslev, André Martinet (1908-1999) va compléter l'analyse des phonèmes d'une langue dans leur état actuel par l'étude des phénomènes historiques selon une phonologie diachronique («*L'économie des changements phonétiques*» paraît en 1955). L'évolution des langues est considérée comme une synthèse de forces conflictuelles provenant des besoins de la communication, de l'inertie des organes de la parole et de la tendance à l'économie dans l'effort articulatoire (et éventuellement mémoriel). Avec les «*Éléments de linguistique générale*», de 1960, Martinet va diffuser la notion de double articulation comme caractéristique spécifique du langage humain. Celui-ci est constitué, d'abord, d'unités douées d'une forme vocale et d'un sens : première articulation, en morphèmes. La forme vocale de ces unités de sens est analysable elle-même en une succession d'unités phoniques distinctives, les phonèmes (deuxième articulation) qui concourent à différencier la signification des unités de première articulation mais qui n'ont pas de sens par eux-mêmes. Les phonèmes sont classés sur la base de traits distinctifs, le terme étant pris au pied de la lettre, les traits ne sont plus que de simples étiquettes différenciatrices. André Martinet met en pratique ses procédures de découverte des phonèmes en utilisant des questionnaires élaborés selon la technique des paires minimales (quasi homophones se distinguant par une réalisation phonique différente). Dès 1941, il entreprend, dans un camp de prisonniers français, une enquête phonologique dont les

résultats sont publiés dans « La prononciation du français contemporain », en 1945. La même année paraît la « Description phonologique du parler franco-provençal d'Hauteville » (Savoie). L'accent est mis sur le système phonématique et son organisation pour une langue particulière, les traits distinctifs étant déterminés de manière *ad hoc* pour chaque système. André Martinet accorde une place prépondérante à la phonématique et « marginalise » l'analyse des phénomènes intonatifs qui n'entrent pas dans le cadre de la double articulation, en particulier, en raison de leur caractère continu (donc en violation du caractère nécessairement discret, discontinu, du signe linguistique depuis Saussure). La modification continue de la courbe mélodique, en fonction des degrés d'élévation ou d'abaissement de la voix, entraîne une modification parallèle et proportionnelle du sens de l'énoncé. L'intonation est alors considérée comme une série de mouvements des cordes vocales conditionnés physiologiquement et utilisés à des fins significatives et non pas distinctives mais à forte valeur expressive. Seules les variations tonales, présentes dans les langues à tons, continuent d'appartenir de plein droit à la phonologie. Toujours selon André Martinet, même si la différence de hauteur porte sur un seul mot dans les deux cas, pour l'intonation c'est la totalité d'un segment d'énoncé qui est affectée (d'où le terme de suprasegmental qui sera utilisé pour caractériser les phénomènes intonatifs). Cette position, dominante en France, aura pour effet d'écarter les linguistes français des recherches en phonologie prosodique pendant une bonne partie du XX^e siècle.

Précurseurs de la phonologie prosodique : l'École de Londres

Les linguistes-phonéticiens anglais (Abercrombie, 1965) vont mettre à profit l'existence, à Londres, de la « *School of Oriental and African Studies* » pour développer une phonologie prosodique forte de cette expérience d'analyse des langues à tons. Daniel Jones (1881-1967) assure la transition. Il a été co-responsable de la mise au point de l'Alphabet Phonétique International et à l'origine du classement des timbres vocaliques des langues du monde à partir de voyelles cardinales. Auteur d'un ouvrage sur le phonème, qu'il considère comme « une famille de sons », il poursuit la vieille tradition anglaise des études d'intonation « à l'oreille ». On lui doit, ainsi qu'à ses élèves, des études intonatives à partir d'une analyse perceptuelle, tant pour l'anglais que le français. Mais c'est surtout Firth (1890-1960) qui apporte une contribution novatrice à la phonologie prosodique. Pour lui, le terme suprasegmental peut tout aussi bien s'appliquer au domaine phonématique, comme en témoignent les phénomènes de nasalisation, de palatalisation, de glottalisation ou de rétroflexion. On peut alors parler de phonèmes suprasegmentaux. Il s'agit d'une des premières tentatives, faites en phonologie, pour s'affranchir de l'unilinéarité. Firth démontre la nécessité de considérer la prosodie non seulement au niveau de la syllabe mais aussi du mot et de la phrase. De même, la phonologie doit être mise en rapport avec la morphologie et la syntaxe (« *Sounds and Prosodies* »).

Structuralisme américain

À la fin du XIX^e siècle, l'américain Whitney, considérant la langue comme un fait social, avait marqué la rupture, qui sera effective des deux côtés de l'Atlantique, avec la conception de la linguistique comme science naturelle de Schleicher. Son influence sur Ferdinand de Saussure est reconnue, mais elle va se faire aussi, aux États-Unis, sur les linguistes du XX^e siècle.

La linguistique américaine se caractérise, d'abord, par ses racines anthropologiques avec un intérêt particulier porté aux cultures et aux langues amérindiennes. Dans la tradition initiée par Franz Boas (1858-1942), Edward Sapir (1884-1939) va se consacrer à la description des langues amérindiennes. Dans son ouvrage essentiel, «*Language : an Introduction to the Study of Speech* » (1921), il présente la notion de *sound patterns*, il se rapproche du concept de phonème mais aussi de forme et il montre combien forme et fonction sont intriquées dans le langage. Mais la linguistique va ensuite se développer de manière plus spécifique, aux États-Unis, sans qu'il n'y ait, sur le plan théorique, remise en cause des principes du structuralisme européen.

Anti-mentalisme de Léonard Bloomfield (1887-1949)

Impliqué, lui aussi, dans des recherches sur les langues amérindiennes (l'algonquin, le ménomini, entre autres), Léonard Bloomfield publie une première version de son ouvrage fondamental, «*Language. Introduction to the Study of Language* », en 1914, alors qu'il est encore sous l'influence de la psychologie de Wundt. Il en publie, en 1933, une nouvelle version, «*Language* », avec un revirement complet : il y défend des thèses anti-mentalistes relevant d'un positivisme poussé à l'extrême (jusqu'au physicalisme). Pour lui, les signaux linguistiques n'ont rien à voir ni avec la physiologie ni avec la neurologie. Son anti-mentalisme le pousse à adhérer aux thèses du behaviorisme qui va dominer, aux États-Unis, jusqu'au milieu du XX^e siècle avec Watson (1878-1958) et surtout Skinner (1904-1990). Le behaviorisme est fondé sur l'étude des comportements extérieurs des êtres humains, que l'on peut enregistrer et mesurer, et de la relation stimulus-réponse. Cette influence conduit Bloomfield à réduire au maximum le recours au sens, principalement en phonologie, l'établissement de la signification étant, pour lui, le point faible de l'analyse linguistique. Les phonèmes sont isolés par commutation et, s'il les oppose par leurs traits distinctifs (pour lesquels il faut faire intervenir la signification), Bloomfield a recours à la distribution de manière privilégiée, en valorisant l'étude de l'environnement dans les procédures de découverte des phonèmes. Léonard Bloomfield va former la plupart des grands linguistes américains. Deux ouvrages fondamentaux diffusent aux États-Unis les principes de l'analyse structurale : «*Outline of Linguistics* », de Bloch et Trager (1942) et le «*Manual of Phonology* » (1955) de Charles Hockett (1914-2000).

Distributionnalisme de Harris

Poursuivant, d'abord, la tradition bloomfieldienne, Harris (1909-1992) évolue vers une orientation encore plus formelle de l'analyse phonologique. Elle est fondée sur l'inventaire des environnements dans lesquels apparaissent les morphèmes et les phonèmes, l'ensemble constituant leur distribution. La différenciation des unités phoniques par le sens a une valeur heuristique commode mais elle manque de rigueur. Il faut donc, dans la mesure du possible, définir le phonème à partir de ses localisations spécifiques dans tout l'énoncé, en évitant, au maximum, de recourir au sens. La description des phénomènes d'une langue s'appuie sur leur aptitude à s'associer entre eux. Elle prend comme point de départ un ensemble de données qui constituent un échantillon représentatif de la langue, le corpus. Les principes de l'analyse distributionnelle sont présentés dans « *Methods in Structural Linguistics* » (Harris, 1951). Cette analyse formelle, immanente, porte sur une langue détachée du maximum d'influences extérieures. Conscient des limites atteintes par l'analyse distributionnelle, Harris va la compléter en adoptant un nouveau point de vue, transformationnel (le concept de transformation adopté par lui, en 1952, sera précisé à partir de 1954). Il lui permet de dériver une construction syntaxique d'une autre construction en utilisant des règles (principe des grammaires transformationnelles). Mais, plus encore, l'apport de Harris sera réévalué en prenant en compte ses travaux sur l'analyse du discours (à partir de 1952, aussi). Il préconise d'étendre l'analyse linguistique au-delà des limites, qui avaient paru infranchissables jusqu'alors, de la phrase (Harris, 1963).

Matrice universelle de traits distinctifs à fondement acoustique (dans une phonologie pragoise)

Roman Jakobson, qui avait joué un rôle prédominant dans les travaux du Cercle de Linguistique de Prague, s'exile aux États-Unis au moment de la seconde guerre mondiale, en 1941. Avec l'aide d'un ingénieur, Gunnar Fant, et d'un phonologue, Morris Halle, il élabore une matrice universelle de traits distinctifs à fondement acoustique (tout en restant attaché aux autres principes de la phonologie pragoise). L'ouvrage qui résulte de cette collaboration, « *Preliminaries to Speech Analysis: the Distinctive Features and their Correlates* », paraît, à Cambridge (Massachusetts), en 1951, avec une édition revue corrigée et augmentée, en 1963. Les traits configurationnels (culminatifs et démarcatifs) ne sont pas envisagés ni les traits expressifs. Parmi les traits distinctifs, les traits prosodiques sont rappelés (ils concernent le ton, la force, la quantité) mais les auteurs limitent leur présentation aux traits intrinsèques (qui ne sont pas définis par rapport à la syllabe). Ce sont les composants ultimes du langage, par rapport auxquels chaque langue particulière se définit par un choix spécifique. Leur identification est faite à partir de composants du signal acoustique de parole analysé spectralement. Les pré-requis articulatoires sont rappelés pour faciliter leur utilisation. Il s'agit, pour Roman Jakobson, comme il l'a rappelé souvent, de dresser une sorte de

tableau de Mendeleïev des éléments phoniques universels du langage. Les traits sont présentés selon douze oppositions binaires (présence ou absence du trait dans chaque opposition). Comme le signal acoustique de parole, en sortie de la cavité buccale, résulte de l'influence combinée d'une fonction de source et d'une fonction de transfert (phénomène de résonance) le total des douze traits est réparti en deux groupes : six traits de source (fondamentale, secondaire et supplémentaire – dans ce dernier cas pour le voisement) et six traits de résonance, cinq pour le résonateur de base et un en ajoutant le résonateur nasal. Dans le chapitre « phonologie » des « Essais de linguistique générale » (1963), Roman Jakobson regroupe différemment les traits intrinsèques en neuf traits de sonorité et trois de tonalité (les traits de grave, bémolisé, diésé, de nature plutôt auditive malgré leurs corrélats acoustiques et articulatoires). Il s'agit d'une élaboration provisoire, d'un projet, selon les auteurs, qui devra être confrontée à l'analyse phonologique d'un grand nombre de langues pour être éventuellement validée ou complétée. En réalité, à part quelques tentatives isolées, cette recherche ne sera pas poursuivie sur cette base physique, acoustique, selon des arguments de disponibilité du matériel d'analyse acoustique (qui sont en passe de devenir caducs avec la diffusion actuelle des éditeurs de signal sur les ordinateurs personnels...). En revanche, l'idée d'une matrice universelle de traits distinctifs va être reprise, d'abord, aux États-Unis pour se diffuser, ensuite, plus largement dans les recherches phonologiques mondiales.

Pendant une grande partie du XX^e siècle, le structuralisme, surtout en Europe, va s'étendre à d'autres domaines : l'ethnologie (Lévi-Strauss), la psychanalyse (avec Lacan) (Arrivé, 1994), l'épistémologie (Foucault), le marxisme (Althusser) ou la critique littéraire (Barthes), tous réunis autour de la notion de langage. Pour répondre à la question : « À quoi reconnaît-on le structuralisme ? », Gilles Deleuze (1973) établit un certain nombre de critères formels de reconnaissance des structuralistes et, parmi ceux-ci, le premier qu'il énonce ainsi : « le refus de confondre le symbolique avec l'imaginaire autant qu'avec le réel. Là encore tout a commencé avec la linguistique : au-delà du mot dans sa réalité et ses parties sonores, au-delà des images et des concepts associés aux mots, le linguiste structuraliste découvre un élément d'une tout autre nature, objet structural » (de l'ordre du symbolique).

Générativisme en linguistique

C'est en Amérique que va se produire un renouvellement théorique qui va marquer la seconde partie du XX^e siècle et dont les effets continuent à se manifester dans la recherche mondiale actuelle. Il est dû à un américain, Noam Chomsky, né en 1928. De formation bloomfieldienne mais aussi élève de Harris, il va être également influencé par Jakobson. À partir de 1955, Chomsky enseigne au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Il y travaille dans un contexte scientifique pluridisciplinaire marqué par la théorie

de l'information, la cybernétique et la traduction automatique et où se développent des recherches logiques et mathématiques.

Grammaire générative transformationnelle

La théorie linguistique de Noam Chomsky, présentée dès 1957, dans « *Syntactic Structures* », va évoluer continuellement jusqu'à la dernière décennie du XX^e siècle. Mais Chomsky reste fidèle à un certain nombre de principes qui lui ont permis de définir une nouvelle orientation de la linguistique : la grammaire générative. Cette théorie originale, qui ne remet pas en question l'autonomie de la linguistique, s'appuie sur des réflexions philosophiques et psychologiques (elle se présente comme apparentée à la psychologie cognitive). La rupture épistémologique est légitimée par une critique argumentée de la linguistique structurale. Il lui est reproché de s'être fondée surtout sur l'expérience et d'avoir été descriptive, préoccupée essentiellement de classer des faits, donc d'être taxinomique. D'autre part, s'étant consacrée à l'étude des langues particulières, ses possibilités de généralisation, de nature inductive, restent limitées. Pour Chomsky, la théorie linguistique doit être une construction hypothético-déductive, démontrable (au sens mathématique du terme) et vérifiable. Sa validation doit faire intervenir un critère de simplicité. Il faut donc dépasser le stade classificatoire pour élaborer des modèles et ne pas se contenter de constater les phénomènes linguistiques mais leur fournir une explication, par exemple en engendrant une forme linguistique par application d'une suite ordonnée de règles. En effet, la théorie linguistique de Chomsky a, comme noyau central, une grammaire, un ensemble de règles grammaticales qui permettent de générer les phrases d'une langue. Mais, étant donné l'existence possible de plusieurs grammaires, le linguiste doit se donner les moyens de choisir la grammaire adéquate, donc disposer de procédures d'évaluation. Ce qui conduit Chomsky à une nouvelle critique de la linguistique structurale : elle a été trop engagée dans la recherche de procédures de découverte des unités linguistiques et pas assez préoccupée des procédures d'évaluation. Ainsi, pour distinguer ce qui est grammatical dans une langue, il faut faire appel aux intuitions et aux jugements des locuteurs natifs de la langue étudiée, afin d'éliminer les formes agrammaticales et reconnaître les phrases équivalentes ou ambiguës. Enfin, dernière critique de poids, les structuralistes ont exagéré la différence entre les langues humaines en mettant l'accent sur leur diversité. Pour Chomsky, le point de vue doit être totalement différent et il rejoint, en cela, Jakobson. Les unités linguistiques sont universelles, non pas dans le sens où elles sont forcément présentes dans toutes les langues connues du monde, mais parce qu'on peut les définir indépendamment de leur occurrence dans une langue particulière et les identifier d'après leur définition dans la théorie générale, lorsqu'elles apparaissent dans une langue déterminée. C'est le cas, en phonologie, pour les traits distinctifs qui ne sont pas tous représentés, en même temps, dans les langues du monde mais chaque langue a fait son choix dans un ensemble de traits universels. Cette universalité ne se limite pas à des

éléments phonologiques, syntaxiques ou sémantiques, les universaux substantiels de la théorie linguistique, mais elle englobe aussi des universaux formels, des principes généraux qui déterminent la forme des règles et leur mode de fonctionnement dans les grammaires des différentes langues. La théorie linguistique doit être assez générale pour s'appliquer à chaque langue naturelle mais pas trop pour conserver sa spécificité et éviter qu'elle ne s'applique à n'importe quel moyen de communication.

Pourquoi cette ressemblance structurelle entre les langues ? Proviendrait-elle d'une origine commune ? Selon Chomsky, en l'état actuel de nos connaissances linguistiques, il n'est pas possible de se prononcer sur ce point. Tous les êtres humains sont génétiquement doués d'une faculté de langage, spécifique, et c'est cette faculté qui détermine des traits universels. Toutes les langues ont atteint le même degré de complexité dans leur organisation et l'enfant qui vient au monde n'est pas prédestiné à acquérir une langue plutôt qu'une autre mais dispose de principes universels qu'il utilise pour analyser les énoncés qu'il entend. La rupture épistémologique avec la linguistique structurale conduit Chomsky à se chercher un enracinement historique dans les périodes précédentes. Dans son ouvrage, « *Cartesian Linguistics : a Chapter in the History of Rationalist Thought* » (1966), il rapproche son point de vue philosophique sur le langage du rationalisme cartésien et son universalisme de celui de la grammaire de Port-Royal (entre autres). Cet éloge du rationalisme comporte aussi une critique sous-jacente de l'empirisme. Or, c'est justement la doctrine empiriste qui influence, en psychologie, le behaviorisme. Celui-ci est attaqué par Chomsky, dès 1959, dans un compte-rendu consacré à « *Verbal Behavior* » de Skinner. Pour les behavioristes, les connaissances et les croyances de l'homme, ce qui organise sa pensée et rend possibles ses actions, s'expliqueraient en termes d'habitudes acquises par conditionnement (en extrapolant à l'homme les résultats obtenus à partir de l'observation des comportements animaux). Pour Chomsky, les êtres humains sont dotés de facultés spécifiques (existence d'une « nature humaine ») pour l'acquisition des connaissances et ils disposent du libre arbitre. La structure du langage, propre à l'homme, est déterminée par la structure de l'esprit humain et l'universalité de ses propriétés caractéristiques communes à toute l'espèce quelles que soient les différences individuelles entre les hommes. La propriété essentielle du langage, qui le distingue fondamentalement de la communication animale, c'est la créativité. Tout locuteur natif d'une langue est capable de produire et de comprendre un nombre infiniment grand de phrases qu'il n'a jamais entendues auparavant et qu'il n'a pas encore prononcées. Comment cette capacité se met-elle en place chez l'enfant ? Celui-ci naît avec la connaissance des principes de la grammaire universelle et la prédisposition à les utiliser pour analyser les énoncés qu'il entend et qui constituent sa langue. Il y a donc une connaissance innée chez l'enfant des principes universels qui sont représentés dans la structure et le mode de fonctionnement du cerveau : ce sont des idées innées. Ce nativisme chomskyen et le fait qu'il parle d'organe mental du langage vont donner lieu aux

recherches du cognitivisme et influencer le développement des modèles modulaires du fonctionnement du cerveau (Fodor, «*Modularity of Mind*», 1983).

Pour Chomsky, la théorie de la grammaire générative doit refléter cette créativité. En effet, pour lui, la « grammaire », référence essentielle d'une langue, comporte un composant primordial, la syntaxe, chargé d'engendrer (d'où le terme de « génératif »), par un processus formel, les combinaisons de morphèmes jugées acceptables dans cette langue. La sémantique et la phonologie « interprètent » ce composant : elles convertissent les suites de morphèmes engendrées par la syntaxe en une représentation sémantique, pour la première, et phonétique, pour la seconde.

La grammaire engendre, à partir d'un système fini de règles explicites et ordonnées, l'ensemble infini des phrases correctes d'une langue et seulement celles-là. Ce système de règles est intériorisé par les sujets parlants dont il constitue le savoir linguistique grâce auquel ils sont capables de comprendre et de prononcer un nombre infiniment grand de phrases. La « compétence » permet donc à un sujet donné de bâtir, de reconnaître, de comprendre les phrases grammaticales de sa langue, d'écarter celles qui sont agrammaticales, mais aussi d'en produire de nouvelles et même d'interpréter des phrases ambiguës (du type « Cunégonde aime mieux Archibald que Clarisse »). La « compétence », qui renvoie à un « sujet idéal », est distinguée de la « performance », réalisation concrète, matérialisation du système de la langue dans les actes de parole, avec toutes les variations individuelles des locuteurs. Tout en évoquant la différence entre langue et parole de Saussure, cette distinction ne s'y réduit pas. Les formes phoniques de la performance se trouvent « en sortie » d'un ensemble de processus et non pas totalement mises à part. Leur analyse spécifique n'est pas prioritaire pour les linguistes qui s'intéressent d'abord à la compétence. La performance fait l'objet d'études, non pas forcément des seules sciences naturelles mais de la psycholinguistique (modèles de performance de l'émetteur ou du récepteur) et de la sociolinguistique (pour déterminer la variation due à des facteurs sociaux)... Alors que la performance a trait à des données accessibles à l'observation, la compétence apparaît plutôt comme une abstraction et une idéalisation de ces données, comme une « créativité gouvernée par des règles ». Mais un dernier point a été laissé de côté, celui de la résolution des ambiguïtés. Toute phrase comporte deux structures : une structure de surface et une structure profonde. La première concerne l'organisation syntaxique de la phrase telle qu'elle se présente ; elle est ensuite soumise à la composante phonologique et phonétique pour être concrètement réalisée. La structure profonde rassemble des propositions élémentaires définies et organisées de manière plus abstraite. C'est sur la structure profonde de la phrase que vont s'exercer les transformations, opérations formelles, pour passer à la structure de surface. Ainsi, la phrase ambiguë (quant à sa signification) « Cunégonde aime mieux Archibald que Clarisse » : pour une même structure de surface il

sera nécessaire de renvoyer à deux structures profondes (et ainsi savoir enfin qui aime mieux qui...).

La grammaire générative chomskyenne évolue continuellement, en accord avec sa conception hypothético-déductive. Cette évolution est jalonnée par la publication d'ouvrages donnant l'état successif des modèles élaborés : «*Syntactic Structures* » (1957) et «*Aspects of the Theory of Syntax* » (1965) définissent le modèle standard. En 1970, apparaît le modèle standard étendu avec la théorie « X-barre », présentée dans «*Remarks on Nominalization* » et, en 1975, «*Reflections on Language* » (est développée l'idée de construction endocentrique et de tête). La théorie des traces est exposée, en 1977, dans «*Essays on Form and Interpretation* ». On assiste à un rôle de plus en plus grand des structures de surface dans l'interprétation sémantique et à une réduction des transformations qui tendent à se réaliser sous la forme de déplacements (« déplacer-a »). La théorie du gouvernement et du liage est exposée, en 1981, dans «*Lectures on Government and Binding et Some Concepts and Consequences of the Theory of Government and Binding* » (1982). La grammaire s'universalise de plus en plus. Elle est présentée comme un ensemble de modules. Les principes généraux universels réduisent le recours aux règles.

La comparaison des langues n'intervient que pour conforter la théorie universelle, les aspects particuliers des langues étant renvoyés à des sous-théories spécifiques (relation principes-paramètres). Dans la version la plus récente, la théorie minimaliste («*The Minimalist Program* », en 1995), la structure de surface est à nouveau enrichie, en structure profonde, des éléments abstraits catégoriels qui peuvent se manifester en surface dans certaines langues et pas dans d'autres. La transformation déplacer-a est soumise à des lois d'économie pour limiter les opérations possibles (d'où le nom de minimalisme).

Grammaires génératives dissidentes : les grammaires d'unification

Elles sont apparues en Amérique et en Angleterre vers la fin des années 1970 (pour les références historiques, on se reportera aux articles de Abeillé et en particulier celui intitulé « Grammaires génératives et grammaires d'unification » paru dans «*Langages* » en 1998). Elles se présentent comme dissidentes des grammaires génératives transformationnelles de type chomskyen mais elles poursuivent en fait un programme de « grammaire générative » au sens plein. Elles inspirent des travaux en phonologie (théorie de l'optimalité) et renouent des liens avec la linguistique descriptive. Elles sont très proches de la psycholinguistique et de la linguistique informatique.

Les grammaires d'unification se donnent comme tâche d'éliminer les transformations et de ne retenir que le niveau de surface comme représentation syntaxique. Les transformations sont remplacées par des contraintes statiques de bonne formation : c'est en ce sens que ces modèles sont appelés déclaratifs (et non procéduraux) et monotones (on ne peut qu'ajouter de

l'information). La notion de traits est explicitée en syntaxe et les opérations syntaxiques sont des opérations sur les traits. Des contraintes sur la structure des traits généralisent les combinaisons de traits possibles ou impossibles.

La grammaire reste un modèle de compétence langagière et se fonde sur l'introspection (jugement de grammaticalité) et, comme dans le cas de la grammaire générative chomskienne, un grand intérêt est accordé aux universaux langagiers.

Dans leur évolution récente, les grammaires d'unification ont complètement abandonné la notion de règles, spécifiquement linguistiques (syntaxiques et lexicales entre autres), remplacée par celle de contraintes. En ce qui concerne les phénomènes d'acquisition, elles font l'économie de l'innéisme et du dispositif spécifique à l'acquisition du langage : tant l'organe langagier que la faculté de langage. La langue étant un ensemble de contraintes hiérarchisées, son acquisition peut se ramener aux activités de catégorisation et de classification (telles que décrites par Piaget). Les contraintes, comparables de langue à langue, relèvent de dispositions cognitives générales.

Phonologies génératives

La phonologie suit le renouvellement théorique du générativisme, aux États-Unis et en Angleterre, et va se diffuser, un peu plus tardivement, en Europe. Par ses racines théoriques et sa méthodologie, la phonologie générative se distingue profondément de la phonologie structurale à laquelle elle emprunte, cependant, un certain nombre de concepts, dont certains en partie remaniés tels celui de « marque ».

Sound Pattern of English (SPE)

La rupture avec la phonologie pragoise est consommée avec la parution, en 1968, de « *Sound Pattern of English* », de Noam Chomsky et Morris Halle (ce dernier, déjà co-auteur des « *Preliminaries to Speech Analysis* » avec Roman Jakobson et Gunnar Fant). À ces auteurs, Chomsky emprunte le concept de matrice de traits universels binaires mais redéfinis de manière articulatoire. La phonologie, intégrée dans la grammaire générative et transformationnelle, se présente sous la forme d'un ensemble de règles de réécriture qui s'appliquent séquentiellement pour engendrer des formes de surface, prononçables, à partir de représentations sous-jacentes abstraites. À ces deux niveaux, les segments sont des ensembles de traits provenant du répertoire universel et auxquels s'appliquent des règles ordonnées. Segmentale, cette phonologie s'articule autour des notions clés du générativisme transformationaliste de dérivation, de règles et de linéarité, dans sa représentation séquentielle. La finalité de la phonologie générative de Chomsky et Halle est d'exprimer les régularités dans l'organisation des unités phoniques des langues et rejoint, ainsi, l'entreprise de modélisation de la compétence des sujets qui ont une connaissance implicite et inconsciente de ces mêmes régularités.

Après 1968, l'histoire de la phonologie suit, en grande partie, la réflexion critique des thèses présentées dans «*Sound Pattern of English* » (SPE) et, si le modèle de référence est continuellement remanié, il n'est jamais remis totalement en question. Dans les années 1980, apparaît la phonologie lexicale de Mohanan («*The Theory of Lexical Phonology* »). L'auteur préconise l'application de deux types de règles en fonction de modules différents dans lesquels elles apparaissent : les modules lexical et post-lexical. Ce qui donne au mot (par rapport au morphème) un rôle important afin de rendre compte des interactions entre la morphologie et la phonologie.

Mais les critiques essentielles contre le «*Sound Pattern of English* » portent sur la puissance des règles et sur la nécessité de contraindre davantage leur action (il leur est reproché d'engendrer trop de « monstres », non représentés dans la plupart des langues). D'où une nouvelle conception de la représentation phonologique : la phonologie autosegmentale (Goldsmith, «*Autosegmental Phonology* », 1976). Les traits, qui étaient jusqu'alors considérés comme des propriétés du phonème, sont désormais interprétés comme des entités de plein droit. La conception discrète et segmentale de la chaîne parlée est conservée mais comme une suite de positions représentées par des symboles « x » : le squelette. Les traits distinctifs sont reliés à ce squelette par des lignes d'association. Les représentations sont modifiées par des associations, des dissociations ou un mélange des deux. Dans les langues à tons, ceux-ci sont des entités autonomes et placés sur un palier particulier. Traits d'association, paliers, font entrer la phonologie dans le monde des représentations multilinéaires. Parmi ces paliers, on trouve les constituants syllabiques (attaque et rime, cette dernière décomposée en noyau et coda). La syllabe n'était pas un constituant fonctionnel habituel en phonologie et les phonéticiens ont toujours eu le plus grand mal à la définir (surtout en partant de la segmentation syllabique). Elle joue, en phonologie, le rôle d'unité de groupement formel permettant de préciser certains types d'associations de traits.

Mais les traits eux-mêmes ne se présentent pas de manière quelconque. Les traits, placés sur des paliers successifs, sont organisés hiérarchiquement sous une forme d'arbre, dominé par sa racine et relié au squelette. C'est l'organisation proposée, en 1985, par Clements, « La géométrie des traits ». La théorie classique des traits se contentait de les affecter à des catégories mais la classification ainsi réalisée n'avait pas de répercussions sur la formulation des règles et, surtout, ne restreignait pas leur utilisation : ce que fait la « géométrie des traits ». Aussi bien en phonologie autosegmentale qu'en géométrie des traits, des conditions universelles de bonne formation interviennent avec un rôle régulateur : la contrainte de non-croisement des lignes d'association (LCC) et l'interdiction d'éléments identiques adjacents (OCP).

La phonologie, malgré ces différents remaniements, reste une phonologie des traits, tant par le répertoire universel de traits, dans lequel chaque langue puise, que par les règles qui les concernent, par leurs associations ou leur hiérarchisation.

Un nouveau pas est franchi avec la recherche d'autres unités phonologiques ultimes, les éléments. Cette préoccupation est partagée par la phonologie des particules de Schane (1984), « *The Fundamentals of Particle Phonology* », « La phonologie dépendantielle » (1980-1987) d'Anderson et Ewen et, surtout, la « théorie du charme et du gouvernement » ou modèle KLV, d'après l'initiale du nom des promoteurs (Kaye, Lowenstamm et Vergnaud) qui publient, en 1985, « *The internal Structure of Phonological Segments : a Theory of Charm and Government* » (développée aussi par J. Brandão de Carvalho, en 1993). Il s'agit donc d'une recherche sur des éléments prononçables isolément, même s'ils ne sont pas nécessairement prononcés et attestés dans des langues.

À nouveau, la finalité est d'essayer de résoudre ce problème qui résiste toujours et demeure imparfaitement résolu : comment parvenir à une théorie restrictive qui empêche la génération de segments « monstrueux » et qui réduise la permissivité des règles au niveau des processus. Donc, la phonologie doit rendre compte des langues humaines et d'elles seules. Le flux vocal apparaît comme une suite de segments intégrés à des structures prosodiques : certains de ces segments ont un seul élément (atomiques), d'autres en ont plusieurs (moléculaires). Chaque élément est défini par rapport à une voyelle neutre (appelée voyelle « froide ») avec des spécifications, chacune à deux valeurs : marquée ou non marquée. Les processus aussi opèrent à partir des éléments. Cette théorie physicienne évoque les recherches de Roman Jakobson. Les éléments, tels des objets naturels, doivent être découverts et, de plus, ils se combinent selon des lois. Toutes les langues se caractérisent par des successions de voyelles et de consonnes. On peut en rendre compte comme de phénomènes d'attraction : les voyelles ont un charme positif et les consonnes un charme négatif et donc aspirent à s'associer. Ces unités primitives sont universelles. C'est donc un modèle segmental, plus concret, où la phonologie précise les lois de combinaison des particules et les lois qui attribuent des segments à des structures prosodiques en nombre défini.

En réaction à ce point de vue, Kelly et Local replacent la phonologie dans un cadre plus abstrait. En 1988, dans « *Doing Phonology* », ils mettent en question la conception segmentale des modèles phonologiques : en effet, tous sont segmentaux, même en phonologie autosegmentale où les traits sont considérés aussi comme des segments. Ils se réclament de Firth et de l'École de Londres qu'il a animée de 1944 à 1956, et des recherches de la *School of Oriental and African Studies*, pour l'analyse prosodique et le rejet de la notion de règles (d'abord très critiqués, ils sont maintenant considérés comme des précurseurs...). Kelly et Local rappellent, d'abord, que les événements articulatoires et acoustiques se chevauchent dans la parole et que le segment peut être, tout au plus, considéré comme un entrelacement de paramètres phonétiques (et non pas comme une simultanéité). Le flux de parole s'analyse en constituants prosodiques et certains événements caractérisent un constituant en tant que tel et lui sont internes, ce qui contribue à définir ce constituant :

mot phonologique, syllabe. Un segment phonétique est, tout au plus, une zone où des événements s'entrecroisent, un constituant ponctuel, à partir duquel irradient certaines propriétés à droite et à gauche, à des distances variables (l'unité phonématique de Firth). D'un certain point de vue, on peut penser aux positions squelettiques de la phonologie autosegmentale. Mais Kelly et Local restent partisans d'une distinction stricte entre phonologie et phonétique. Une phonologie formelle, qui n'est pas sans évoquer l'algèbre hjelmslevienne, et une phonétique physique, qui continue à se battre avec la temporalité des réalisations phoniques. Les auteurs sont donc conduits à distinguer des exposants phonétiques et des catégories phonologiques et à envisager des relations arbitraires (au sens de Saussure) mais, en même temps, systématiques entre les catégories phonologiques et les exposants phonétiques paramétriques (dans la tradition de l'École de Londres, reprise par Hockett, en 1955, dans son «*Manual of Phonology* »). L'analyse phonologique met en évidence des relations fonctionnelles, les catégories de la théorie phonétique sont référentielles. Il y a donc bien une reprise de l'héritage pragois mais la critique des phonologies qui l'ont suivi reste pertinente : les phonologues ont été trop attachés au phonème (unité linguistique minimale réalisée par des unités phonétiques) et à la dichotomie distinctif/non distinctif. D'autre part, les discussions phonologiques ont-elles été fondées sur des faits phonétiquement incontestables ? Deux problèmes délicats vont être soulevés, dans ce cadre de réflexion, celui des neutralisations : plutôt qu'une différence tranchée, n'y a-t-il pas des degrés de neutralisation ? La question se pose aussi pour les assimilations, assez variables et souvent partielles. Dans ces cas, il faudrait admettre que les règles formulées en traits distincts et discrets, à partir des processus graduels, seraient tout à fait inadaptées.

La phonologie autosegmentale et le modèle de la géométrie des traits utilisaient des conditions universelles de bonne formation avec la contrainte sur le non-croisement des lignes d'association et le principe de contour obligatoire. Ceci a conduit à distinguer les règles proprement dites des conditions de bonne formation. Les phonologies des contraintes vont aller plus avant dans ce sens et remettre en question, totalement, les notions de dérivation et de règles, en allant vers une approche paralléliste.

La transition peut être suivie à travers trois modèles : le premier, la théorie des contraintes et des stratégies de réparation (Lacharité et Paradis, 1993). Les règles apparaissent, plutôt, comme des stratégies de réparation et sont définies pour satisfaire des contraintes (universelles mais aussi propres à une langue donnée). Pour le second, la phonologie harmonique, les règles, non ordonnées, s'appliquent à l'intérieur de niveaux phonologiques différents (Goldsmith, 1993). Le troisième modèle, la phonologie déclarative, ne tient plus compte des notions de dérivation, de règles ni de niveaux (Bird, 1995). La grammaire est présentée comme un ensemble de contraintes, cette fois-ci, spécifiques à une langue donnée et toujours respectées. Différents modules opèrent en parallèle et fournissent un répertoire de contraintes pour assurer

la bonne formation d'une expression, tant au point de vue phonologique, syntaxique que sémantique. Les généralisations lexicales sont distinguées des généralisations phonologiques, qui sont exprimées en tenant compte d'une hiérarchisation prosodique (en syntagme phonologique et mot phonologique). Cette phonologie apparaît plus descriptive qu'explicative (selon la démarche chomskyenne).

Théorie de l'optimalité

Par rapport à la précédente, la théorie de l'optimalité se veut explicative. Rompant avec la tradition cognitiviste de certaines phonologies génératives, elle serait plutôt d'inspiration connexionniste. Elle est présentée dans un article de Prince et Smolensky, de 1993, «*Optimality Theory : Constraint Interaction in Generative Grammar* ». Elle s'inscrit dans le programme de recherche des grammaires d'unification. Une grammaire universelle se définit comme un ensemble de contraintes sur la bonne formation des représentations et c'est à partir de cet ensemble que les grammaires individuelles sont construites. Dans une langue particulière, les contraintes sont extrêmement conflictuelles. La grammaire d'une langue particulière est faite de ces contraintes universelles et d'une méthode pour résoudre ces conflits à l'intérieur d'une langue donnée. Cette méthode permet la détermination de l'analyse d'une entrée qui satisfait, au mieux, ou enfreint, le moins possible, un ensemble de conditions de bonne formation en conflit. Comme la satisfaction d'une contrainte peut être prioritaire, il faut hiérarchiser les contraintes, toutes actives, de façon très stricte. Une grammaire particulière d'une langue apparaît comme une façon de résoudre des conflits entre des contraintes universelles. Étant donné une certaine entrée (terme qui a ici une valeur particulière puisqu'il n'y a plus, dans ce modèle, de structure profonde mais qu'il opère toujours en surface), deux fonctions interviennent. La première, fonction GEN, engendre, génère, en proposant l'espace d'analyse, les candidats en présence. En sortie retenue, le candidat « gagnant », qui était dans l'espace d'analyse, est découvert par une autre fonction, EVAL, en prenant appui sur la hiérarchisation des contraintes. Toutes les alternatives possibles sont produites par GEN, en même temps, et évaluées en parallèle. Les contraintes sont bien universelles mais violables. Si une contrainte universelle est enfreinte, dans une langue donnée, c'est qu'une autre a pris le pas sur elle, ce qui présuppose que la hiérarchie n'est pas la même dans cette langue par rapport à une autre langue.

Ce cadre théorique est bien explicatif : à partir de l'existence présupposée d'un ensemble de contraintes universelles, les relations de dominance variable entre ces contraintes expliquent la diversité phonologique des langues du monde.

Phénomènes prosodiques dans le cadre générativiste : accent et intonation

Dans l'ouvrage de référence «*Sound Pattern of English* », Chomsky et Halle avaient consacré toute une partie à l'étude de l'accent en anglais. Dans ce

cadre (uni)linéaire, l'accent était analysé comme un représentant des propriétés intrinsèques des segments, à l'égal d'autres traits. Cette propriété segmentale était ensuite manipulée dans des règles de réécriture cycliques. La phonologie métrique de Liberman et Prince (1977), «*On Stress and Linguistic Rhythm* », s'est développée à partir de la critique du traitement des phénomènes accentuels du «*Sound Pattern of English* ». L'accent est défini comme une proéminence relative, liée une organisation hiérarchique de la chaîne sonore, et décrite à l'aide d'arborescences étiquetées (comme cela est fait dans le domaine syntaxique). Dans toutes les langues, la structure des proéminences accentuelles traduit, au niveau phonétique, une organisation sous-jacente en constituants métriques.

Prince, en 1983, puis Selkirk, en 1984, présentent un modèle des structures accentuelles produites au niveau de la grille, seul instrument formel pour rendre compte des proéminences. Les modèles, grilles seules, sont des applications métriques de la représentation segmentale, plus proches de la structure de surface phonétique. En fait, les arborescences métriques incorporent deux notions différentes : celle de structure hiérarchique et celle de l'organisation de la chaîne en constituants. La hiérarchie des proéminences accentuelles n'est pas considérée comme un patron autonome mais comme la traduction accentuelle d'une organisation abstraite de la chaîne sonore en constituants métriques élémentaires. La source de l'accentuation n'est pas une simple concaténation de positions dans la chaîne sonore mais correspond à une segmentation morphologique ou lexicale préexistante. Ce qui favorise la représentation de l'accent en grille et constituants.

Pour l'intonation, quel peut être le rapport entre les constituants prosodiques et les structures syntaxiques de surface ? Après les travaux de Selkirk (à partir de 1972), Nespor et Vogel publient, en 1986, «*Prosodic Phonology* ». La représentation phonologique d'un énoncé apparaît comme une structure hiérarchisée de constituants qui sont, dans l'ordre : l'énoncé phonologique, le syntagme intonatif, le syntagme phonologique, le mot phonologique (ou prosodique), le pied, la syllabe, la more. Les constituants sont des domaines à l'intérieur desquels s'appliquent des principes nécessaires à la formalisation des phénomènes concernés. Le mot prosodique, le syntagme phonologique et le syntagme intonatif sont utilisés pour l'analyse des phénomènes accentuels et intonatifs. Les structures syntaxiques de surface et les structures prosodiques se ressemblent formellement : elles apparaissent comme des constituants enchâssés dans d'autres constituants avec un ordre de succession. La structure prosodique pourrait donc être dérivée de la structure morpho-syntaxique et les règles convertiraient la structure de surface en caractéristiques prosodiques. Mais il y a aussi une constituance prosodique (Pierrehumbert et Beckman, 1988) : les structures prosodiques doivent être représentées aussi sous forme d'arbres et non pas de suites. Mais la structure syntaxique n'est pas suffisante pour construire les constituants syntaxiques, des informations non syntaxiques doivent être prises en compte, en particulier des

principes rythmiques : taille des constituants en nombre de syllabes, distance entre accents. D'autre part, il est nécessaire de faire intervenir des informations sémantiques qui ne sont pas codées syntaxiquement. Les recherches engagées se consacrent à préciser le statut des constituants prosodiques. L'idée de contraintes syntaxiques, sémantiques, phonologiques et rythmiques, envisagées en parallèle selon le modèle de la théorie de l'optimalité, relancent ces recherches sur l'intonation. Troubetzkoy, reprenant l'analyse de Karcevskij, analysait l'intonation comme une succession de contours. Une approche plus analytique réduit ces contours en une suite de tons associés, où chaque niveau de hauteur est associé à une syllabe. Ces tons peuvent être associés aussi aux points-clés de la structure interne du contour. D'où les représentations, qui se sont répandues pour l'intonation, de suites de tons haut (H) et bas (B), avec des modifications de la hauteur par abaissement ou rehaussement. Hors de tout contexte acoustique, ces représentations ne sont pas des repères absolus mais des paliers relatifs, attribués à des syllabes déterminées, et définis de manière relative, les uns par rapport aux autres.

Analyses de la parole et de la voix en laboratoire : l'exemple de la coarticulation

Cet approfondissement de la réflexion, menée à l'intérieur du langage par les linguistes, a été accompagné d'une analyse de plus en plus fine des réalisations phoniques des langues. L'aspect descriptif a été privilégié, souvent associé à une perspective normative, dans un premier temps, et dans la continuité des études menées au cours des siècles précédents. Mais l'accélération du développement des techniques d'analyse physiques et physiologiques s'accompagne, très vite, d'une analyse plus fine de la production, de la transmission et de la perception de la parole et de la voix. Ces différents domaines sont abordés selon une méthodologie expérimentale avec une part, de plus en plus grande, prise par la simulation des phénomènes analysés et leur modélisation. Malgré le rôle précurseur de l'Europe, ces études de la parole et de la voix, menées en laboratoire, se déplacent, d'abord, vers les États-Unis puis le Japon, en ce qui concerne les développements technologiques de pointe, pour aboutir à une mondialisation de la recherche, dans la dernière partie du XX^e siècle et ce début du XXI^e siècle. Cette part croissante prise par les techniques d'investigation ne fait pas des analyses de la parole et de la voix un simple domaine d'application de la physique et de la physiologie. La spécificité de l'objet linguistique joue, ici aussi, un rôle primordial : une problématique particulière à l'étude des processus de production, de transmission et de perception de la parole et de la voix a été définie (Stetson, 1928). Des réponses vont être apportées non seulement de façon partielle, par domaine considéré, mais aussi d'une manière plus générale, par la mise en

relation des différents niveaux de représentation dans la dynamique de la réflexion linguistique du XX^e siècle.

Histoire ou épistémologie ?

L'abbé Rousselot, au début du XX^e siècle, se faisait le défenseur d'une phonétique linguistique qui recouvrait tous les domaines de recherche, fondamentale et appliquée, de la phonétique. La séparation entre phonétique et phonologie renvoie vers les laboratoires de phonétique des études consacrées à la « parole » et toute la stylistique phonétique, qui ne relève pas de la langue. La phonologie post-praguoise, avec André Martinet, au nom de la double articulation du langage, rejette l'analyse des phénomènes intonatifs qui est prise en charge par les phonéticiens. Si la situation apparaît moins tendue aux États-Unis, où la phonologie prosodique profite de la période d'ouverture de la phonologie autosegmentale, les phénomènes relevant d'une modification continue, graduelle, concernent la performance et, par là-même, plutôt les phonéticiens ou les psycholinguistes. En phonétique, les développements technologiques accélérés, tant sur le plan physique (acoustique) que physiologique (production et perception de la parole et de la voix), entraînent une spécialisation, à l'intérieur du champ d'étude, dont prennent acte, dès 1932, les organisateurs du premier Congrès international des sciences phonétiques (Boe, 1997a et b). Ce pluriel est éloquent ! Dans les laboratoires, chaque chercheur se spécialise dans un domaine, de plus en plus étroit, en fonction de ses options théoriques, des méthodes utilisées et de la maîtrise des techniques adaptées. Mais il devra maintenir un contact avec les autres aspects des phénomènes qui interagissent : c'est là une des spécificités des analyses de la parole et de la voix. À partir de la fin des années 1950, aux États-Unis, avec les programmes de reconnaissance automatique de la parole, l'informatique se diffuse dans les différents domaines de la phonétique et favorise les contacts interdisciplinaires entre sciences humaines et sociales, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur (Calliope, 1989). Les conséquences seront décisives pour l'analyse et le traitement des données, le traitement numérique du signal en particulier. Le même processus se produit sur le continent avec un décalage d'une dizaine d'années, au moins, selon les laboratoires. Ceux-ci se spécialisent, de plus en plus, pour certaines applications à la synthèse et à la reconnaissance de la parole. De même, les recherches sur la voix s'effectuent dans des centres de logopédie et de phoniatrie, comme au Japon et aux États-Unis puis en Europe (pour des raisons d'éthique, certains examens doivent être réalisés sous contrôle médical).

Il n'existe pas de théorie unifiée de la phonétique, comme en témoignent les manuels de sciences phonétiques où la rédaction des différents chapitres est confiée à un spécialiste du domaine concerné (au total, 30 auteurs pour le « *Handbook of Phonetic Sciences* », publié en 1997 par Hardcastle et Laver). Il apparaît difficile, dans ces conditions, de dresser une histoire qui ne serait,

somme toute, qu'un catalogue d'utilisation de techniques. Tout au plus pourrait-on dégager quelques tendances, en prenant le risque de passer sous silence des chercheurs qui ont joué un rôle déterminant ou de surestimer, par manque de recul, certains thèmes de discussion vite abandonnés. Aussi convient-il de favoriser un point de vue plus épistémologique qu'historique et de choisir un grand thème de débats entre spécialistes du domaine. La question retenue, qui a donné lieu à une réflexion approfondie et à un affrontement d'idées, particulièrement révélateur des enjeux scientifiques en cause, est celle de la coarticulation.

Au début du XX^e siècle, les techniques d'analyse articulatoires, plutôt statiques, fournissaient des documents dont les profils caractéristiques étaient mis en relation avec les segments de la représentation symbolique : ainsi, le palatogramme d'une consonne était attribué directement à une consonne (même si la variabilité contextuelle avait été remarquée : il était préconisé d'utiliser une voyelle « neutre », comme « a »). Bien que les analyses kymographiques, aérodynamiques, soient plutôt dynamiques, il est possible d'y repérer, là encore, les profils types des consonnes à fermeture, les occlusives. Aussi a-t-on pris l'habitude de segmenter ce genre de documents, ne serait-ce que pour mesurer les durées des réalisations successives. Les segments obtenus étaient ainsi considérés comme une concrétisation des unités linguistiques. Après la réalisation, dès le début du XX^e siècle, des premières radiographies des voyelles (elles aussi « statiques »), les premiers films radiologiques (sous incidence de profil) d'un sujet parlant sont tournés, en 1930, par Guntzman et Gottheiner. Ce sera un premier choc : tous ces mouvements se succèdent rapidement comme un ballet où l'on est bien en peine de retrouver des gestes nettement individualisables. En 1933, Menzerath et De Lacerda emploient, semble-t-il les premiers, le terme de coarticulation. Peut-être ont-ils été précédés par les tenants de la lecture labiale pour les malentendants qui avaient dû se rendre compte, eux aussi, de faits comparables : lorsqu'on prononce la voyelle « u » précédée d'une consonne « p » dans le mot « pue », la protrusion des lèvres se produit avant que la voyelle « u » n'ait été elle-même articulée. On comprend mieux la réaction de retrait des phonologues praguais mis en face de tels faits. Pour eux, il y a deux phonèmes /p/ et /y/ en se référant à leur fonction distinctive : ces deux phonèmes servent à différencier des significations (« pue » est distinct de « pie »). Il n'en demeure pas moins que, pendant la production de la parole, les mouvements des différents articulateurs, lors des réalisations phoniques successives, se chevauchent et même interagissent les uns sur les autres. À un moment donné du temps, dans le déroulement de la parole continue, une configuration d'ensemble du conduit vocal ne peut être mise en relation bi-univoque avec un segment de la représentation symbolique. Les effets sont observables aussi à partir d'analyses acoustiques (coarticulation acoustique). Ces phénomènes peuvent ne pas être audibles et, pour les mettre en évidence, il faut recourir à différentes analyses acoustiques et physiologiques.

Après avoir dépassé le stade des premières constatations de ces phénomènes, il faut déterminer dans quelles conditions ils se produisent, comment ils varient et quelles sont les causes de leurs variations. D'où la mise au point de protocoles expérimentaux, requis pour contrôler la grande variabilité des réalisations phoniques. Les différentes analyses acoustiques servent au repérage temporel et elles seront utilisées conjointement avec les analyses physiologiques nécessaires : radiocinématographiques, aérodynamiques, électropalato-graphiques (plaques palatines munies d'électrodes), électromyographiques. Chacune de ces analyses apporte un point de vue complémentaire, si l'on ne veut pas être conditionné par l'utilisation d'une seule technique. Ces dernières années, les protocoles expérimentaux ont utilisé, conjointement, un grand nombre d'analyses articulatoires. Ceci permet d'arriver à une meilleure connaissance des phénomènes mais entraîne aussi une gêne pour le sujet parlant, d'où le choix, lorsque cela est possible, de méthodes non invasives (c'est rarement le cas pour l'étude de la coarticulation). Le matériau linguistique lui-même est soigneusement choisi : la plupart du temps, des syllabes ou des logatomes placés dans une même phrase porteuse. Tous les organes concernés par la production de la parole ont été étudiés : lèvres, différentes parties de la langue et degré d'élévation, mouvements du voile du palais, phases d'abduction et d'adduction des cordes vocales. De même, les muscles responsables des mouvements d'articulation et de coarticulation ainsi que les mouvements qui chevauchent des articulations contiguës. Les résultats des expériences ont été publiés et éventuellement confirmés ou infirmés par de nouvelles expériences, comme c'est le cas dans les sciences expérimentales, et des conséquences théoriques en ont été tirées avec l'élaboration de modèles.

Coarticulation

Les programmes de recherche visent à modéliser la relation entre le signal de parole, qui varie de manière continue, et les unités, discrètes, de la représentation linguistique. Ce qui présuppose de résoudre deux problèmes : celui de la relation entre le caractère discret et la temporalité et celui des catégories phonologiques (les segments) en relation, de manière générale, avec la catégorisation envisagée d'un point de vue perceptuel et psychologique.

Les phénomènes qui concernent la variabilité des unités phoniques, en fonction des contextes dans lesquels elles apparaissent, sont habituellement regroupés de façon différente. Une partie de ces faits, audibles, les assimilations, relèvent de la compétence en phonologie générative et elles occasionnent une modification des traits. Par exemple, en français, on note la modification de la consonne « d » dans la séquence « il n'a pas d(e) chance ». Elle se dévoise au contact de « ch » et l'on entend « tch » (c'est donc le trait de voisement qui est modifié). En revanche, la coarticulation, considérée comme provenant de propriétés mécaniques d'ajustement de la taille du conduit vocal, appartient au domaine de la performance. C'est la

position prise par Chomsky et Halle, dans « *Sound Pattern of English* », et de la plupart des phonologues qui ont suivi. Un autre argument est avancé : les assimilations appartiennent, en propre, à une langue déterminée ; la coarticulation se retrouve dans toutes les langues. L'aspect plutôt qualitatif des assimilations est opposé à la variation quantitative de la coarticulation.

Théorie phonétique de la coarticulation

Cette théorie, due à Lindblom (1983), attribue un nouveau rôle à la phonétique pour rendre compte de la variabilité de la parole. La phonétique ne doit pas se préoccuper de savoir comment les unités linguistiques se réalisent dans la parole mais d'expliquer et de faire dériver les formes linguistiques de principes fondés sur la substance et appartenant au langage parlé avec ses aspects biologiques, sociologiques et communicatifs. Selon cette théorie de la « variabilité adaptative » ou de « l'hyper-hypo-parole », la variation phonétique n'est pas une conséquence de l'inertie des organes de la parole mais provient d'une adaptation continue de la production de la parole en fonction des besoins de la situation de communication. Certaines situations nécessitent un haut degré de contraste perceptif, d'autres un moindre contraste, ce qui permet plus de variabilité (donc, la perception, d'une certaine façon, oriente, modèle la production). Les premières expériences ont porté surtout sur l'aspect acoustique de la parole (analyses spectrographiques), dans le cas de Lindblom (Lindblom, 1990), et elles ont été plus diversifiées, par la suite, pour contrôler certaines hypothèses. Les caractéristiques acoustiques d'une même réalisation varient selon un continuum de sur- ou de sous-articulation, d'hyper- ou d'hypo-parole. La coarticulation est considérée comme un comportement à moindre coût, une manière économique de parler. Le système moteur de la parole est gouverné par le principe d'économie. Lindblom introduit alors la notion de cible acoustique, sorte de configuration spectrale idéale, détachée de tout contexte et vers laquelle les voyelles produites, réellement, tendent. Les modifications des valeurs des fréquences des formants varient en fonction de la durée de la voyelle. Avec de longues durées, la cible tend à être atteinte, lorsque la durée décroît les mouvements sont réduits et la cible non atteinte. Ainsi, la modification du timbre de la voyelle, la réduction vocalique, est un processus articulatoire qui dépend essentiellement de la durée et n'est pas un processus phonologique. C'est la réponse automatique du système moteur à une augmentation de la vitesse des commandes motrices. Le locuteur peut ainsi s'adapter à différentes situations et choisit des stratégies d'évitement ou de réduction de la coarticulation ou, au contraire, la favorise (hyper- et hypo-parole). Pour les plus récentes évolutions du modèle de la cible vocalique non atteinte, d'autres variables interviennent, en plus de la durée, comme le style de parole. Pour en tester l'intervention, de nouvelles expériences sur des voyelles accentuées de l'anglo-américain sont entreprises avec cette nouvelle variable : style de parole courant et surarticulation. La parole courante fait l'objet d'une stratégie de recherche du moindre coût et elle se caractérise par des variations de

la coarticulation. L'hypothèse selon laquelle plus la parole tend vers le pôle hypo- plus la coarticulation est importante a été testée et confirmée dans un grand nombre de langues (avec cependant quelques résultats non conformes, comme c'est toujours le cas). Pour Lindblom, les assimilations sont considérées comme un changement catégoriel et relèvent de règles phonologiques spécifiques à chaque langue. Ce sont, malgré tout, des conséquences de la coarticulation, une adaptation du langage à des contraintes de la parole.

Intégration de la coarticulation en phonologie

Plusieurs théories vont être élaborées pour tenter d'intégrer la coarticulation dans le cadre phonologique et ceci au plus haut niveau. C'est le cas de la théorie de la diffusion des traits (Daniloff et Hammarberg, 1973). La coarticulation n'est pas un processus physiologique, dû à des contraintes d'inertie mécanique du conduit vocal. Si l'on établit une trop grande dichotomie entre l'exécution et la commande, il n'est plus possible de comprendre comment les articulateurs sont capables d'exécuter des commandes. Mais, pour ces auteurs, la phonologie retrouve son premier rôle. Les segments sont des entités cognitives abstraites et ne peuvent pas être altérés par les mécanismes de la parole (il faudrait, pour cela, qu'ils soient physiques). Les mécanismes physiques exécutent les ordres des commandes centrales de haut niveau. La coarticulation est donc placée en entrée et non en sortie du système (comme cela avait été le cas en phonologie générative standard). Les segments sont des propriétés internes (les traits phonologiques) et des propriétés dérivées, qui proviennent des processus de coarticulation. Des règles phonologiques précisent quels traits sont modifiés et la représentation phonétique se trouve toujours en sortie, après application des règles qui apportent des précisions concernant l'articulation et la coarticulation. Il y a bien des différences de coarticulation entre les langues et il n'est pas possible d'en rendre compte par des règles universelles. La coarticulation a pour effet de lisser les différences entre réalisations adjacentes. Si les phénomènes étaient réalisés l'un après l'autre, selon leur forme canonique, on entendrait des réalisations transitoires entre des segments contigus. Donc, au contraire de ce qui a été longtemps soutenu, la coarticulation réduit les effets provenant de l'utilisation du conduit vocal. La coarticulation anticipante dépend bien d'un processus phonologique. En revanche, la coarticulation persistante est due à un phénomène d'inertie et provient d'une stratégie de rétroaction qui adapte les segments l'un à l'autre. La discussion entre les différentes approches va concerner une éventuelle sous-spécification des traits et l'on va faire intervenir la notion de résistance à la coarticulation avec un indice attaché à la spécification de chaque allophone.

Théorie de la coproduction et phonologie gesturale

La théorie de la coproduction est élaborée à partir d'un modèle informatique, un modèle orienté par la tâche (Kelso et coll., 1986). À l'entrée du modèle, on trouve les gestes phonétiques, les unités dynamiques de la pho-

nologie gesturale de Browman et Goldstein (cf. articles définitoires de 1982 à 1992). Ce modèle part d'une réflexion sur la nature des unités phonologiques et critique la dichotomie entre les unités abstraites, discrètes et non temporelles, situées au niveau de la connaissance linguistique, et les mouvements physiques, continus, dépendant du contexte, au niveau de la performance. La production de la parole doit être vue comme un processus de traduction des données abstraites en données physiques (Fowler, 1977). Un plan de parole fournit les cibles à atteindre et une horloge centrale précise quand les articulateurs doivent se déplacer vers les cibles (le plan indique la tâche à exécuter). Les unités gestuelles sont des actions planifiées et séquentiellement ordonnées. Les gestes sont exécutés, dans la parole, par des structures coordinatives (dont Duchenne de Boulogne avait eu l'intuition, au siècle dernier). Ce sont des dépendances fonctionnelles transitoires entre les articulateurs qui contribuent aux gestes. Ces contraintes sont établies pour assurer l'invariance des cibles phonétiques : ainsi, les lèvres supérieure et inférieure et la mâchoire sont liées pour la production des occlusives labiales et on peut compenser automatiquement l'influence moindre d'un articulateur, due à une perturbation ou à des variations de la coarticulation. Ces dernières dépendent du degré de chevauchement spatial des gestes. Un plus haut degré de chevauchement est atteint quand deux gestes qui se chevauchent partagent des articulateurs utilisés dans la production de cibles (ce qui suscite une demande concurrente entre eux). Le conflit est réglé au niveau de la planification. Pour Browman et Goldstein, il y a exécution progressive des gestes, libre de tout contexte, et la sortie d'un conflit gestuel doit être un mélange de l'influence des chevauchements gestuels. Cette sortie des mélanges gestuels dépend du degré de mélange : les gestes les plus forts tendent à supprimer l'influence des gestes les plus faibles. Les différences entre les langues sont, en fait, des différences du dispositif gestuel, c'est-à-dire des paramètres qui spécifient les gestes et leur chevauchement et sont appris par les locuteurs des différentes langues, en phase d'acquisition du langage.

Dans la phonologie gesturale de Browman et Goldstein, les unités primitives phonologiques sont des gestes articulatoires à durées intrinsèques, sortes de variables du conduit vocal planifiées. La phonologie gesturale rend compte non seulement de la coarticulation mais aussi des variations allophoniques et des alternances, d'une manière unifiée. La structure phonologique d'un énoncé apparaît comme un jeu de gestes qui se chevauchent ; chacun des gestes étant précisé sur les lignes différentes d'une sorte de portée (« tier », en anglais). Des variations graduelles de chevauchement ou des variations graduelles des paramètres gesturaux rendent compte d'un grand nombre de variations allophoniques, en fonction de la place de l'accent ou de la position dans le discours continu. Pour la parole à débit rapide, les chevauchements se masquent les uns les autres et mélangent leurs caractéristiques : il y a donc augmentation de la coarticulation en débit rapide (comme dans le modèle de Lindblom). Pour les phénomènes de neutralisation, les variations allophoniques seraient continues et non discrètes (donc, l'interprétation

discrète qui en est donnée habituellement serait fausse). En phonologie gesturale, l'acoustique et la perception sont un effet de la production (alors que pour Lindblom la perception oriente la production).

Approches complémentaires : acoustique, perception, articulation et catégorisation

Ce cas exemplaire de la coarticulation montre bien la dynamique de recherche qui règne, actuellement, dans les laboratoires, avec une confrontation des cadres théoriques (Ohala, 1991), la construction de modèles et leur validation par des expériences et, dans le cas inverse, la modification des modèles ou leur abandon. Les protocoles expérimentaux sont de plus en plus élaborés pour prendre en compte, simultanément, les représentations articulatoire, acoustique et perceptive.

Ainsi, la non linéarité dans les relations entre les paramètres articulatoires et les conséquences aux niveaux acoustique et perceptif ont été bien mis en évidence par la théorie quantique de Stevens (1972-1989) : une légère modification, mais cruciale, d'un paramètre articulatoire peut engendrer un phénomène acoustique important. À l'inverse, dans d'autres cas, des modifications articulatoires importantes ont peu d'effet sur le plan acoustique ou perceptif. Les séquences de segments seraient choisies par les langues de manière à traverser des régions qui produisent des changements rapides, lesquels servent de repères dans le flux acoustique (sorte de balisage du flux sonore des langues). De même, des recherches sur la perception et la catégorisation ont été conduites, dans le cadre de la perception catégorielle, depuis les travaux de Liberman et coll. (1957). Elles ont été complétées par d'autres investigations sur la perception catégorielle chez le nourrisson, par Eimas, Siqueland, Juczyk et Vogorito (1971). Mais cette perception catégorielle existe aussi chez l'animal (expériences de Kuhl et Miller sur les chinchillas, en 1975). Enfin, la découverte de l'effet « *magnet* » par Kuhl, en 1980, puis, en 1993, la mise en évidence de cet effet, exclusivement chez les humains adultes et nourrissons. Ce qui reviendrait à dire que les humains naîtraient avec un équipement, commun à tous les vertébrés, de frontières auditives naturelles mais auraient une aptitude particulière à apprendre les catégories du langage articulé.

Toutes ces recherches faisant intervenir des phénomènes articulatoires, acoustiques et perceptifs montrent bien la distance parcourue en un siècle. Sans pour autant unifier les points de vue, ce qui ne constituerait pas une avancée théorique, bien au contraire, la phonétique et la phonologie se confrontent à une même problématique. Elles essaient d'apporter des solutions, en fonction de références théoriques qui ne sont plus aussi figées. Cette confrontation a donné lieu à une dynamique de recherche, jamais égalée, dans les laboratoires de phonétique. On est très loin d'une phonétique caractérisée essentiellement par une démarche descriptive, se contentant de constater

des phénomènes. La phonétique est bien devenue une science explicative. Elle est tout à fait apte, avec la phonologie, à expliquer comment se réalise la discrétisation de la parole continue.

Mais il y a un prix à payer pour l'utilisation des méthodes expérimentales : le matériel linguistique analysé a fait l'objet d'une élaboration soignée, en contrôlant au mieux la variabilité. Les items retenus sont souvent constitués de syllabes ou de logatomes placés à l'intérieur de phrases-cadres pour maîtriser les nombreuses sources de variation. Bien que les chercheurs se soient préoccupés de faire intervenir des facteurs externes, souvent mis à l'écart dans les recherches phonologiques (comme, par exemple, le style de parole), le matériel analysé relève de ce que l'on appelle la parole de laboratoire. C'est pour dépasser cette limitation que les recherches du XX^e siècle vont s'orienter vers une étude de la parole encore plus proche des situations de communication.

Langage en situation de communication

Alors que l'insistance a été mise, en linguistique, sur l'étude du langage oral, les analyses descriptives réalisées, surtout pour les besoins de l'enseignement des langues, restaient habituellement normatives ou ne s'écartaient que peu de la description d'une langue normée. D'autre part, la langue était bien considérée comme une institution sociale par Ferdinand de Saussure mais il n'en tirait pas de conclusions pour l'analyse de la « langue » proprement dite ni non plus pour celle de la parole. À sa suite, Troubetzkoy relevait tout l'intérêt qu'il y avait à étudier la variation sociale d'un point de vue phonologique mais il en faisait très vite un « style expressif » dont l'étude dépendait de la phonostylistique. La plupart des analyses phonologiques ont porté sur des états de langue homogènes, à distance des influences sociales éventuelles. Ainsi, la grammaire générative s'intéresse à la compétence d'un locuteur idéal, considéré comme issu d'une communauté homogène.

Sociolinguistique

La sociolinguistique, comme discipline autonome, apparaît, aux États-Unis, dans les années 1960. Elle se donne pour objet la langue dans son contexte social. La sociolinguistique variationniste, fondée par William Labov, prend en compte l'hétérogénéité de toute langue et, en particulier, la façon dont elle est parlée dans une communauté linguistique (Labov, 1966 et 1979). Relève de son domaine tout ce qui varie dans une langue et elle étudie la structuration sociale de cette variation. Elle décrit donc toutes les formes de variation constatées : la variation sociale, avec la stratification sociale d'une variable linguistique déterminée, la variation stylistique, lors des changements

de registres de discours (du plus « surveillé » au plus « négligé »), chez un même locuteur, et la variation inhérente, qui apparaît, chez un même locuteur, pour un style donné. Cette dernière est distinguée des deux autres (elle n'est ni sociale ni stylistique) mais elle contribue à l'hétérogénéité du système linguistique.

L'analyse sociolinguistique part de données concrètes, recueillies systématiquement lors d'une enquête sociologique pour laquelle le choix du terrain, l'organisation de l'échantillon ont été soigneusement contrôlés. L'enquête se déroule sous forme d'entretiens, d'où le paradoxe de l'observateur : comment recueillir des données naturelles alors que l'enquêteur participe aux propos échangés ? Aussi, pour déterminer le vernaculaire, la langue parlée par des pairs, l'enquêteur doit-il être tenu à l'écart. C'est ainsi qu'a été analysé le vernaculaire noir américain tel qu'il est parlé à Harlem.

La sociolinguistique se donne comme unité d'analyse la variable sociolinguistique, élément linguistique en co-variation avec des variables non linguistiques, comme la classe sociale, le sexe, l'âge, le registre de discours. Pour identifier une variable sociolinguistique, on rassemble les variantes qui permettent d'exprimer un même contenu. De cette manière, on peut dégager des contraintes extralinguistiques qui déterminent l'utilisation de chaque variante. On réalise une étude quantitative de la distribution sociale et stylistique des variantes linguistiques. Elle est complétée par l'étude des facteurs linguistiques qui influencent le choix de ces variantes. La sociolinguistique considère chaque langue comme un système intrinsèquement variable et la variation linguistique est étudiée en fonction de ce qu'elle apporte à la connaissance des structures de la langue et du changement linguistique.

L'organisation sociale de l'hétérogénéité linguistique et l'intégration des phénomènes de variation dans la grammaire ont donné lieu à la mise au point de règles variables, quantifiées pour permettre d'indiquer les contextes structuraux qui sont responsables ou non de la réalisation d'une variante. Ainsi, la variation linguistique est intégrée au formalisme des règles grammaticales. De cette manière, il pouvait y avoir une grammaire unique pour l'ensemble d'une communauté linguistique. Cette notion de règle variable a été abandonnée par Labov qui s'est tourné vers la recherche de modèles linguistiques, mettant en relation la structure et la variation sans règles variables (Labov, 1972).

La sociolinguistique variationniste a donné un nouvel élan aux études du changement linguistique, à partir de méthodes d'enquêtes et de moyens d'analyse appropriés pour traiter des motivations sociales des changements linguistiques. Labov distingue trois grandes étapes du changement linguistique qui correspondent aussi à trois étapes de la variation linguistique : les indicateurs (inconscients), qui annoncent un changement futur, les marqueurs (conscients) et les stéréotypes, qui sont des stigmates sociaux. De cette manière, la sociolinguistique a permis de mettre en évidence les groupes

sociaux qui diffusent une innovation linguistique et de déterminer dans quelle direction se produit un changement linguistique.

Les tentatives d'organisation systématique de la variation linguistique, dans les différentes strates sociales, ne doivent pas faire oublier que tout individu ne s'adresse pas forcément à ses pairs. Le décalage social important entre des intervenants, dans un processus de communication (parlé ou écrit), peut mettre le locuteur d'une strate inférieure dans une situation délicate d'insécurité linguistique, laquelle peut se traduire, notamment, par des phénomènes d'hyper-correction. La situation se complique lorsque sont mis en relation un modèle de langage, par exemple celui de l'enseignant, et, en face de lui, un groupe d'une grande hétérogénéité sociale et culturelle. Cependant, la situation de bilinguisme n'a pas été exceptionnelle dans un pays comme la France où les élèves arrivaient en classe en parlant leur langue maternelle (régionale) et venaient « y apprendre le français ».

Analyses conversationnelles

L'objet de l'analyse de conversation est le discours dans l'interaction, en tant qu'il est produit conjointement par deux ou plusieurs participants. Sacks est fondateur de ce programme de recherche avec Schlegloff et Jefferson. Cette notion d'interaction provient d'un courant sociologique, l'ethnométhodologie, fondé par Garfinkel. Les participants à une interaction se rendent mutuellement intelligibles le sens de leurs actions et la compréhension qu'ils prennent de ce qui est en train de se passer. Cette attribution réciproque de sens présuppose la maîtrise de méthodes, de règles, qui permettent aux participants à une interaction d'en reconnaître les traits constitutifs (Ducrot et Schaeffer, 1995).

La conversation a une organisation séquentielle. L'interaction verbale procède de manière ordonnée, ce qui lui confère une structure organisée séquentiellement au moyen du système de tours de parole.

L'analyse de conversation a, à la fois, élargi et approfondi le champ des recherches linguistiques en favorisant des études extrêmement détaillées des niveaux d'organisation de la conversation. Elle a donné lieu à la mise au point d'outils spécifiques utilisables pour la transcription fine d'interactions authentiques. Parmi les plus récentes : celle de Cosnier et Kerbrat-Orecchioni, « Décrire la conversation » (1987), l'ouvrage de Kerbrat-Orecchioni (1990) et, encore plus récemment, l'ouvrage de Ball et coll. (1995) dont le chapitre 8 s'intitule « *The Transcription of Conversation* », avec toute une série de moyens de notation des phénomènes paralinguistiques, comme, par exemple, les différents timbres vocaux. Plusieurs propositions sont aussi présentées pour noter, à l'oreille, l'intonation. Cette direction de recherche a favorisé la mise au point de logiciels destinés à recueillir l'ensemble des informations très fines sur les énoncés produits dans l'interaction.

L'interprétation des énoncés, dans la conversation, est sous la dépendance de leur place au sein de séquences d'actions : implicativité séquentielle. Il y a une organisation préférentielle des répliques. Mais l'une des caractéristiques essentielles de la conversation est la façon dont elle progresse par les prises de tour de parole, avec des chevauchements variables et des durées de silence relativement brèves. Les locuteurs prennent la parole selon des règles précises.

Un courant de recherche important étudie le comportement visuel (échange de regards) et gestuel dans l'interaction. Certains aspects du comportement visuel et gestuel du locuteur influencent le mode de participation de l'interlocuteur à l'activité en cours. Ce qui peut aller jusqu'à la réalisation d'un véritable rythme interactionnel, mutuellement coordonné, de gestes et mouvements du corps, entre les interactants d'une conversation. Les modes d'interaction spatiale (proxémique) sont aussi analysés selon les méthodes des éthologues du comportement humain (Birdwhistell, 1952 ; Hall, 1968).

Des essais de formalisation ont été tentés à partir de structures arborescentes. Ce qui ramène au problème, déjà rencontré plusieurs fois en phonologie, du choix entre une simple organisation séquentielle ou une structure hiérarchique de contraintes qui déterminent la construction et la limite des constituants. Ainsi, l'École de Genève, avec Roulet, a proposé, en 1985, un modèle hiérarchique du discours conversationnel. Le discours conversationnel a fait l'objet d'un traitement au moyen de règles d'enchaînement d'actes de langage par Labov et Fanshel (1977).

Les travaux sur les émotions, qui ont été initiés par Darwin en 1872, se développent dans les interactions communicatives. Ils mettent en évidence l'importance de l'intonation ainsi que du non verbal et le rôle de la connaissance interpersonnelle pour le partage des émotions (Cosnier, 2003 ; Davidson et coll., 2003).

Les études perceptives et éventuellement complétées par des analyses acoustiques du signal de parole, réalisées à partir d'enregistrements de conversations, ont montré le caractère tout relatif de la fluidité verbale. Dans le langage parlé, de nombreuses pauses, hésitations, reprises, viennent ponctuer le discours. Les linguistes et les psycholinguistes utilisent le terme de dysfluence pour rendre compte de ces phénomènes, celui de dysfluence étant réservé aux cas de dysfonctionnements langagiers (Pallaud, 2004).

Dans la démocratie athénienne, la rhétorique avait recherché les conditions d'un discours efficace pour convaincre un auditoire par une maîtrise des ressources vocales mais aussi mimiques et gestuelles. L'orateur devait aussi s'adapter aux réactions de son auditoire. Les analyses conversationnelles sont allées plus loin dans la prise en compte des interactions, dans des conditions de communication moins prestigieuses.

82 L'analyse fine de la langue parlée, dans des situations courantes, s'est mise en place de manière tardive, historiquement. Elle a certainement été facilitée

par la possibilité d'utilisation des moyens d'enregistrement, audio puis vidéo, développés au cours du XX^e siècle, grâce auxquels la totalité des composantes linguistiques, paralinguistiques et aussi extralinguistiques sont analysables conjointement. L'étude du langage « ordinaire » (sans signification péjorative) doit aussi beaucoup à la réflexion philosophique de Wittgenstein et au courant pragmatique de la philosophie analytique. La sémiologie (ou sémiotique) est intervenue en étendant l'utilisation du modèle linguistique, par exemple, aux gestes (kinésique).

Les différentes applications de la linguistique aux technologies de la parole, synthèse et reconnaissance, ont certainement joué un rôle de catalyseur. C'est un pôle de recherches très actif, en ce début du XXI^e siècle, et les résultats obtenus se répercutent sur la complexification des modèles de langage.

Au XX^e siècle et en ce début du XXI^e, la parole et la voix sont prises en charge par de nombreux domaines scientifiques différents et l'histoire générale reste à faire, avec les difficultés inhérentes à une telle entreprise. La seule synthèse disponible demeure celle de Levelt (1989). Avec l'autonomisation des disciplines, l'on assiste à une répartition des tâches en fonction des options théoriques dominantes. Les séparations, d'abord langue/parole, par Ferdinand de Saussure au début du siècle, puis compétence/performance, par la grammaire générative chomskyenne, précisent l'objet de la linguistique. Les répercussions se font sur l'analyse des unités phoniques des langues : au phonologue l'analyse de la forme linguistique, ou de la compétence, au phonéticien (entre autres) l'étude de la substance et de la performance. Les dichotomisations successives de la théorie linguistique restreignent encore le champ de la linguistique et, par là-même, de la phonologie. L'intégration de la linguistique dans le domaine plus vaste de la sémiologie, par Ferdinand de Saussure, a surtout pour effet de satelliser, autour du noyau linguistique, des études de la communication non verbale, le modèle linguistique restant prédominant. Une nouvelle réorganisation a été proposée par Rastier et Bouquet (2002) avec la création du nouveau paradigme des « sciences de la culture. L'intonation, fonction vocale essentielle, est d'abord rattachée puis détachée de l'analyse phonologique structuraliste, son rôle dans les domaines expressif et appellatif restant pris en charge, pour ses aspects intentionnels, par la phonostylistique, alors que le timbre vocal et son utilisation (de nature symptomatique ou indiciaire) relèveront de la stylistique phonétique.

Avec la grammaire générative, la linguistique se rattache à la psychologie cognitive mais la nature formelle du langage demeure prédominante. Cognitivism chomskyen oblige, la phonologie établit des liens plus étroits avec les capacités cognitives des individus parlants, la compétence, alors que tout ce qui appartient au physique et au physiologique est renvoyé à la performance. Les notions de segment (atemporel), d'oppositions discrètes, restent essentielles tout en étant discutées. Une évolution importante de la phonologie se produit avec l'introduction de la multilinéarité. La prise en charge de l'intonation se fait par la phonologie prosodique.

Dans la dernière partie du XX^e siècle, un renouvellement théorique important conduit à remettre en question la répartition structures profondes/structures de surface et à préconiser une phonologie de surface caractérisée par des contraintes, la théorie de l'optimalité, avec une remise en question des implications cognitivistes au profit d'une conception plus connexionniste.

Les laboratoires (de phonétique mais aussi de phoniatrie, les centres de recherche sur la voix) prennent en charge ce qui relève du physique et du physiologique (mais est-il possible de réduire à ces aspects des « sons qui ont un sens » ?). Les points de vue se confrontent pour rendre compte des phénomènes continus de la parole tels qu'ils apparaissent dans les représentations acoustiques et physiologiques, dans leur relation avec la perception. Il en résulte une dynamique de recherche inégalée sur le langage, la parole, la voix. Le rôle réciproque des universaux linguistiques et de la spécificité des langues (idiosyncrasies) entraîne une comparaison des langues du monde qui n'avait jamais été autant approfondie. Les études phonologiques restaient orientées, dans un premier temps, vers la recherche d'invariants. La variation, surtout due à des causes externes, n'était pas prise en compte alors qu'il s'agit d'une des caractéristiques essentielles des langues. La sociolinguistique et les analyses conversationnelles vont alors revenir vers des études jugées plus descriptives qu'explicatives, avec cependant des tentatives de formalisation et des explications partielles. Ainsi, la sociolinguistique explique et peut même prédire le changement historique des langues. La préoccupation tardive (ô combien !) de se rapprocher d'une « parole spontanée », porteuse d'émotions, va détacher un certain nombre de chercheurs des courants dominants de la recherche linguistique. Dans la seconde moitié du XX^e siècle et au début de celui-ci, l'informatisation de la plupart des disciplines scientifiques entraîne une nouvelle évolution, d'autant plus importante qu'elle se produit à l'intérieur d'un nouveau paradigme scientifique, celui des sciences cognitives. « La métaphore de l'ordinateur » y apparaît de manière plus ou moins explicite pour rendre compte du fonctionnement cérébral. La linguistique, qui a joué un rôle déterminant depuis le début avec le cognitivisme, et les autres disciplines concernées sont convoquées dans une vaste collaboration interdisciplinaire. Cet élargissement des perspectives d'étude du langage s'accompagne, dans les domaines de spécialité, d'une micro-analyse des phénomènes vocaux dont témoignent les travaux sur le timbre vocal.

Que devient alors l'homme parlant, dans l'unicité de son expérience personnelle du langage ? La nature profonde du langage résulte, d'une manière assez étonnante, de son découpage de l'espace phonique par le sens (et l'inverse). Ce n'est pas un moindre paradoxe que l'homme ait réussi à y ménager sa part de « signifiante » à ses risques et périls. N'est-ce pas la voix qui est le propre de l'homme ?

En conclusion, deux grands types d'approche des phénomènes linguistiques se sont développés, de manière parallèle, depuis plus de deux mille ans. Le premier relève d'une réflexion théorique conduite par les philosophes et les grammairiens sur la nature du langage et sur sa manifestation dans la parole, souvent mise en relation avec la raison. Le second vise davantage l'utilisation contrôlée, par un locuteur particulier, des pouvoirs non seulement de la parole mais aussi et surtout de la voix pour convaincre et persuader (en intégrant le rôle joué par les émotions). Cet aspect, plus orienté vers l'action, de la « phonascie » s'est transmis depuis l'antiquité jusqu'à nos jours. Issu de cette longue tradition, l'art de la déclamation continue de prendre en charge l'éducation de la parole et de la voix pour répondre à ses usages publics, voire professionnels : politiciens, prédicateurs, avocats, comédiens, entre autres, y ont recours dans un but d'efficacité. C'est tout naturellement à l'art de la déclamation que l'on s'est adressé aussi pour corriger les troubles de la parole et de la voix assimilés à des vices de prononciation. Mais comme il s'agit d'un entraînement, qui relève par là-même de la gymnastique, cette pratique a été vite contrôlée par l'hygiène médicale : tout abus de la voix pourrait être préjudiciable à celui qui s'y livrerait. Cependant, la séparation plus tranchée entre éducation et rééducation se produit vers la deuxième moitié du XIX^e siècle avec l'utilisation de techniques d'investigation spécifiquement médicales (comme la laryngoscopie) et, plus encore, le développement des recherches en neurologie, en particulier sur l'aphasie. Aux troubles de l'audition, de l'articulation et de la phonation s'ajoutent alors les troubles du langage. Avec les études sur l'hystérie, c'est la parole elle-même qui devient un moyen thérapeutique dans « la cure par la parole ». Dans un même temps, à distance des nouvelles ouvertures apportées par les pratiques psychanalytiques ou plus largement psychothérapiques, une rééducation volontariste et mécaniste se développe, dans la dernière partie du XIX^e siècle et la première moitié du XX^e siècle, appliquant l'instrumentation utilisée par la phonétique expérimentale. Elle sera suivie, dans la deuxième partie du siècle, par une évolution plus psychologisante de la pratique rééducative. Tout ceci explique la complexité de la situation actuelle où coexistent l'héritage d'une expérience accumulée sur plus de deux mille ans et les recherches scientifiques de pointe dans les domaines du langage, de la parole et de la voix. Le développement des techniques d'analyse et, plus récemment, de l'informatique vont conduire à un approfondissement et à un élargissement inégalés des connaissances sur le langage et la parole et plus encore sur la voix. À cela s'ajoute le rôle joué par les sciences cognitives où les modèles connexionnistes (Livet, 1995) succédant au cognitivisme chomskyen ont conduit à une prise de distance par rapport aux recherches, devenues de plus en plus abstraites, sur la nature spécifique du langage articulé. De nouveaux modèles, centrés davantage sur le locuteur parlant, se préoccupent moins de la systématisation des phénomènes linguistiques et accordent une place plus importante aux processus mis en jeu. C'est le cas, après la théorie de l'optimalité, de la théorie des exemplaires (Pierrehumbert, 2001). On peut

s'attendre, avec cette nouvelle orientation des recherches linguistiques et surtout phonétiques (après les études très poussées de la coarticulation auxquelles s'ajoutent celles des phénomènes acoustiques, perceptifs et psychologiques envisagés simultanément), à une évolution plus convergente de la recherche fondamentale et des applications à la pathologie du langage et par là-même aussi à une meilleure prise en charge des patients, dont tout naturellement les enseignants très exposés vocalement dans toutes les dimensions de leur vécu.

BIBLIOGRAPHIE

ABEILLE A. Grammaires génératives et grammaires d'unification. *Langages* 1998, **129** : 24-36

ABERCROMBIE D. *Studies in Phonetics and Linguistics*. Oxford University Press, London, 1965

ALFERI P. Guillaume d'Ockham, le singulier. Éditions de Minuit, Paris, 1989

AMMAN JC. *Surdus loquens, sive methodus qua qui surdus natus est loqui discere possit*. Amsterdam, 1692 (Traduction de Beauvais de Préau à la suite du Cours élémentaire d'éducation des sourds et muets par l'abbé M. Deschamps, Frères Debure, Paris, 1779)

ANDERSON JM, EWEN C. *Principles of Dependency Phonology*. Cambridge University Press, Cambridge (Massachusetts), 1987

ANTOINE G, MARTIN R. *Histoire de la langue française 1880-1914*. Éditions du CNRS, Paris, 1995

ANTOINE G, CERQUIGLINI B. *Histoire de la langue française 1945-2000*. Éditions du CNRS, Paris, 2000

AQUAPENDENTE FH. *Tractatus anatomicus triplex, quorum primus De Oculo, secundus De Aure, tertius De Larynge Organo*. Iohan Theodorum de Bry, 1614

AQUIN T (saint). *Somme théologique*. (4 tomes), Éditions du Cerf, Paris, 1984-1986

ARISTOTE. *Organon I Catégories II. De l'interprétation*. Traduction et notes de J. Tricot, Vrin, bibliothèque des textes philosophiques, Paris, 1984

ARISTOTE. *Problèmes. Section I-X, tome I*. Belles Lettres, Paris, 1991

ARISTOTE. *Problèmes. Sections XI-XXVII, tome II*. Belles Lettres, Paris, 1993

ARISTOTE. *Problèmes. Sections XXVIII-XXXVIII, tome III*. Belles Lettres, Paris, 1994

ARISTOTE. *Rhétorique*. Collection Tel, Gallimard, Paris, 1998

ARISTOTE. *Les politiques*. Collection GF Flammarion, Flammarion, Paris, 1999

ARISTOXENE DE TARENTE. *Harmonica Elementa*. DA RIOS R (ed). Typis Publicae Officinae Polygraphicae, Rome 1954

- ARNAUD A, LANCELOT C. Grammaire générale et raisonnée : contenant les fondements de l'art de parler expliqués d'une manière claire et naturelle. 1660. Réédition Prault fils l'aîné, Paris, 1754 (site Internet : <http://gallica.bnf.fr>)
- ARRIVE M. Langage et psychanalyse, linguistique et inconscient. PUF, Paris, 1994
- AUGUSTIN (saint). Œuvres complètes (3 vol.). Gallimard, bibliothèque de La Pléiade, Paris, 1998
- AUROUX S. La révolution technologique de la grammatisation. Introduction à l'histoire des sciences du langage. Éditions Mardaga, Liège, 1994
- AUROUX S. La raison, le langage et les normes. PUF, Paris, 1998
- AUROUX S. Histoire des idées linguistiques (3 vol.). Éditions Mardaga, Liège, 1989-2000
- BALL MJ, RAHILLY J, TENCH P. The Phonetic Transcription of Disordered Speech. Singular Publishing Group Inc, San Diego/London, 1995
- BELIS A. Les musiciens dans l'antiquité. Hachette, Paris, 1999
- BELL AM. Visible Speech : the Science of Universal Alphabets, or Self-interpreting Physiological Letters, for the Writting of All Languages in One Alphabet. Simpkin, Marshall & Co, Londres, 1867
- BERGOUNIOUX G. Aux origines de la linguistique française. Agora Pocket, Paris, 1994
- BERNARD C. Introduction à la médecine expérimentale. 1865. Réédition Flammarion Champs, Paris, 1993
- BESCHERELLE LN, BESCHERELLE HH. Grammaire nationale. 1834. Douzième édition Garnier Frères, 1864
- BIRD S. Computational Phonology. Cambridge University Press, Cambridge (Massachusetts), 1995
- BIRDWHISTELL RL. Introduction to Kinesics. DC Foreign Service Institute, Washington, 1952
- BLOCH B, TRAGER GL. Outline of Linguistic Analysis. Waverly Press, Baltimore, 1942
- BLOOMFIELD L. Introduction to the Study of Language. Holt, New-York, 1914
- BLOOMFIELD L. Language. Holt, Rinehart and Winston, New York, 1933 (Traduction française : Le langage. Payot, Paris, 1970)
- BOE LJ. Sciences phonétiques et relations forme/substance. Un siècle de ruptures, négociations et réorganisations. *Histoire Epistémologie Langage* 1997a, **19**. **1** : 5-42
- BOE LJ. Sciences phonétiques et relations forme/substance. Du poids de la substance sur la forme aux réarticulations scientifiques. *Histoire Epistémologie Langage* 1997b, **19**. **2** : 5-26
- BOHAS G, GUILLAUME JP. Étude des théories des grammairiens arabes. Institut Français, Damas, 1984

- BOLTANSKI JE. Nouvelles directions en phonologie. PUF, Paris, 1999
- BONET JP. Reduccion de las letras y arte para enseñar a ablar los mudos. Abarca de Angulo, Madrid, 1620
- BOPP F. Vergleichende Grammatik, des Sanskrits, Zend, Griechischen, Hateinischen, Gothischen und Deutschen. Berlin, 1833. 2^e édition 1857-1860 (2 vol.). (Traduction française par Michel Bréal : Grammaire comparée des langues indoeuropéennes comprenant le sanscrit, le zend, l'arménien, le grec, le latin, le lithuanien, l'ancien slave, le gothique et l'allemand. Imprimerie impériale et imprimerie nationale, 1866-1874). Nouvelle édition 1885-1889 (5 vol.)
- BOURDIEU P. La distinction, critique sociale du jugement. Éditions de Minuit, Paris, 1979
- BRANDÃO DE CARVALHO. De quoi sont faites les voyelles ? Phonologie tridimensionnelle des particules et harmonie vocalique. In : De Natura Sonorum. LACKS ET PLÉNAT (eds). Presses Universitaires de Vincennes, Paris, 1993
- BRÉAL M. Essai de sémantique (science des significations). Hachette, Paris, 1897
- BREDSORFF JH. Über die Ursachen der Sprachveränderungen. 1821. Réédition Beiträge zur Linguistik 13, Tübingen, 1975
- BREUER J, FREUD S. Études sur l'hystérie. 1895. Réédition PUF, Paris, 2002
- BROCA P. Sur le principe des localisations cérébrales. *Bulletin de la Société d'Anthropologie* 1861, 2 : 190-204
- BROCA P. Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie, perte de la parole. *Bulletins et Mémoires de la Société Anatomique de Paris* 1861, 36 : 330-357
- BROWMAN CP, GOLDSTEIN LM. Articulatory Phonology : an Overview. *Phonetica* 1992, 49 : 155-180
- BRÜCK E. Grundzüge der Physiologie und Systematik des Sprachlautes. C. Gerold & Sohn, Vienne, 1856
- BRUGMANN KF. Kurze vergleichende Grammatik der indogermanischen Sprachen auf Grund der « Grundriss der vergleichenden Grammatik der indogermanischen Sprachen » von K. Brugmann und B. Delbrück. Trüber, Strasbourg, 1904 (Traduction française : Abrégé de grammaire comparée des langues indoeuropéennes. Klincksieck, Paris, 1905)
- BRUNOT F. Histoire de la langue française. De l'époque latine à l'époque réaliste. (21 vol.) Nouvelle édition A. Colin, Paris, 1966-1968
- CABANIS PJG. Rapports du physique et du moral de l'homme. 1^{re} édition, 1802. Nouvelle édition du docteur Cerise, Fortin, Masson et C^{ie}, Paris, 1843 (site Internet : <http://www.bium.univ-paris5.fr>)
- CALLIOPE. La parole et son traitement automatique. Masson, Paris, 1989
- CALVET LJ. Histoire de l'écriture. Plon, Paris, 1996
- CARTON F. La phonétique expérimentale, la phonologie, les archives sonores. In : Histoire de la langue française. ANTOINE G, MARTIN R (eds). CNRS éditions, Paris, 1995 : 873-894

- CATACH N. Histoire de l'orthographe française. Édition posthume de R. Honvault avec la collaboration de I. Rosier-Catach, Champion, Paris, 2001
- CERQUIGLINI B. Éloge de la variante. Histoire critique de la philologie. Seuil, Paris, 1989
- CHATELET F. (dirigé par) Histoire de la philosophie, idées, doctrines. (8 vol.), Hachette, Littérature, Paris 1972-1973
- CHLADNI E. Discovery of the Theory of Pitch. 1787 (Traduction française : Traité d'acoustique. Courcier, Paris, 1809)
- CHOMSKY N. Syntactic Structures. Mouton, La Haye, 1957 (Traduction française : Structures syntaxiques. Seuil, Paris, 1969)
- CHOMSKY N. Aspects of the Theory of Syntax. MIT Press, Cambridge, 1965 (Traduction française : Aspects de la théorie syntaxique. Seuil, Paris, 1971)
- CHOMSKY N. Cartesian Linguistics. A chapter in the History of Rationalist Thought. Harper and Row, New York, 1966 (Traduction française : La linguistique cartésienne, suivie de La nature formelle du langage. Seuil, Paris, 1969)
- CHOMSKY N, HALLE M. The Sound Pattern of English. Harper and Row, New York, 1969 (Traduction française partielle : Principes de phonologie générative. Seuil, Paris, 1973)
- CHOMSKY N. Essays on Form and Interpretation. North Holland, New York, 1977
- CHOMSKY N. Some Concepts and Consequences of the Theory of Government and Binding. MIT Press, Cambridge, 1982 (Traduction française : La nouvelle syntaxe. Seuil, Paris, 1987)
- CHOMSKY N. The Minimalist Program. MIT Press, Cambridge, 1995
- CICERON. Brutus. Belles Lettres, Paris, 1974
- CICERON. De l'orateur. Belles Lettres, Paris, 2003
- CLEMENTS N. The Geometry of Phonological Features. *Phonology Yearbook* 1985, 2 : 225-252
- CLÉRICO G. Cacophonies et défauts de prononciation : quelques relectures des anciens à la Renaissance. In : À haute voix, diction et prononciation aux XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles. ROSENTHAL O (ed). Klincksieck, Paris, 1998 : 193-206
- COLLINGE NE. The Laws of Indo-European. Amsterdam Studies in the Theory and History of Linguistic Science, série IV : Current issues in Linguistic Theory, John benjamins, Amsterdam, 1985
- COLOMBAT M. Traité médico-chirurgical des maladies des organes de la voix, ou recherches théoriques et pratiques sur la physiologie, la pathologie, la thérapeutique et l'hygiène de l'appareil vocal. Mansut fils, Paris, 1834 (site Internet : <http://www.bium.univ-paris5.fr>)
- COLOMBAT B. La grammaire latine en France à la Renaissance et à l'âge classique. Théories et pédagogie. Éditions de l'université Stendhal (ELLUG), Grenoble, 1999

COLOMBAT M. L'orthophonie ou physiologie et thérapeutique du bégaiement et de tous les vices de la prononciation. 2^e édition, Mansut fils, Paris, 1831

CONDILLAC E (Bonnot de). Essai sur l'origine des connaissances humaines. 1^{re} édition, 1749. Réédition d'après la 3^e édition de 1777, Vrin, Bibliothèque des textes philosophiques, Paris, 2002

CORMENIN LM (vicomte de). Le livre des orateurs. Pagnerre, Paris, 1836

COSNIER J, KERBRAT-ORECCHIONI C. Décrire la conversation. Presses Universitaires de Lyon, Lyon, 1987

COSNIER J. Les deux voies de communication des émotions. In : Perspectives actuelles sur les émotions. Cognition, langage et développement. COLLETTA JM, TCHERKASSOF A (eds). Mardaga, Hayen, 2003

COURT DE GÉBELIN A. Histoire naturelle de la parole ou origine du langage, de l'écriture et de la grammaire universelle : à l'usage des jeunes-gens. Imprimerie Valleyre Aîné, Paris, 1772 (site Internet : <http://gallica.bnf>)

COUZINET MD, STASZAK JF. À quoi sert la théorie des climats ? Éléments d'une histoire du déterminisme environnemental. *Corpus (Géographies et philosophies)* 1998, **34**

CZERMAK JN. Du laryngoscope et de son emploi en physiologie et en médecine. Baillière, Paris, 1860

DALGARNO G. Ars signorum. J. Hayes, London, 1661. Disdascalocophus of the Deaf and Dumb Man's Tutor. 1680. On Universal Language. The Art of Signs (1661), The Deaf and Dumb Man's Tutor (1680) and The Unpublished Papers. CRAM D, MAAT J (eds). Oxford University Press, Oxford, 2001

DANDREY P. La voix au XVII^e siècle. In : *Littératures classiques* 1990, **12**

DANILOFF R, HAMMARBERG R. On Defining Coarticulation. *Journal of Phonetics* 1973, **1** : 239-248

DARWIN CH. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. J. Murray, London, 1859

DARWIN CH. The Expression of the Emotions in Man and Animals. J. Murray, London, 1872

DAVIDSON RJ, GOLDSMITH HH, SCHERER KR. Handbook of Affective Sciences. Oxford University Press, Oxford, 2003

DE BROSSES C. Traité de la formation mécanique des langues et des principes physiques de l'étymologie. (2 tomes). Saillant, Vincent, Desaint, Paris, 1765

DE GUBBIO G. Manuel du provençal ou les provençalismes corrigés à l'usage des habitants des départements des Bouches-du-Rhône, du Var, des Basses-Alpes, du Vaucluse et du Gard. Aubin, Aix, Camoin et Masvert, Marseille, 1836

DE CORDEMOY G. Discours physique de la parole. F. Lambert, Paris, 1668

DECLERCQ G. L'art d'argumenter. Structures rhétoriques et littéraires. Éditions universitaires, s.l. 1992

DELEUZE G. À quoi reconnaît-on le structuralisme ? In : Histoire de la philosophie (tome VIII). Le XX^e siècle. CHÂTELET F (ed). Hachette, Paris, 1973, nouvelle édition 2000 : 299-335

DELL F, HIRST D, VERGNAUD JR. Forme sonore du langage. Herman, Paris, 1984

DEMONET ML. Les voix du signe. Nature et origine du langage à la Renaissance (1480-1580). Champion, Paris, 1992

DEMONET ML. Le statut des consonnes et la notion d'articulation : un chapitre de somantique. In : À haute voix, diction et prononciation aux XVI^e et XVII^e siècles. ROSENTHAL O (ed). Klincksieck, Paris, 1998 : 207-222

DEMOSTHENE. Harangues. Les belles Lettres, Paris, tome 1, 1968 et tome 2, 2003

DENYS LE THRACE. Grammaire. Réédité par J. Lallot, Éditions du CNRS, Paris, 1998

DESBORDES F. Scripta varia. Rhétorique antique et littérature latine. Textes réunis par G. Clérico et J. Soubirara, Peeters, Leuven, 2006

DESGROUAIS. Les gasconismes corrigés. JJ Robert, Toulouse, 1766

DESTUTT DE TRACY A. Grammaire générale, 1803. Réédition, Vrin, Paris, 1970

DIDEROT D, D'ALEMBERT J. Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers. Briasson, David, Le Breton, Durand, Paris, 1751-1772

DODART. Mémoire sur les causes de la voix de l'homme et de ses différents tons. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, Paris, 1700 : 238-268

DOUAY-SOUBLIN F. La rhétorique en France au XIX^e siècle à travers ses pratiques et ses institutions : restauration, renaissance, remise en cause. In : Histoire de la rhétorique dans l'Europe moderne (1450-1950). FUMAROLI M (ed). PUF, Paris, 1999

DU BOS (abbé). Réflexions critiques sur la poésie et la peinture. Mariette, Paris, 1719. Reprints Slatkine, Genève, 1982

DU HAMEL JB. De corpore animato, Paris, 1673

DU MARSAIS CCH. Des tropes ou des diférens sens dans lesquels on peut prendre un même mot dans une même langue. Chez la Veuve de JB. Brocas, Paris 1730. Réédition présentée, commentée et annotée par F. Douai, Flammarion, Paris, 1988

DUBOIS J, HECAEN H. Naissance de la neuropsychologie du langage. Flammarion, Paris, 1997

DUCKETT W. Dictionnaire de la conversation et de la lecture. 1803-1863. 2^e édition refondue, F. Didot, Paris, 1864

DUCROT O, SCHAEFFER JM. Nouveau dictionnaire encyclopédique des sciences du langage. Seuil, Paris, 1995

EIMAS PD, SIQUELAND ER, JUSCZYK PW, VIGORETO J. Speech Perception in Infants. *Science* 1971, 171 : 303-306

ELDRIGE. Six Thousand Common English Words. The Clement Press, Buffalo, 1911

ÉPÉE (abbé de l'). Institution des sourds et muets, par la voie des signes méthodiques ; ouvrage qui contient le projet d'une langue universelle, par l'entremise des signes naturels assujétis à une méthode. Nyon l'Aîné, Paris, 1776

ERASME. De recta latini graecique sermonis pronuntiatione. Bâle, 1528. Robert Estienne, Paris, 1547

EUSTACHI B. Tabulae anatomicae Bartolomaei Eustachi quas e tenebris tandem vindicatas. Francesco Gonzaga, Rome, 1714

FECHNER G. Elemente der Psychophysik. (2 vol.) Druck und Verlag von Breitkopf & Härtel, Leipzig, 1889

FÉLINE A. Dictionnaire de la prononciation de la langue française indiquée au moyen des caractères phonétiques, précédé d'un mémoire sur la réforme de l'alphabet. Firmin Didot frères, Paris, 1851

FERREIN A. De la formation de la voix de l'homme. Séance du 15 novembre 1741 de l'Académie des Sciences de Paris. Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris, Imprimerie Royale, Paris, 1754

FIRTH JR. Sounds and Prosodies. *Transactions of the Philological Society* 1948, 4 : 127-152

FODOR JA. Modularity of Mind. MIT Press, Cambridge, 1983

FÓNAGY I. La vive voix. Essais de psycholinguistique. Payot, Paris, 1983

FONTANIER P. Les figures du discours. Manuel classique pour l'étude des tropes. 1821. Des figures autres que les tropes. 1827. Flammarion, Champs, Paris, 1993

FOURIER JBJ. Théorie analytique de la chaleur. Firmin-Didot père et fils, Paris, 1822

FOWLER CA. Timing Control in Speech Production. Indiana University Linguistics Club, Bloomington, 1977

FUMAROLI M. Histoire de la rhétorique dans l'Europe moderne (1450-1950). PUF, Paris, 1999

GALIEN. Œuvres anatomiques, physiologiques et médicales. (vol. 1 et 2), Ch. Daremberg, JB. Baillière, Paris, 1854-1856

GIRAULT-DUVIVIER CHP. Grammaire des grammaires. A. Cotelle, Paris, 1811

GOLDSMITH J. Autosegmental Phonology (Ph.D. thesis MIT). Garland Publishing, New York, 1976

GOLDSMITH J. The Last Phonological Rule. University of Chicago Press, Chicago, 1993

GYARMATHI S. Affinitas linguae hungaricae cum linguis fennicae originis grammaticè demonstrata. Göttingen, 1799. Grammatical Proof of the Affinity of the Hungarian Language with Languages of Fennic Origin. Translated, annotated and introduced by V.E. Hanzeli, Amsterdam Classics in Linguistics, 15, EFK. Koerner, John benjamins, Amsterdam, 1983

- HANDBOOK OF THE INTERNATIONAL PHONETIC ASSOCIATION. Cambridge university Press, Cambridge, 1999
- HARDCASTLE J, LAVER J. The handbook of Phonetic Sciences. Blackwell Publishers, Oxford, 1997
- HARRIS ZS. Methods in Structural Linguistics. University of Chicago Press, Chicago, 1951
- HARRIS ZS. Discourse Analysis Reprints. Mouton, La Haye, 1963
- HELLWAG CF. Dissertatio inauguralis Physiologico Medica de Formatione Loquela. Thèse soutenue à Tubingen en 1781
- HELMOLTZ HL (von). Die Lehre der Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. F. Vieweg, Braunschweig, 1863
- HELMONT FM (von). Alphabeti vere Naturalis Hebraici brevissima delineatio. A. Lichtenhaler, Sulzbach, 1667
- HIPPOCRATE. Œuvres complètes par E. Littré (10 vol.), J.B. Baillière, Paris, 1839-1861 (site Internet : <http://www.bium.univ-paris5.fr/>)
- HIRST D, DI CRISTO A. Intonation Systems: a Survey of Twenty Languages. Cambridge University Press, Cambridge, 1998
- HJELMSLEV L. Prolegomènes à une théorie du langage (en danois). 1943 (Traduction française : Éditions de Minuit, Paris, 1968)
- HOLDER W. Elements of Speech : an Essay of Inquiry into the Natural Production of Letters. J. Martin, London, 1669
- HOLDER W. Elements of Speech and Discourse Concerning Time. Reprint of 1669 edition, Ams Press, New York, 1975
- HOMBERT JM. Aux origines des langues et du langage. Fayard, Paris, 2005
- HUMBOLDT W (von). Sur le caractère national des langues et autres écrits sur le langage. Édition bilingue allemand-français de D. Thouard, Seuil, Paris, 2000
- JACCOUD. Dictionnaire de médecine et de clinique pratiques. 1864-1886
- JAKOBSON R. Kindersprache, Aphasie und Allgemeine Lautgesetze. Uppsala, 1941 (Traduction française : Langage enfantin et aphasie. Éditions de Minuit, Paris, 1969)
- JAKOBSON R. Closing Statements : Linguistics and Poetics. In : Style in Language. SEBEOK TA (ed). New York, 1960
- JAKOBSON R, FANT CG, HALLE M. Preliminaries to Speech Analysis. The distinctive Features and their Correlates. MIT Press, Cambridge, 1963
- JAKOBSON R. Essais de linguistique générale tome 1 (traduit et préfacé par Ruwet N.) Éditions de Minuit, Paris, 1963
- JAKOBSON R. Essais de linguistique générale tome 2. Rapports internes et externes du langage. Éditions de Minuit, Paris, 1973

JESPERSEN O. Language, its Nature, Development and Origin. Allen and Unwin, London, 1922

KAEDING FW. Häufigkeits wörterbuch der deutschen Sprache. Festgestellt durch einen Arbeitsausschuss der deutschen Stenographie-Systeme. Selbstverlag, Steglitz, Berlin, 1897-1898

KAYE J, LOWENSTAMM J, VERGNAUD JR. The Internal Structure of Phonological Segments : a Theory of Charm and Government. *Phonology Yearbook* 1985, 2 : 305-328

KELLY J, LOCAL J. Doing Phonology. Manchester University Press, Manchester, 1988

KELSO JAS, SALTZMAN E, TULLER B. The Dynamical Perspective on Speech Production : Data and Theory. *Journal of Phonetics* 1986, 14 : 29-59

KEMP JA. Phonetic Transcription: History. In : The Encyclopedia of Language and Linguistics. ASHER RE, SIMPSON JMY (eds). Pergamon Press, Oxford, 1994 : 3040-3051

KEMPELEN JW (von). Mechanismus der menschlichen Sprache nebst Beschreibung einer Sprechenden Maschine, JB. Degen, Wien, 1791

KERBRAT-ORECCHIONI C. Les interactions verbales. A. Colin, Paris, 1990

KIRCHER A. Musurgia universalis sive ars magna consoni et dissoni in X libris digesta. Ex typographia Haeredum Francisci Corbeletti (2 tomes), Rome, 1650

KOENIG R. Quelques expériences d'acoustique. 27 quai d'Anjou, Paris, 1882

KUHL PK, MILLER JD. Speech Perception by the Chinchilla : Voiced-voiceless Distinction in Alveolar Plosive Consonants. *Science* 1975, 190 : 69-72

KUHL PK. Innate Predispositions and the Effects of Experience in Visual Perception : the Native Language Magnet Theory. In : Developmental Neurocognition : Speech and Face Processing in the First Year of Life. BOYSSON-BARDIES D, DE SCHONEN S, JUSCZYK P, MCNEILAGE P, MORTON J (eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1993 : 259-274

KUSSMAUL A. Die Störungen der Sprache Versuch einer Pathologie der Sprache. Vogel, Leipzig 1877. Traduction française et notes de A. Rueff, JB. Baillière et fils, Paris, 1884 (site Internet : <http://gallica.bnf>)

LABOV W. The Social Stratification of English in New York City. Center of Applied Linguistics, Washington DC, 1966

LABOV W. Sociolinguistic Patterns. University of Pennsylvania Press, 1972 (Traduction française : Sociolinguistique. Éditions de Minuit, Paris, 1976)

LABOV W, FANSHEL D. Therapeutic Discourse. New York Academic Press, New York, 1977

LABOV W. Le parler ordinaire, la langue dans les ghettos noirs des États-Unis. Éditions de Minuit, Paris, 1979

LACHARITÉ D, PARADIS C. The Emergence of Constraints in Generative Phonology. *Canadian Journal of Linguistics* 1993, 38 : 155-167

- LAKS B, RIALLAND A. Architecture des représentations phonologiques. CNRS Éditions, Paris, 1993
- LAKS B. Nouvelles phonologies. *Langages* 1997, **125**
- LAKS B. Où en est la phonologie du français ? *Langue française* 2000, **126**
- LALLOT J. Etudes sur les grammairiens grecs. *Histoire, Epistémologie, Langage* 1985, **7**. 1
- LAMBERT TEN KATE HZ. Geméenschapstussen de Gottische Spraeke ende Nederduyt-sche. Jan Rieuwertsz, Amsterdam, 1710
- LAMY B. La rhétorique ou l'art de parler. 1^{re} édition, 1675. Édition critique établie par B. Timmermans, PUF, L'interrogation philosophique, Paris, 1998
- LARIVE J (dit Mauduit). Cours de déclamation divisé en douze séances. Veuve Tilliard et fils, Paris, 1804
- LAW V. The History of Linguistics in Europe. From Plato to 1600. Cambridge University Press, Cambridge, 2003
- LAZICZIUS G. Selected Writings. SEBEOK TA (ed). Mouton, The Hague, 1966
- LE CLERC JV. Nouvelle rhétorique. Auguste Delalain, Paris, 1823
- LÉON P. Précis de phonostylistique. Parole et expressivité. Nathan, Paris, 1993
- LEPSCHY G. History of Linguistics (4 vol.). Longman, London & New York, 1994
- LEVELT WJM. From Intention to Articulation. MIT Press, Cambridge, 1989
- LHUYD E. Glossography. *Archeologia Britannica* 1707, **1** (printed at the Theater for the Author, Oxford)
- LIBERMAN AM, HARRIS KS, HOFFMAN H, GRIFFITH B. The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology* 1957, **54** : 358-368
- LIBERMAN AM, COOPER FS. Perception of the Speech Code. *Psychological review* 1967, **74** : 431-461
- LIBERMAN AM, PRINCE A. On Stress and Linguistic Rhythm. *Linguistic Inquiry* 1977, **8** : 249-336
- LINDBLOM B. Economy of Speech Gestures. In : The Production of Speech. MAC NEILAGE (ed). Springer Verlag, New York, 1983 : 217-245
- LINDBLOM B. Explaining Variation : a Sketch of the H and H Theory. In : Speech Production and Speech Modeling. HARDCASTLE WJ, MARCHAL A (eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1990 : 403-440
- LITTRÉ PE. Dictionnaire de la langue française. En ligne : XM Littré par F. Gannaz
- LUDWIG KFW. Beiträge zur Kenntniss des Einflusses der Respirations bewegungen auf den Butlauf im Aortensysteme. *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin* 1847 : 242-302
- LIVET P. Connexionisme et fonctionnalisme. *Intellectica* 1995, **21** : 175-197

- MAC NAMEE T. Normativity in 18th century Discourse on Speech. *Journal of Communication Disorders* 1984, 17 : 407-423
- MALMBERG B. Histoire de la linguistique de Sumer à Saussure. PUF, Paris, 1991
- MALMBERG B. Les domaines de la phonétique. PUF, Paris, 1971
- MALSON L. Les enfants sauvages. Mythe et réalité, suivi de Mémoire et rapport sur Victor de l'Aveyron par Jean Itard. Union générale des éditeurs, collection 10/18, Paris, 1964
- MARCHAL A. La palatographie. Éditions du CNRS, Paris, 1988
- MAREY EJ. La méthode graphique dans les sciences expérimentales et particulièrement en physiologie et en médecine. G. Masson, Paris, 1878
- MARTINET A. La prononciation du français contemporain. Droz, Genève, 1954
- MARTINET A. Économie des changements phonétiques. Traité de phonologie diachronique. A. Francke, Berne, 1955
- MARTINET A. La description phonologique avec application au parler franco-provençal d'Hauteville (Savoie). Droz, Genève et Minard, Paris, 1956
- MARTINET A. Éléments de linguistique générale. A. Colin, Paris, 1960
- MEIGRET L. Traité touchant le commun usage de l'écriture françoise (propositions orthographiques pour aligner écriture sur prononciation). Paris, 1542. Réimpression Slatkine, Genève, 1972
- MEILLET A. Linguistique historique et linguistique générale (2 vol.). Champion et Klincksieck, Paris, 1921-1936 (tome 1 réédité en 1958 et tome 2 en 1952)
- MEILLET A. La méthode comparative en linguistique. Paris et Oslo, 1925. Réédition Champion, Paris, 1966
- MEILLET A. Introduction à l'étude comparative des langues indo-européennes. Paris, 1937. Réimprimé par Hachette (8^e édition), Paris, 1964
- MERKEL CL. Anatomie und Physiologie des menschlichen Stimm-und Spachorgans (Anthropophonik). Leipzig, 1857
- MERSENNE M. Harmonie universelle. Fac-similé de l'édition de 1636 par F. Lesure, Éditions du CNRS, Paris, 1963
- MICAL (abbé). Têtes parlantes. Présentation à l'Académie des Sciences de Paris le 2 juillet 1783
- MICHAELIS H, PASSY P. Dictionnaire phonétique de la langue française. Carl Mayer, Hanover, Berlin, 1897
- MOHANAN KP. The Theory of Lexical Phonology. Reidel, Dordrecht, 1986
- MORIER H. Dictionnaire de poétique et de rhétorique. 5^e édition, PUF, Paris, 1998
- MOSES E. Phonetics. History and Interpretation. Prentice Hall, sl 1964
- 96 MOUNIN G. Histoire de la linguistique des origines au XX^e siècle. PUF, Paris, 1967

- MOUNIN G. Introduction à la sémiologie. Éditions de Minuit, Paris, 1970
- MOUNIN G. La linguistique au XX^e siècle. PUF, Paris, 1972
- MÜLLER M. Mythologie comparée. Edition établie, présentée et annotée par P. Brunel, R. Laffont, Bouquins, Paris, 2002
- NESPOR M, VOGEL I. Prosodic Phonology. Foris, Dordrecht, 1986
- NODIER CH. Notions élémentaires de linguistique ou histoire abrégée de la parole et de l'écriture. Pour servir d'introduction à l'alphabet, à la grammaire et au dictionnaire. Eugène Randuel, Paris, 1834. Nouvelle édition établie, présentée et annotée par JF. Jeandillon, Droz, Genève, 2005
- OCKHAM G (d'). Somme de logique. 1323. Traduction de J. Biard, Trans Europe Repress (tomes 1, 2, 3, 1^{re} partie), Mauvezin, 1993, 2000, 2003 (bilingue français/latin)
- OHALA JJ. The Integration of Phonetics and Phonology. *Proceedings of the XIIth International Congress of Phonetic Sciences*, Aix-en-Provence 1991, 1 : 1-16
- OLIVET PJ. Traité de prosodie française. Gandouin, Paris, 1738
- PALLAUD B. La transgression et la variation. *Marges linguistiques* 2004, 2 : 12p
- PANCKOUCKE CLF. Dictionnaire des sciences médicales. 1812-1822
- PANINI. Astadhyay. Translation by SM. Katre, University of Texas Press, Austin, 1987
- PAUL H. Principien der Sprachgeschichte. M. Niemayer, Halle, 1880. 2^e édition, 1886
- PEIRCE CHS. Collected Papers. Harvard University Press, Cambridge, 1931-1935
- PEIRCE CHS. The Essential Peirce. (2 vol.). HOUSER N, KLOESEL C, THE PEIRCE EDITION PROJECT (eds). Indiana University Press, Bloomington, 1992-1998
- PIERREHUMBERT JB, BECKMAN ME. Japanese Tone Structure, Linguistic Inquiry Monograph 17. The MIT Press, Cambridge, 1988
- PIERREHUMBERT JB. Exemplar Dynamics: Word Frequency, Liniton and Contrast. In : Frequency and the Emergencer of Linguistic Structure. BYBEE J, HOPPER P (eds). John Benjamins, Amsterdam, 2001
- PLATON. Protagoras – Euthydème – Gorgias – Ménexème, Ménon – Cratyle. Traduction, notices et notes par E. Chamby, GF. Flammarion, Paris, 1967
- PRINCE A, SMOLENSKY P. Optimality Theory. Constraint Interaction in Generative Grammar. Ms, Rutgers University and University of Colorado, Boulder, 1993
- PRINCE A. Relating to the Grid. *Linguistic Inquiry* 1983, 11 : 511-561
- QUEMADA B. Les dictionnaires du français moderne, 1539-1863. Didier, Paris, 1968
- QUINTILIEN. De l'institution oratoire. (7 vol.). Traduit et édité par J. Cousin, Les Belles Lettres, Paris, 1975-1980
- RAPP KM. Versuch einer Physiologie der Sprache. S. Ohleder, Stuttgart, 1836

RASK R. Ausgewählte Abhandlungen. Edited by L. Hjelmslev, Levin and Munksgaard, Kopenhagen, 1932

RASTIER F, BOUQUET S. Une introduction aux sciences de la culture. PUF, Paris, 2002

RAYNOUARD F. Choix de poésies originales des troubadours. (6 vol.), Didot, Paris, 1816-1821

REBOUL O. Introduction à la rhétorique. PUF, Paris, 1991

RESTAUT. Traité d'orthographe et de prononciation française (augmenté de la prosodie par Roger). (2 vol.), Richard, Caille et Ravier, Paris, 1800

REY C. Analyse et informatisation des articles traitant de l'étude des sons dans le dictionnaire « Grammaire & Littérature » de Nicolas Beauzée et Jean-François Marmontel, issu de l'« Encyclopédie Méthodique ». Thèse sous la direction de Françoise Douay, Aix-en-Provence, Université de Provence, 16 novembre 2004 (non publiée)

ROBINS R. A Short History of Linguistics. Longman, Green and Co, London, 1967. Nouvelle édition, Longman, London, 1997

ROHAULT J. Traité de physique. (2 vol.), Denys Thierry, Paris, 1671

ROSAPELLE CL. Inscription des mouvements phonétiques. Physiologie expérimentale. *Travaux du Laboratoire de M. Marey* 1876, 2 : 109-131

ROSENTHAL O. À haute voix. Diction et prononciation aux XVI^e et XVII^e siècles. Klincksieck, Paris, 1998

ROUDET L. Une méthode expérimentale pour l'étude de l'accent. *La Parole* 1889, 5

ROULET E. L'articulation du discours en français contemporain. Peter Lang, Berne, 1985

ROUSSEAU JJ. Œuvres complètes. Vol. V. Écrits sur la musique, la langue et le théâtre. Édition publiée sous la direction de B. Gagnebin et M. Raymond, Gallimard, Bibliothèque de la Pléiade, Paris, 1995

ROUSSELLE A. Parole et inspiration : le travail de la voix dans le monde romain. *History and Philosophy of the Life Sciences* 1983, 5 : 129-157

ROUSSELOT JP. Principes de phonétique expérimentale (2 vol). 1897-1908. Didier, Paris, 1924 (nouvelle édition)

RUBEN RJ. Sign Language : its History and Contribution to the Understanding of the Biological Nature of Language. *Acta Oto-Laryngologica* 2005, 25 : 464-467

SACY AI. Principes de grammaire générale mis à la portée des enfants et propres à servir d'introduction à l'étude de toutes les langues. AA. Lottin, Paris, 1799

SAPIR E. Language : an Introduction to the Study of Speech. Harcourt, Brace and World, New York, 1921 (Traduction française : Le langage. Payot, Paris, 1953)

SAUSSURE FDE. Cours de linguistique générale. Payot, Paris, 1916

SAUVEUR J. Principes d'acoustique et de musique. Mémoires de l'Académie des Sciences, Paris, 1701. Minkoff reprint, Genève, 1973

- SCALIGER JC. De causis linguae latinae. S. Gryphe, Lyon, 1540
- SCHANE SA. The Fundamentals of Particle Phonology. *Phonology Yearbook* 1984, 1 : 129-155
- SCHLEICHER A. Compendium der Vergleichenden Grammatik der Indogermanischen Ursprache. H. Böhlau, Weimar, 1861 (en ligne ENS-LSH/CTLF 2004)
- SELKIRK EO. The Phrase Phonology of English and French. PhD MIT, Cambridge, 1972 (unpublished)
- SELKIRK EO. Phonology and Syntax : the relation between Sound and Structure. MIT Press, Cambridge, 1984
- SIEVERS E. Grundzüge der Phonetik zur Einführung in das Studium der Lautlehre der Indogermanischen Sprachen. Halle an der Saale, 1876. 4^e édition Breitkopf und Härtel, Leipzig, 1893
- STEELE J. Prosodia Rationalis or an Essay towards Establishing the Melody and Measure of Speech, to Be Expressed and Perpetuated by Peculiar Symbols. J. Nichols, London, 1775. 2^e édition revue et corrigée, London, 1779
- STETSON RH. Motor Phonetics. A Study pf Speech Movements in Action. *Archives néerlandaises de phonétique expérimentale* 1928, 3
- STEVENS KN. The Quantal Nature of Speech : Evidence from Articulatory-Acoustic Data. In : Human Communication : a Unified View. DENES PB, DAVID EEJR (eds). Mc Graw Hill, New York, 1972
- STEVENS KN. On the Quantal Nature of Speech. *Journal of Phonetics* 1989, 17 : 3-46
- STURLUSON S. L'Edda. Traduit, préfacé et annoté par FX. Dillman, Gallimard, L'aube des peuples, Paris, 1991
- THUROT CH. De la prononciation française depuis le commencement du XVI^e siècle d'après les témoignages des grammairiens. Imprimerie Nationale, Paris, 1881
- TROUBETZKOY NS. Grundzüge der Phonologie. TCLP VII, Prague, 1939 (Traduction française de J. Cantineau : Principes de phonologie. Klincksieck, Paris, 1949)
- VAUDELIN G. Nouvelle manière d'écrire comme on parle en France. Chez la Veuve de J. Cot, chez JB. Lamesle, 1713 (site Internet : <http://gallica.bnf.fr>)
- VAUGELAS CF (de). Remarques sur la langue française. Bilaine, Paris, 1647
- VESALE. De humani corporis fabrica. Johannes Oporinus, Bâle, 1543
- VICO G. Scienza Nuova. 1725. Dernière version : 1744. Opere a cura di Fausto Nicolini, Riccardo Ricciardi, Milano, Napoli, 1953. Traduit par A. Doubine en 1953 et republié aux éditions Nagel, Paris, 1986
- VINCI L (de). Schémas anatomiques (dont celui du larynx). Windsor Royal Library, environ 1490
- WALKER J. The Melody of Speaking Delineated or Elocution Taught like Music, by Visible Signs, adapted to the tones inflexions and variations of voice in reading and speaking with directions for modulation and expressing the passions. Exemplified by

selected passages from the best authors, some of which have not appeared in any of the best collections. Printed for the author, London, 1787. Reprinted by the Scholar Press, Menston, 1969

WALLIS J. Grammatica ligua Anglicanae. With an appendix: De loquela, sive sonorum formatione, tractus grammatico-physicus. L. Lichfield, London, 1653

WERNICKE C. Der Aphasische Symptomenkomplex. Cohn und Weigert, Breslau, 1874

WHITNEY WD. Language and the Study of Language. Scribner, New York, 1869

WHITNEY WD. The Life and Growth of Language. Adler, New York, 1876 (Traduction française : La vie du langage. Baillière, Paris, 1877)

WILLIS R. On the Vowel Sounds and the Reed Organ-Pipes. *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* 1830, 3 : 229-268

WINTELER J. Mundart des Kantons Glarus in ihren Grundzügen Dargelegt. 1876

WOLLOCK J. Communication Disorder in Renaissance Italy : an Unreported case Analysis by Hieronymus Mercurialis (1530-1606). *Journal of Communication Disorders* 1990, 23 : 1-30

WOLLOCK J. The noblest Animal motion. Speech, Physiology and Medicine in Pre-Cartesian Linguistic Thought. John Benjamins Publishing Company, Amsterdam/Philadelphia, 1997

YOYOTTE J. La religion égyptienne. In : Histoire des religions I. Encyclopédie de La Pléiade, Gallimard, Paris, 1956

ZUMTHOR P. La lettre et la voix. Seuil, Paris, 1987

2

Mécanismes physiques de la voix

La parole est produite lorsqu'un locuteur génère un champ sonore au sein de son appareil vocal. Le champ sonore se propage ensuite à travers le conduit vocal qui est constitué de l'ensemble des cavités comprises entre le larynx, les lèvres et les narines. Sa forme exacte dépend de la position des articulatoires que sont les lèvres, les dents, la mâchoire, la langue et le voile du palais. Des formes distinctes du conduit vocal modifient le champ sonore qui s'y propage, produisant ainsi les différents sons de parole.

Un champ sonore est créé lorsque le débit de l'air expiratoire est obligé à varier rapidement. La source sonore qui est de loin la plus versatile, la plus fréquemment utilisée, la plus complexe et la plus étudiée est formée par l'écoulement pulsé de l'air entre les cordes vocales qui vibrent. Les cordes vocales sont constituées de deux plis charnus qui sont tendus en travers du larynx, à la jonction entre la trachée et le pharynx. Le terme anatomique est en fait « plis vocaux », conformément à la terminologie des *Nomina Anatomica* : « *plicae vocales* ». Les plis vocaux participent également à la fonction sphinctérienne du larynx, en dehors du contexte de la communication orale ou du chant.

Le son qui est généré à l'aide de la vibration des cordes vocales est appelé voix et les sons de parole qui sont produits en propageant la voix à travers le conduit vocal sont dits voisés. En français, les sons non voisés sont les plosives et les fricatives qui se trouvent au début des mots comme : pas, tas, cas et fa, sa, chat. Les affriquées non-voisées sont des sons composites qui se trouvent au début de quelques mots importés, tels que tsar et tchador. Tous les autres sons du français sont voisés par défaut.

Les pathologies du larynx, dans la mesure où elles affectent la vibration des plis vocaux, causent les troubles de la voix qui sont généralement les effets perceptibles d'une anomalie laryngée. La longueur de la chaîne de causalité qui lie pathologies laryngées et timbres vocaux perçus, l'observation difficile des mouvements des plis vocaux, mais aussi l'importance de la voix en tant que telle dans la communication orale et le chant ont incité les laryngologues et autres experts à décrire les troubles de la voix en rapportant des propriétés de la parole émise ou des propriétés d'autres signaux obtenus non-invasivement qui renseignent sur les vibrations laryngées. Idéalement, les

chercheurs préfèrent étudier des propriétés du signal de parole qui constituent des indices perceptivement pertinents, c'est-à-dire des indices qui prédisent la qualité vocale perçue.

Ce qui suit tente d'expliquer qualitativement le maintien de la vibration des cordes vocales en invoquant une chaîne de causalité circulaire entre le flux d'air respiratoire et l'obstacle que forment les plis laryngés sur son passage. Suit une discussion des déviations des cycles vocaux de la périodicité stricte, déviations qui sont des indices sonores du degré d'enrouement perçu. L'essentiel du chapitre concerne une classification possible de l'ensemble des indices sonores proposés afin de décrire les anomalies de la voix. Ces propositions sont multiples et disparates dans leurs objectifs. Le chapitre se termine par une brève discussion des problèmes connus des indices actuels du timbre vocal.

Voix et vibrations des plis vocaux

Les cordes vocales désignent deux plis charnus composites situés à l'intérieur du larynx à la jonction de la trachée et du pharynx. Ces plis sont orientés dans le sens antérieur-postérieur. Ils s'appuient à l'avant sur le cartilage thyroïde (la pomme d'Adam), et vers l'arrière sur deux petits cartilages appelés aryténoïdes. Le locuteur contrôle l'écartement, la longueur, la forme et la tension des plis vocaux en contractant le muscle vocal ou en changeant les positions des cartilages du larynx les uns par rapport aux autres. Le volume tridimensionnel compris entre les plis vocaux est appelé glotte (Shearer, 1963 ; Sundberg, 1987).

Le son produit par l'écoulement pulsé de l'air à travers la glotte, qui change de forme et de taille, est appelé voix. En régulant la vibration des plis vocaux, le locuteur fixe le timbre, la hauteur et la sonie de son émission vocale, contrôle l'intonation des phrases, accentue les syllabes et bascule entre le voisement et le non-voisement des sons de parole (Ladefoged, 2005). La production de la voix exige un débit d'air pulsé. La pulsation du débit d'air est causée par la vibration des plis vocaux. En général, la production de la voix implique la répétition d'un même cycle d'ouverture et de fermeture de la glotte à raison d'une centaine de fois à la seconde.

La vibration des plis vocaux est auto-entretenu. Le mouvement des plis détermine la taille des forces qui causent le mouvement et ainsi de suite. Les forces sont de trois types. Les premières sont les forces dues à l'élasticité des plis. Les forces élastiques s'opposent à la déformation et au déplacement des plis de leur position d'équilibre et favorisent le retour à la position de départ des plis déplacés. Les deuxièmes sont les forces de freinages. L'amortissement du mouvement des plis est dû à la viscosité des plis et aux collisions du pli gauche et droit au moment de la fermeture de la glotte.

Les forces de freinages s'opposent toujours au mouvement. Afin de maintenir le mouvement, un apport continu d'énergie de l'extérieur est nécessaire. Cette énergie est apportée par le flux d'air pulmonaire (Giovanni et coll., 2002). Les troisièmes sont les forces qui sont dues à la pression de l'air dans la glotte. Cette pression dépend de la pression de l'air dans les poumons, dans la trachée ainsi que de la vitesse variable de l'écoulement de l'air à travers la glotte dont la taille et la forme évoluent.

Deux autres éléments expliquent la vibration. Le premier concerne les masses des plis vocaux. Les masses confèrent aux plis une inertie qui maintient leur mouvement en l'absence d'autres forces. Le deuxième est la forme changeante de la glotte car l'air s'écoule plus rapidement dans une glotte divergente que convergente. Une glotte divergente est une glotte qui est plus large en aval qu'en amont. Le changement de la vitesse de l'écoulement au cours d'un cycle de vibration est crucial pour le maintien des vibrations car un flux d'air rapide exerce une force plus faible sur les plis qu'un flux lent (Titze, 1994 ; Alipour et Scherer, 2000).

À ce stade sont réunis tous les éléments nécessaires à une explication qualitative de la vibration (Ishizaka et Flanagan, 1972 ; Gunter, 2003). Le locuteur prépare le voisement en tendant les plis et en pivotant les cartilages aryténoïdes qui rapprochent les plis du plan sagittal médian du larynx. À ce moment, la glotte est fermée ou presque fermée. Le locuteur démarre la vibration en augmentant la pression de l'air dans la trachée. La pression dans la trachée va vaincre les forces élastiques des plis qui finissent par s'écarter par en bas. La forme de la glotte est convergente c'est-à-dire que la glotte est plus large en amont qu'en aval (étape a). Une fois que les plis commencent à s'écarter, le flux d'air démarre à travers la glotte. Il continue à écarter les plis aussi longtemps que les forces aérodynamiques sont plus grandes que les forces élastiques. En général, le mouvement d'écartement se poursuit jusqu'à ce que le bord supérieur de la glotte (la sortie du côté du pharynx) soit aussi large que le bord inférieur (l'entrée du côté de la trachée). À ce moment, la forme de la glotte change d'une forme convergente en une forme divergente (étape b). Dès que la forme est devenue divergente, le jet d'air décolle de la paroi de la glotte à l'endroit où la section droite est la plus faible. Par conséquent, la vitesse de l'écoulement augmente et la pression de l'air à l'intérieur de la glotte diminue. Les forces exercées par l'air sur les plis ne peuvent plus contrecarrer les forces élastiques, et la glotte se ferme. Au moment de la fermeture complète, tout mouvement s'arrête, et le processus reprend à l'étape a (étape c).

Le voisement s'arrête lorsque la pression dans la trachée diminue trop parce que l'air pulmonaire est épuisé et que le locuteur doit inspirer, ou plus normalement, lorsque le locuteur écarte les plis en pivotant les aryténoïdes vers l'extérieur. L'écartement des plis rend impossible le maintien de la pression de l'air dans la trachée et les vibrations s'arrêtent.

L'amorçage des vibrations requiert que la pression de l'air sous la glotte dépasse un seuil critique à cause de l'inertie des plis et leur viscosité. Une fois la phonation entrée en régime, la pression sous-glottique peut descendre sous ce seuil (Lucero, 1999). Cette pression-seuil a retenu l'attention des cliniciens car elle dépend de la viscosité de la muqueuse des cordes vocales (Titze et Schmitt, 1994 ; Elliot et coll., 1995 ; Hemler et coll., 1997 ; Vilkman et coll., 1999 ; Jiang et coll., 2001).

Troubles de la voix et irrégularités des cycles vocaux

Les troubles de la voix sont les conséquences audibles d'une malformation organique acquise ou congénitale des plis vocaux ou d'un contrôle déficient de la respiration ou de l'articulation laryngée. Les malformations organiques acquises peuvent être la conséquence d'un malmenage ou surmenage vocal.

Des symptômes fréquents des troubles de la voix sont des irrégularités des cycles de parole. Les origines de ces irrégularités sont multiples.

Régimes de vibrations non-modaux

L'ensemble des plis vocaux et du flux d'air glottique forme un système dynamique non linéaire qui peut exhiber de multiples régimes vibratoires qui sont qualitativement différents. Des exemples de régimes vibratoires distincts sont les mécanismes laryngés qui sont à la base des registres de parole. On différencie généralement trois registres de parole qui sont le craqué, le modal et le falsetto. Ils sont caractérisés par des cycles de parole réguliers, c'est-à-dire que les cycles successifs diffèrent peu en durée, en forme ou en amplitude.

Les plis vocaux peuvent vibrer dans des régimes caractérisés par des cycles adjacents différents. Les sons de parole sont, à ce moment, souvent perçus comme enroués. On peut distinguer les régimes suivants, sur la base des spectres des sons de parole (Behrman et coll., 1998) :

- le régime dit modal ou neutre produit des cycles de parole réguliers avec un spectre qui comprend une seule série d'harmoniques ;
- les voix diplophoniques sont caractérisées par de brèves séquences de cycles vocaux inégaux qui se répètent. Les spectres comprennent plusieurs séries d'harmoniques dont les fréquences fondamentales sont dans des rapports rationnels simples ;
- la bi-phonation désigne un régime vibratoire qui est caractérisé par un spectre discret comprenant des séries d'harmoniques dont les fréquences fondamentales sont dans des rapports irrationnels. Par conséquent, le signal de parole est apériodique ;

- certaines voix sont caractérisées par des séquences de cycles dont les durées, les amplitudes ou les formes fluctuent aléatoirement. Les spectres correspondants sont continus, la voix est perçue comme rauque.

Amplification de la gigue et du *shimmy* vocal

La gigue vocale (*vocal jitter*) désigne les petites perturbations rapides des durées des cycles glottiques. Les origines sont inconnues. On cite couramment des causes neurologiques, l'écoulement turbulent de l'air à travers la glotte, la répartition inégale de mucus sur les plis vocaux... (Pinto et Titze, 1990). L'amplification de la gigue vocale est parfois observée en présence de pathologies ; elle devrait s'expliquer par une modification de la réponse du système laryngé à des perturbations qui, en tant que telles, ne sont pas nécessairement affectées par la pathologie (Schoentgen, 2001).

Le *shimmy* vocal (*vocal shimmy* ou *shimmer*) désigne de petites perturbations de l'amplitude des cycles de parole. Les causes du *shimmy* vocal sont supposées être les mêmes que celles de la gigue vocale. Mais la transformation dans le conduit vocal de la gigue vocale en *shimmy* vocal, ainsi que le report variable d'énergie acoustique d'un cycle à l'autre contribuent également au *shimmy* des cycles de parole (Schoentgen, 2003).

Souvent, une petite perturbation rapide des durées et des amplitudes des cycles de parole est désignée par les termes anglais *jitter* et *shimmer* (ou *shimmy*) qu'elle qu'en soit la cause exacte.

Tremblement vocal

Le tremblement vocal désigne des oscillations lentes de la fréquence (1-15 Hz) ou de l'amplitude instantanée des sons de parole voisés. Les causes sont physiologiques (respiration, battement cardiaque) et pathologiques (parkinsonisme, tremblement cérébelleux...). Par analogie avec le *shimmy* vocal, le tremblement de la fréquence vocale contribue au tremblement de l'amplitude des cycles de parole. Une cause extra-laryngée est le tremblement des articulateurs du conduit vocal (Dejonckere et coll., 1996 ; Schoentgen, 2002 et 2003).

Bruit de turbulence excessif

L'écoulement turbulent de l'air à travers un orifice ou la collision d'un jet d'air turbulent avec un obstacle génère un signal acoustique. Il est perçu comme un bruit à large bande spectrale quand la turbulence est pleinement développée. L'intensité du bruit dépend de l'interaction du flux avec des obstacles éventuels, ainsi que de la vitesse de l'écoulement (Stevens, 1998).

En présence de pathologies, l'intensité de ce bruit peut augmenter et donner lieu à du souffle audible. La voix soufflée est souvent assimilée à une voix faible, à cause de la fermeture brève ou incomplète de la glotte et le débit d'air accru qui caractérise les voix basses. Ce lien n'est pas inéluctable (Isshiki et coll., 1978 ; Hillman et coll., 1983 ; Wolfe et Martin, 1997).

Vibrations non sollicitées de structures du larynx qui normalement ne vibrent pas

Le larynx comprend, outre des plis vocaux, deux paires de plis supplémentaires qui normalement ne vibrent pas. Ces plis sont les bandes ventriculaires (ou plis vestibulaires) et les plis ary-épiglottiques. Ils sont mis en vibration occasionnellement à des fins artistiques ou phonétiques (Essling, 1999). Mais, ils peuvent vibrer à l'insu du locuteur suite à un contrôle fautif de la position des cartilages du larynx ou des tensions des muscles laryngés. La voix qui implique une vibration des bandes ventriculaires est occasionnellement appelée une voix de bandes. La voix de bandes est perçue comme rauque.

Transitions incontrôlées entre différents régimes de vibration

Des locuteurs dysphoniques peuvent basculer de façon incontrôlée d'un registre de parole à un autre, d'un régime régulier à un régime qui l'est moins, ou subir des arrêts momentanés du voisement. Parfois, ces transitions sont appelées des bifurcations, par analogie avec les systèmes dynamiques non linéaires. Ils peuvent fonctionner dans des régimes qualitativement différents. Le passage d'un régime à un autre se fait subitement suite au franchissement d'un seuil critique par un des paramètres du système dynamique (Berry et coll., 1996 ; Spencer et Titze, 2001).

Indices phonatoires des troubles de la voix

Cette section donne une vue d'ensemble des indices phonatoires des troubles de la voix et propose un cadre de classification. En général, les indices phonatoires ou indices acoustiques sont des attributs numériques ou mesures qui résument des propriétés du signal de parole, ou d'autres signaux qui ont été obtenus de façon non invasive, et qui ont une pertinence clinique. Typiquement, l'acquisition d'indices phonatoires implique l'enregistrement (de façon non invasive) de signaux qui renseignent sur le fonctionnement laryngé, le traitement de signal qui évacue des propriétés superflues du signal et le résumé des propriétés cliniquement pertinentes à l'aide de quelques nombres.

Les objectifs de l'extraction d'indices phonatoires dans un contexte clinique sont la documentation de la voix des patients, le suivi longitudinal pendant le traitement (avant et après chirurgie, par exemple) ainsi que la comparaison avec des locuteurs normophoniques.

Présenter une classification des formes mathématiques en tant que telles des indices phonatoires serait une tentative vaine car la grande majorité des indices existants ont été définis heuristiquement ; leurs propriétés mathématiques et statistiques n'ont été étudiées que superficiellement. L'objectif est de classer les indices phonatoires en rapport avec leur usage.

En effet, la littérature scientifique et clinique consacrée aux indices acoustiques des troubles de la voix est abondante. Malheureusement, sa diversité est impressionnante. Elle est liée aux handicaps et pathologies étudiés, aux symptômes vocaux décrits, aux tâches vocales demandées aux locuteurs, aux performances extra-linguistiques, para-linguistiques et linguistiques examinées, aux capteurs utilisés, aux matériaux sonores enregistrés, ainsi qu'aux corrélations étudiées.

Par conséquent, il est parfois difficile de comparer des résultats obtenus dans des contextes différents et d'en tirer des règles générales.

Classification

La raison d'être d'une classification est de faciliter la planification de nouvelles expériences et l'exploitation de la littérature existante. Suit ici une proposition de grille de classification de différentes approches de l'évaluation des troubles de la voix, fondées sur des indices acoustiques.

Étiologie

Une grande variété de pathologies et handicaps qui ont un effet sur la voix a été examinée. Typiquement, sont distingués les troubles de la voix résultant de changements organiques des plis vocaux et les troubles dits dysfonctionnels qui ne sont pas la conséquence de changements structuraux ou organiques directement observables, mais éventuellement, la conséquence d'un contrôle non optimal de la part du locuteur (Boone et coll., 2004). Les troubles de la voix causés par des problèmes moteurs constituent une troisième catégorie. Les voix de locuteurs parkinsoniens font partie de cette catégorie, par exemple. Les voix dites de substitution forment une catégorie à part. Ce sont des voix dont la production repose sur des mécanismes artificiels ou naturels alternatifs. Elles permettent à des personnes qui ont perdu la faculté de produire la voix grâce aux vrais plis vocaux, de communiquer oralement.

La question est de savoir si des troubles de la voix qui ont des causes différentes devraient être décrits à l'aide d'indices phonatoires distincts ; cette question est restée sans réponse. En général, des problèmes de la parole et de la voix qui sont causés par des troubles moteurs sont examinés séparément des

troubles causés par des pathologies laryngées (Till et coll., 1994 ; Bunton et Weismer, 2002). Une exception possible est la paralysie des cordes vocales.

Matériaux linguistiques

Une distinction majeure, entre ces différentes approches de l'évaluation vocale, repose sur le matériel phonétique qui est examiné. En effet, le matériel analysé peut être de la parole connectée ou des sons voisés soutenus (Yu et coll., 2002). Ces derniers peuvent à leur tour être subdivisés selon que les attaques et les déclins sont inclus ou non dans l'intervalle d'analyse (Révis et coll., 2000).

L'analyse de la parole connectée est souvent présentée comme un idéal. L'analyse des voyelles soutenues est fréquente (Giovanni et coll., 1999 ; Yu et coll., 2001 ; Bhuta et coll., 2004). Beaucoup de méthodes d'analyses reposent sur l'hypothèse de la stationnarité et périodicité locale du signal. Ces hypothèses ne sont pas vérifiées pour des locuteurs sévèrement enroutés ou des locuteurs produisant de la parole connectée.

Tâches

Les tâches se rapportent aux activités qui sont exigées des locuteurs pendant l'évaluation vocale. Les tâches les plus courantes sont la production de la parole, y compris le soutien de sons de parole isolés (Dejonckere et coll., 1996), le chant (éventuellement) (Elliot et coll., 1995 ; Rothman et coll., 2001), le chargement vocal ainsi que le profilage vocal.

Le chargement vocal consiste en la mesure des indices phonatoires d'un locuteur, suivi par la lecture à haute voix pendant un laps de temps important (pendant 45 minutes, par exemple) puis d'une nouvelle mesure des mêmes indices. L'objectif est de suivre des modifications vocales qui seraient la conséquence d'une charge vocale importante (Vilkman et coll., 1997 ; Mann et coll., 1999 ; Rantala et Vilkman, 1999 ; Vilkman et coll., 1999 ; Bäckstrom et coll., 2003).

Le profilage est la mise en évidence des limites des performances vocales d'un sujet, c'est-à-dire la voix la plus faible et la plus forte possible, la voix la plus aiguë et la plus grave possible, et ainsi de suite. Ces limites ne sont pas toujours absolues. Elles peuvent être déterminées par rapport à une tâche, la lecture d'un texte à haute voix, par exemple (Stemple, 1993 ; Heylen et coll., 2002). Le temps maximum de phonation explore les limites des performances vocales, mais il est souvent assimilé à une mesure des performances aérodynamiques.

Performances

Les performances renvoient aux capacités vocales qui sont examinées. Les performances phonatoires peuvent être subdivisées en registres, types phonatoires, voisement, prosodie et qualité vocale (timbre).

Les registres de parole qui sont couramment décrits sont, du plus grave au plus aigu, le craqué, la voix modale et le falsetto (Spencer et Titze, 2001 ; Heylen et coll., 2002).

Les types phonatoires sont situés dans un intervalle qui embrasse l'étendue entre la phonation hypo-fonctionnelle et hyper-fonctionnelle. Couramment, une voix faible ou soufflée est assimilée à une phonation hypo-fonctionnelle et une voix pressée à une phonation hyper-fonctionnelle (Alku et Vilkman, 1996 ; Vilkman et coll., 2002 ; Bergan et coll., 2004). Les types phonatoires intermédiaires sont appelés neutres ou normaux et, occasionnellement, fluides (*flow phonation*). Le terme « voix faible » serait plus approprié que « voix soufflée », car la perception éventuelle d'un excès de bruit de turbulence n'est pas réservée aux voix hypo-fonctionnelles.

Le voisement renvoie à la faculté du locuteur de basculer entre la vibration et l'absence de vibration des plis vocaux lors de la production des sons de parole afin de réaliser l'opposition phonétique entre segments voisés et non-voisés (Bunton et Weismer, 2002). La prosodie repose sur la faculté du locuteur de contrôler l'intonation, l'accentuation et le rythme ainsi que le débit de parole (Coleman et Markham, 1991 ; Stone et Rainey, 1991). Finalement, la qualité vocale désigne le timbre vocal, c'est-à-dire l'enrouement, la raucité, le chevrottement, le tremblement vocal... (Wolfe et Martin, 1997 ; Schoentgen et coll., 2000 ; Wuyts et coll., 2000).

Capteurs

Les capteurs sont utilisés afin d'enregistrer de façon non-invasive des signaux qui rapportent sur les performances phonatoires du locuteur. Le signal microphonique est utilisé le plus souvent. Il évolue proportionnellement à la pression acoustique et, par conséquent, proportionnellement au signal de parole qui est perçu par l'auditeur. Le microphone de contact capte les vibrations acoustiques au niveau du cou (Ohlsson et coll., 1989). D'autres signaux qui peuvent être obtenus de façon non-invasive sont l'électroglottogramme et le photoglottogramme (Laukkanen et coll., 1999 ; Habermann et coll., 2000). Le premier évolue proportionnellement à la surface de contact entre les cordes vocales et le deuxième proportionnellement à la section droite de la glotte. Les signaux aérodynamiques sont la pression intra-orale, le débit oral et le débit nasal captés à l'aide d'un masque (Giovanni et coll., 1999 ; Vilkman et coll., 1999 ; Morsomme et coll., 2001 ; Vilkman et coll., 2002 ; Yu et coll., 2002).

Signal d'excitation glottique versus signal de parole

Les indices acoustiques des troubles de la voix sont extraits à partir du signal phonatoire ou à partir du signal de parole. Le signal d'excitation glottique est le signal acoustique qui est généré à la glotte par la vibration des plis vocaux et le flux d'air pulsé. La parole voisée est émise dans le plan des

lèvres suite à la propagation acoustique du signal d'excitation glottique à travers le conduit vocal. L'observation directe du signal d'excitation glottique ou son inférence indirecte à partir du signal de parole est difficile (Vilkman et coll., 1997 ; Alku et coll., 1998 ; Alku et coll., 2001). Souvent, il est remplacé par des signaux auxiliaires comme l'électroglottogramme ou le photoglottogramme qui informent sur des propriétés de la glotte directement.

Domaines de transformation

À présent, une classification systématique des méthodes de traitement du signal de parole à vocation clinique n'est pas possible, car la majorité des méthodes comprennent des étapes heuristiques de traitement qui diffèrent d'une tâche à l'autre et même d'une étude à l'autre.

Une classification possible qui est liée au traitement du signal est basée sur les transformations mathématiques qui sont utilisées en option. Ces transformations modifient le caractère du signal afin de faciliter la description des symptômes vocaux. Des exemples sont la transformation de Fourier, de Hilbert ou la transformation en ondelettes (Alku et coll., 1998 ; Schoentgen et coll., 2000 ; Bäckstrom et coll., 2003). Si aucune transformation n'est appliquée, alors les indices phonatoires sont temporels.

Symptômes vocaux

Une distinction essentielle entre indices repose sur les symptômes vocaux qui sont visés. Les symptômes vocaux sont les propriétés de la parole qui sont cliniquement pertinentes, qui sont affectées par l'état de glotte et qu'on tente de mettre en évidence à l'aide d'un traitement du signal. Typiquement, on fait la distinction entre les dyspériodicités du signal, la morphologie du signal, les traits supra-segmentaux, et la coordination entre événements glottiques et supraglottiques.

La coordination se réfère au *timing* des débuts et fins du voisement par rapport à des événements supraglottiques. Des exemples d'événements supraglottiques pertinents sont la fermeture et la détente des consonnes ou l'attaque et le déclin des voyelles. Un trait de coordination qui est souvent étudié est le délai d'établissement du voisement qui est l'intervalle temporel entre la détente d'une consonne plosive ou fricative et le début du voisement de la voyelle qui suit. Cet intervalle est positif lorsque le voisement suit la détente et négatif dans le cas opposé. Le délai d'établissement du voisement est un trait perceptif sur lequel repose la distinction entre consonnes voisées et non-voisées. Cet intervalle, qui dépend de la langue, peut être très bref et exige un contrôle fin du *timing* de l'initiation du voisement par rapport à la détente de la consonne. C'est pourquoi, le délai d'établissement du voisement est souvent étudié dans le contexte des troubles moteurs ou des voix de substitution qui sont susceptibles de rendre cette coordination difficile (Bunton et Weismer, 2002).

Les traits supra-segmentaux renvoient à l'intonation, à l'accentuation et aux tons. Le débit de parole (en nombre de syllabes par unité de temps), la fréquence phonatoire moyenne, son écart-type ainsi que le niveau de pression sonore (en dB) sont aussi des traits supra-segmentaux, mais leur rôle est plutôt stylistique que linguistique. En clinique, le débit de parole, la moyenne et la variabilité ou l'étendue de la fréquence phonatoire, et le niveau de pression sonore sont souvent étudiés (Coleman et Markham, 1991 ; Stone et Rainey, 1991 ; Alku et Vilkman, 1996 ; Alku et coll., 1998 ; Vilkman et coll., 1999).

Les indices morphologiques renvoient, en pratique, aux attributs de forme du signal d'excitation glottique. Des exemples sont le quotient d'ouverture, qui est l'intervalle temporel, pendant lequel la glotte est ouverte, divisé par la durée du cycle ; le quotient « fermant » le temps mis par la glotte à se fermer divisé par la durée du cycle ; le quotient des intervalles ouvrant et fermant ; l'amplitude maximale de la vitesse volumique ainsi que l'amplitude du pic négatif de la vitesse volumique dérivée numériquement (Alku et Vilkman, 1996 ; Vilkman et coll., 2002 ; Bergan et coll., 2004). Un exemple d'un indice morphologique spectral est la « balance » spectrale qui quantifie la richesse harmonique (brillance ou éclat de la voix) (Bergan et coll., 2004). Les indices morphologiques sont le plus souvent utilisés pour décrire les types de phonation.

Les indices morphologiques, supra-segmentaux et de coordination ne sont pas limités aux applications cliniques. Ils ont été largement étudiés par les phonéticiens, linguistes, psychologues et ingénieurs, car ils renseignent sur la production et la perception de la voix et de la parole en général.

Des indices qui ont typiquement, mais pas exclusivement, un rôle clinique décrivent les irrégularités du mouvement des plis vocaux. L'irrégularité renvoie ici à toute déviation de la périodicité mathématique des cycles glottiques. Les causes multiples de ces irrégularités ont été discutées ci-dessus. Ces irrégularités sont décrites temporellement ou spectralement. Les descriptions temporelles reposent sur la mesure des durées et amplitudes des cycles de parole successifs. Les séries temporelles correspondantes sont alors résumées moyennant des indices qui sont souvent définis heuristiquement (Wuyts et coll., 2000). Les descriptions spectrales reposent sur la séparation entre harmoniques et inter-harmoniques. Différents indices combinent différemment harmoniques et inter-harmoniques dans des intervalles spectraux distincts (Hemler et coll., 1997 ; Hsiung et coll., 2002).

Les durées des cycles de parole rapportent, en bonne approximation, les durées des cycles glottiques. En revanche, les perturbations des amplitudes des cycles de parole ont des causes multiples. En effet, la distorsion de modulation du conduit vocal transforme les perturbations des durées des cycles glottiques en perturbations de l'amplitude des cycles de parole. D'autres contributions sont les reports inégaux d'énergie acoustique d'un

cycle à l'autre dans des séquences de cycles de durée inégale, ainsi que le tremblement des articulateurs supraglottiques (Decoster et Debruyne, 1997 ; Wolfe et Martin, 1997 ; Giovanni et coll., 1999 ; Mann et coll., 1999 ; Schoentgen, 2003).

Corrélation

Souvent, cliniciens ou thérapeutes tentent de corrélérer les valeurs des indices des troubles vocaux avec des données relatives à d'autres niveaux de description. Les données, avec lesquelles une corrélation est recherchée, sont typiquement diagnostiques, aérodynamiques, perceptives, ou basées sur imagerie glottique, avec une préférence pour les données perceptives (Stone et Rainey, 1991 ; Dejonckere et coll., 1996 ; Wolfe et Martin, 1997 ; Alku et coll., 1998 ; Rantala et Vilkmann, 1999 ; Habermann et coll., 2000 ; Alku et coll., 2001 ; Hsiung et coll., 2002 ; Yu et coll., 2002 ; Bhuta et coll., 2004).

Catégories de locuteurs

On observe que beaucoup d'indices acoustiques des troubles vocaux diffèrent pour des locuteurs masculins et féminins, ainsi que pour des locuteurs jeunes et âgés (Decoster et Debruyne, 1997). Les valeurs des indices sont, par conséquent, souvent rapportées séparément pour ces catégories de locuteurs.

Problèmes connus

Les indices acoustiques existants présentent des problèmes connus.

Traitement du signal

Les indices vocaux, dont l'usage clinique est répandu, quantifient les irrégularités des cycles vocaux. Des exemples typiques sont les quotients de perturbation de la période et de l'amplitude, la gigue en pourcentage (*jitter in %*), le rapport harmonique à bruit... Très souvent, le traitement du signal repose sur des hypothèses de stationnarité et de périodicité locale qui permettent à des méthodes heuristiques de détecter et d'isoler les cycles de parole ou les harmoniques du spectre. Ces heuristiques peuvent échouer lorsque la voix est sévèrement enrouée. Par conséquent, des erreurs d'insertion ou d'omission de cycles ou d'harmoniques sont fréquentes dans le cas de signaux irréguliers. Ces erreurs biaisent les valeurs des indices mesurés. Ainsi, les indices vocaux qui décrivent des perturbations vocales sont considérés fiables uniquement lorsqu'ils sont extraits de sons voisés soutenus par des locuteurs faiblement ou modérément enroués.

Un deuxième problème est la précision de la mesure des durées des cycles de parole. En effet, les perturbations des durées peuvent être faibles, c'est-à-dire moins de 1 % pour les durées et moins de 10 % pour les amplitudes des cycles. Par conséquent, le traitement du signal est exigeant pour garantir la

précision des mesures qui sont facilement biaisées par le bruit de quantification, le bruit additif...

Étiquetage

L'étiquetage réfère ici à la coutume de donner aux indices vocaux des noms qui font allusion aux symptômes vocaux visés et non aux grandeurs qui ont été mesurées réellement. Par exemple, des indices résumant les dyspériodicités des durées des cycles vocaux sont souvent désignés par le terme de gigue vocale, quoique ces perturbations des durées soient facilement influencées par des facteurs aussi divers que la fréquence phonatoire moyenne, le bruit de turbulence, le tremblement de la fréquence phonatoire, les régimes vibratoires non-modaux et l'intonation.

Redondance

Le nombre d'indices acoustiques qui ont été proposés dans la littérature est large. Des logiciels vendus pour l'évaluation vocale en clinique comprennent typiquement des dizaines d'indices numériques différents qui peuvent être calculés pour chaque son soutenu. Il n'est pas surprenant que des études montrent l'existence d'ensembles d'indices phonatoires corrélés entre eux. Ces ensembles corrélés regroupent typiquement les jeux d'indices qui sont propres à chaque catégorie de symptômes vocaux qui ont été discutés précédemment (Dejonckere et coll., 1996).

Interprétation

Des exemples discutés précédemment au sujet des perturbations des durées et amplitudes des cycles vocaux suggèrent que même les mesures de grandeurs physiques simples sont influencées par de nombreux facteurs. Cette observation, vraie en général, suggère que les indices phonatoires peuvent être difficiles à interpréter car leurs valeurs sont déterminées par des causes multiples interdépendantes.

Fragments stationnaires de sons de parole soutenus

Une critique souvent formulée est que beaucoup d'indices acoustiques sont seulement obtenus avec fiabilité pour des fragments stationnaires de sons soutenus. Les raisons ont été discutées dans la section sur le traitement de signal. Une conséquence est qu'actuellement les effets des pathologies laryngées sur la parole connectée ou naturelle sont mal compris. Les problèmes non résolus ne concernent pas uniquement le traitement de signal, mais aussi le choix des indices phonatoires, le choix du matériau linguistique, ainsi que l'évaluation perceptuelle de fragments de parole connectée qui sont courts ou phonétiquement complexes.

Le tableau 2.1 résume quelques facteurs qui différencient les approches de l'évaluation de la voix.

Tableau 2.I : Approches de l'évaluation de la voix

Étiologie	Trouble organique ou dysfonctionnel, trouble moteur, voix de substitution
Transformées (si d'application)	Fourier, Hilbert, transformée en ondelettes
Signaux	Signal glottique, signal de parole
Matériaux	Parole connectée, son soutenu, fragment stationnaire d'un son soutenu
Symptômes	Dyspériodicité et bruit, morphologie du signal, supra-segmental, coordination
Tâches	Parole, chant, chargement vocal, profilage
Performances	Registre, type phonatoire, voisement, prosodie, timbre vocal
Capteurs	Microphone, électroglottographe, photoglottographe, capteur de débit aérien, capteur de pression

En conclusion, les pathologies laryngées peuvent provoquer des troubles de la voix dans la mesure où elles affectent les vibrations des plis vocaux. Les troubles de la voix sont évalués perceptivement et/ou acoustiquement, et/ou aérodynamiquement. L'évaluation fonctionnelle acoustique de la fonction laryngée et des troubles de la voix repose sur des indices sonores qui sont extraits du signal microphonique ou d'autres signaux obtenus non-invasivement. Car, la chaîne de causalité qui lie le diagnostic, les motifs vibratoires, les indices sonores et les scores perceptifs est longue et non univoque. L'observation de la vibration est difficile et gêne le locuteur et les troubles de la voix constituent un sujet d'étude semi-autonome dans la mesure où ils forment un obstacle à la communication verbale ou à l'expression esthétique. Les méthodes d'évaluation et les indices sonores sont nombreux car les motivations pour leur développement sont multiples. À l'heure actuelle, l'évaluation perceptive des troubles de la voix et l'évaluation non invasive de la fonction laryngée profitent de nouveaux développements dont l'objectif est d'étendre les conditions sous lesquelles les indices sonores de la fonction laryngée peuvent être observés et enregistrés, ainsi que de diminuer la variabilité résiduelle des scores perceptifs qui est liée aux juges et aux conditions d'évaluation.

BIBLIOGRAPHIE

ALIPOUR F, SCHERER RC. Vocal fold bulging effects on phonation using a biophysical computer model. *J Voice* 2000, **14** : 470-483

ALKU P, VILKMAN E. A comparison of glottal voice source quantification parameters in breathy, normal and pressed phonation of female and male speakers. *Folia Phoniatr Logop* 1996, **48** : 240-254

ALKU P, VILKMAN E, LAUKKANEN AM. Parameterization of the voice source by combining spectral decay and amplitude features of the glottal flow. *J Speech Lang Hear Res* 1998, **41** : 990-1002

- ALKU P, VINTTURI J, VILKMAN E. Evidence of the significance of secondary excitations of the vocal tract for vocal intensity. *Folia Phoniatr Logop* 2001, **53** : 185-197
- BÄCKSTROM T, LEHTO L, ALKU P, VILKMAN E. Automatic pre-segmentation of running speech improves the robustness of several acoustic voice measures. *Logoped Phoniatr Vocol* 2003, **28** : 101-108
- BEHRMAN A, AGRESTI C, BLUMSTEIN E, LEE N. Microphone and EGG data from dysphonic patients: type 1, 2 and 3 signals. *J Voice* 1998, **12** : 249-260
- BERGAN CC, TITZE IR, STORY B. The perception of two vocal qualities in a synthesized vocal utterance: ring and pressed voice. *J Voice* 2004, **18** : 305-317
- BERRY D, HERZEL H, TITZE I, STORY B. Bifurcations in excised larynx experiments. *J Voice* 1996, **10** : 129-138
- BHUTA T, PATRICK L, GARNETT JD. Perceptual evaluation of voice quality and its correlation with acoustic measurements. *J Voice* 2004, **18** : 299-304
- BOONE D, MCFARLANE S, VON BERG S. The voice and voice therapy. Pearson, Boston, 2004
- BUNTON K, WEISMER G. Segmental level analysis of laryngeal function in persons with motor speech disorders. *Folia Phoniatr Logop* 2002, **54** : 223-239
- COLEMAN RF, MARKHAM IW. Normal variations in habitual pitch. *J Voice* 1991, **2** : 173-177
- DECOSTER W, DEBRUYNE F. The ageing voice: changes in fundamental frequency, waveform stability and spectrum. *Acta Otorhinolaryngol Belg* 1997, **51** : 105-112
- DEJONCKERE PH, REMACLE M, FRESNEL-ELBAZ E, WOISARD V, CREVIER-BUCHMAN L, MILLET B. Differentiated perceptual evaluation of pathological voice quality: reliability and correlations with acoustic measurements. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 1996, **117** : 219-224
- ELLIOT N, SUNDBERG J, GRAMMING P. What happens during vocal warm-up? *J Voice* 1995, **9** : 37-44
- ESSLING J. Voice quality settings of the pharynx. Proc. XIV. Int. Con. Phon. Sc., San Francisco, 1999 : 2449-2452
- GIOVANNI A, REVIS J, TRIGLIA JM. Objective aerodynamic and acoustic measurement of voice improvement after phonosurgery. *Laryngoscope* 1999, **109** : 656-660
- GIOVANNI A, OUAKNINE M, GARREL R, AYACHE S, ROBERT D. Non-linear model of glottic vibration. Potential clinical implications. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 2002, **123** : 273-277
- GUNTER HE. A mechanical model of vocal-fold collision with high spatial and temporal resolution. *J Acoust Soc Am* 2003, **113** : 994-1000
- HABERMANN W, JIANG J, LIN E, HANSON DG. Correlation between glottal area and photoglottographic signal in normal subjects. *Acta Otolaryngol* 2000, **120** : 778-782
- HEMLER RJ, WIENEKE GH, DEJONCKERE PH. The effect of relative humidity of inhaled air on acoustic parameters of voice in normal subjects. *J Voice* 1997, **11** : 295-300

- HEYLEN L, WUYTS FL, MERTENS F, DE BODT M, VAN DE HEYNING PH. Normative voice range profiles of male and female professional voice users. *J Voice* 2002, **16** : 1-7
- HILLMAN R, OESTERLE E, FETH L. Characteristics of the glottal turbulent noise source. *J Acoust Soc Am* 1983, **74** : 691-694
- HSIUNG MW, PAI L, WANG HW. Correlation between voice handicap index and voice laboratory measurements in dysphonic patients. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2002, **259** : 97-99
- ISSHIKI N, KITAJIMA K, KOJIMA H, HARITA Y. Turbulent noise in dysphonia. *Folia Phoniatica* 1978, **30** : 214-224
- ISHIZAKA K, FLANAGAN J. Synthesis of voiced sounds from a two-mass model of the vocal cords. *Bell System Tech Journal* 1972, **51** : 1233-1268
- JIANG JJ, ZHANG Y, STERN J. Modeling of chaotic vibrations in symmetric vocal folds. *J Acoust Soc Am* 2001, **110** : 2120-2128
- LADEFOGED P. Vowels and Consonants. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2005
- LAUKKANEN AM, TAKALO R, VILKMAN E, NUMMENRANTA J, LIPPONEN T. Simultaneous videofluorographic and dual-channel electroglottographic registration of the vertical laryngeal position in various phonatory tasks. *J Voice* 1999, **13** : 60-71
- LUCERO JC. A theoretical study of the hysteresis phenomenon at vocal fold oscillation onset-offset. *J Acoust Soc Am* 1999, **105** : 423-431
- MANN EA, MCCLEAN MD, GUREVICH-UVENA J, BARKMEIER J, MCKENZIE-GARNER P, et coll. The effects of excessive vocalization on acoustic and videostroboscopic measures of vocal fold condition. *J Voice* 1999, **13** : 294-302
- MORSOMME D, JAMART J, WERY C, GIOVANNI A, REMACLE M. Comparison between the GIRBAS Scale and the Acoustic and Aerodynamic Measures Provided by EVA for the Assessment of Dysphonia following Unilateral Vocal Fold Paralysis. *Folia Phoniatr Logop* 2001, **53** : 317-325
- OHLSSON AC, BRINK O, LOFQVIST A. A voice accumulation-validation and application. *J Speech Hear Res* 1989, **32** : 451-457
- PINTO NB, TITZE IR. Unification of perturbation measures in speech signals. *J Acoust Soc Am* 1990, **87** : 1278-1289
- RANTALA L, VILKMAN E. Relationship between subjective voice complaints and acoustic parameters in female teachers' voices. *J Voice* 1999, **13** : 484-495
- REVIS J, BARBERIS S, GIOVANNI A. Definition of a new temporal voice onset measurement. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 2000, **121** : 291-296
- ROTHMAN HB, BROWN WS JR, SAPIENZA CM, MORRIS RJ. Acoustic analyses of trained singers perceptually identified from speaking samples. *J Voice* 2001, **15** : 25-35
- SCHOENTGEN J, BENSALD M, BUCELLA F. Multivariate statistical analysis of flat vowel spectra with a view to characterizing dysphonic voices. *J Speech Lang Hear Res* 2000, **43** : 1493-1508
- 116 SCHOENTGEN J. Stochastic models of jitter. *J Acoust Soc Am* 2001, **109** : 1631-1650

SCHOENTGEN J. Modulation frequency and modulation level owing to vocal micro-tremor. *J Acoust Soc Am* 2002, **112** : 690-700

SCHOENTGEN J. Spectral models of additive and modulation noise in speech and phonatory excitation signals. *J Acoust Soc Am* 2003, **113** : 553-562

SHEARER WM. Illustrated Speech Anatomy. Charles C. Thomas, Publisher, Springfield, Illinois, 1963

SPENCER M, TITZE I. An investigation of a modal-falsetto register transition hypothesis using helox gas. *J Voice* 2001, **15** : 15-24

STEMPLE JC. Voice research: so what? A clearer view of voice production, 25 years of progress; the speaking voice. *J Voice* 1993, **7** : 293-300

STEVENS K. Acoustic Phonetics. Springer, Cambridge, MA, 1998

STONE RE, RAINEY CL. Intra and intersubject variability in acoustic measures of normal voice. *J Voice* 1991, **5** : 189-196

SUNDBERG J. The science of the singing voice. Northern Illinois University Press, Dekalp, Illinois, 1987

TILL J, YORKSTON K, BEUKELMAN D. Motor speech disorders, Advances in Assessment and Treatment. Paul Brookes Publ, Baltimore, 1994

TITZE I. Principles of Voice Production. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1994

TITZE I, SCHMIDT X. Phonation threshold pressure in a physical model of the vocal fold mucosa, *SPR-NCVS* 1994, **6** : 13-18

VILKMAN E, LAURI ER, ALKU P, SALA E, SIHVO M. Loading changes in time-based parameters of glottal flow waveforms in different ergonomic conditions. *Folia Phoniatri Logop* 1997, **49** : 247-263

VILKMAN E, LAURI ER, ALKU P, SALA E, SIHVO M. Effects of prolonged oral reading on F0, SPL, subglottal pressure and amplitude characteristics of glottal flow waveforms. *J Voice* 1999, **13** : 303-312

VILKMAN E, ALKU P, VINTTURI J. Dynamic extremes of voice in the light of time domain parameters extracted from the amplitude features of glottal flow and its derivative. *Folia Phoniatri Logop* 2002, **54** : 144-157

WOLFE V, MARTIN D. Acoustic correlates of dysphonia: type and severity. *J Commun Disord* 1997, **30** : 403-415

WUYTS FL, DE BODT MS, MOLENBERGHS G, REMACLE M, HEYLEN L, et coll. The dysphonia severity index: an objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach. *J Speech Lang Hear Res* 2000, **43** : 796-809

YU P, OUAKNINE M, REVIS J, GIOVANNI A. Objective voice analysis for dysphonic patients: a multiparametric protocol including acoustic and aerodynamic measurements. *J Voice* 2001, **15** : 529-542

YU P, REVIS J, WUYTS FL, ZANARET M, GIOVANNI A. Correlation of instrumental voice evaluation with perceptual voice analysis using a modified visual analog scale. *Folia Phoniatri Logop* 2002, **54** : 271-281

3

Mécanismes physiologiques de la voix

Sur le plan anatomo-physiologique, la production de la parole nécessite : une source d'énergie (les poumons) ; un transducteur d'énergie permettant la transformation de l'énergie aérienne en onde acoustique (les plis vocaux, anciennement appelés les cordes vocales) ; un système permettant de mettre en forme l'énergie sonore pour produire de la parole (le conduit vocal formé par les articulateurs et les cavités de résonance). Ce modèle est basé sur les théories énoncées par Fant (1970). Le larynx produit un son qui est ensuite « filtré » par le conduit vocal pour faire ressortir les caractéristiques de chaque phonème (unité linguistique minimale). Les articulateurs sont les structures anatomiques dont la morphologie se modifie pendant la parole telles les lèvres, la langue, le pharynx, le voile du palais et le larynx supraglottique. Les résonateurs sont les cavités de résonance (pharynx, cavités buccale et nasale) et les cavités rigides naso-sinusiennes qui interviennent pour modifier le son laryngé. La trachée, dans certains cas de dysphonie, se comporte comme un résonateur. Les modifications de la configuration du conduit vocal, comme par exemple la position de la langue, créent des modifications des fréquences de résonance. Celles-ci modifient les propriétés spectrales des sons de parole appelées formants. La parole est le résultat de l'effet du filtre acoustique du conduit vocal sur la source sonore laryngée (Fant, 1970).

Ladefoged (1988) a défini la qualité vocale comme étant le résultat d'une configuration glottique produisant un son qui est ensuite modulé par le conduit vocal. Cette définition est très générale et s'applique à toutes les productions vocales qu'elles soient normales ou dysphoniques. Elle prend en compte les deux dimensions de la voix représentées par le son laryngé et la fonction laryngée. L'évaluation d'une dysphonie comportera donc toujours une évaluation du son laryngé et de la fonction laryngée.

Mécanismes physiologiques qui sous-tendent la production des sons de la parole

« La vibration des cordes vocales résulte de l'étroite combinaison entre le débit aérien qui écarte les cordes vocales et les effets musculaires, élas-

tiques, et de Bernoulli qui les rapprochent » (Blomgren, 1998 ; Jiang, 2000).

La voix est produite par la transformation de l'énergie aérienne en énergie acoustique. Cette transformation est sous la dépendance de plusieurs facteurs qui sont d'origine : aérodynamique (pression sous-glottique), biomécanique (masse, raideur, viscosité du vibreur, tension et contraction des muscles intrinsèques et extra-laryngés). Le signal acoustique, aussi appelé son laryngé, traverse un ensemble de structures supraglottiques et supra-laryngées appelé conduit vocal. Les caractéristiques acoustiques du conduit vocal ont aussi un rôle sur le timbre et la qualité vocale.

Facteurs d'origine aérodynamique

Les mécanismes laryngés de la phonation sont actuellement en partie expliqués par le modèle « myoélastique-aérodynamique ». En effet, la phonation humaine dépend de plusieurs facteurs aérodynamiques : la pression sous-glottique, le débit aérien phonatoire et l'ouverture glottique à la phonation qui détermine la résistance laryngée.

L'énergie pulmonaire lors d'une expiration active avec la mise en jeu des muscles intercostaux et abdominaux est utilisée, chez le sujet normal, pour la phonation. Une augmentation de la pression sous-glottique provoque une faible augmentation de la fréquence fondamentale (F0), mais surtout une augmentation de l'intensité sonore (Titze, 1989). La mesure des performances laryngées extrêmes (production sonore dans l'étendue complète de la voix, du moins intense au plus sonore et du plus grave au plus aigu) peut se mesurer grâce au phonétogramme (Woodson et Cannito, 1998 ; Heylen et coll., 2002). Une diminution de ces capacités a été corrélée à certaines dysphonies. Cette mesure nécessite, cependant, un certain entraînement de la part du patient et ne constitue pas un examen de routine en consultation.

Les mesures aérodynamiques évaluent l'utilisation laryngée de l'air pulmonaire pour la fonction du voisement et de la parole. Les méthodes de mesure employées en pratique clinique courante sont non-invasives. Le temps maximum de phonation (TMP) est un test simple qui permet de quantifier l'utilisation de l'air pulmonaire dans la phonation. Le sujet inspire profondément et tente de faire durer l'émission d'une voyelle tenue (le /a/ en général) le plus longtemps possible. Un temps maximum de phonation normal est de l'ordre de 15 à 20 secondes (Woodson et Cannito, 1998). Ce temps maximum de phonation dépend de la quantité d'air contenu dans les poumons, et par conséquent de la capacité vitale pulmonaire. Le temps maximum de phonation est par définition plus court chez la femme que chez l'homme, et encore plus court chez l'enfant. Les pathologies pulmonaires et la chirurgie pulmonaire réduisent également la capacité vitale. Pour corriger

cet effet du volume pulmonaire, on calcule le quotient phonatoire qui est la capacité vitale divisée par le temps maximum de phonation.

Il est également possible de mesurer le débit aérien phonatoire à l'aide d'un pneumotachographe lors de l'émission d'une voyelle tenue ou pendant la voyelle dans une syllabe répétée. Cet appareil est un transducteur de pression. Il est placé en regard de la bouche du sujet à l'aide d'un masque. Le différentiel de pression de part et d'autre de l'appareil est utilisé pour calculer le débit aérien. La valeur normale du débit aérien phonatoire moyen en phonation confortable est de l'ordre de 165 ml/s (Baken, 1987).

Les méthodes de mesure directe de la pression sous-glottique sont toutes invasives. On peut introduire un capteur de pression dans la sous-glotte par voie trans-laryngée ou trans-trachéale (percutanée). La mesure de la pression œsophagienne a été aussi employée comme estimation de la pression sous-glottique, avec le capteur introduit par voie orale ou nasale. Cependant, la mesure de la pression sous-glottique se fait actuellement le plus souvent par une méthode indirecte développée par Smitheran et Hixon (1981). Cette méthode mesure la pression intra-orale pendant la production d'une syllabe répétée comportant une voyelle et une consonne occlusive voisée (le /p/ en général). Pendant la production de la consonne, les cordes vocales sont en abduction. La pression s'équilibre entre la sous-glotte et le conduit vocal. La pression mesurée dans le conduit vocal (dans la cavité buccale) est donc équivalente à la pression sous-glottique. Il existe dans le commerce des appareils spécifiques aux mesures aérodynamiques phonatoires, avec les capteurs de pression et de débit ainsi que les logiciels d'analyse. Le recueil des mesures aérodynamiques nécessite de l'entraînement à la fois par celui qui administre les tests et par le sujet qui doit contrôler sa vitesse de parole et l'intensité.

Ces données ne permettent pas de faire un diagnostic étiologique mais permettent d'évaluer le degré de dysfonctionnement laryngé dans les dysphonies.

Facteurs d'origine biomécanique

La phonation humaine dépend aussi de facteurs myoélastiques selon le modèle « myoélastique-aérodynamique » décrit précédemment. Le conduit vocal et le vibreur laryngé comprennent un ensemble de structures musculo-ligamentaires et membraneuses qui ont chacune des caractéristiques propres en terme de masse, raideur, viscosité du vibreur, tension et contraction des muscles intrinsèques et extra-laryngés. Ce modèle s'appuie sur la structure des plis vocaux qui est classiquement décrite (selon les travaux de Hirano) comme étant formée par une couche musculaire profonde, un ligament vocal, une couche interstitielle appelée l'espace de Reinke et une muqueuse.

Les facteurs myoélastiques sont déterminés par :

- les caractéristiques des muscles laryngés et en particulier du muscle vocal appelé muscle thyro-aryténoïdien (sa masse et son degré de tension et d'élasticité) ;
- les caractéristiques de la muqueuse des plis vocaux (sa tension, son épaisseur, sa longueur et sa qualité tissulaire) ;
- les caractéristiques de la *lamina propria* (sa viscosité, la présence ou non d'adhérences entre la partie superficielle et le ligament vocal).

Biomécanique des muscles laryngés

La régulation laryngée de la fréquence fondamentale fait intervenir les muscles laryngés (intrinsèques et extrinsèques) associés à la pression de l'air dans la trachée et la région sous-glottique. L'activité musculaire laryngée détermine la position du pli vocal pour réguler la surface de l'ouverture glottique (Berke et Gerratt, 1993). Elle régule aussi les caractéristiques des composantes vibrantes : la muqueuse et le muscle vocal. En phonation normale en mode grave, les muscles adducteurs, et notamment les muscles thyro-aryténoïdiens, crico-aryténoïdiens postérieurs et inter-aryténoïdiens sont actifs, alors que l'activité des muscles cricothyroïdiens est minime (Ayache et coll., 2002). Le muscle thyro-aryténoïdien a pour action de relâcher la muqueuse et d'épaissir le pli vocal, ce qui diminue la fréquence fondamentale du voisement. En mode falsetto correspondant à une augmentation importante de la fréquence fondamentale, l'activité du muscle cricothyroïdien (le muscle tenseur du pli vocal) augmente alors que l'activité du muscle thyro-aryténoïdien diminue. Cependant, les études récentes en électromyographie (EMG) semblent montrer la complexité des interactions musculaires dans le contrôle de la fréquence fondamentale (Ayache et coll., 2002). Les déséquilibres musculaires sont des facteurs non négligeables de dysfonctionnement vocal bien que leur origine ne soit pas toujours simple à déterminer (Vilkman et coll., 1996).

Biomécanique de la muqueuse des plis vocaux

L'ondulation muqueuse est produite par le passage de l'air sous-glottique lors de l'expiration, entre les plis vocaux en adduction. Elle se fait selon trois axes : vertical de bas en haut, horizontal antéropostérieur et transversal. La qualité et la symétrie de vibration sont déterminantes pour le résultat acoustique de la voix (Berke et Gerratt, 1993). Différentes instrumentations sont utilisées pour explorer l'ondulation muqueuse dans un but de compréhension des mécanismes de dysphonie et d'altération du timbre (Hanson et coll., 1995) : la vidéostroboscopie, l'électroglottographie, la photoglottographie et l'électromyographie.

La vidéostroboscopie permet de visualiser les mouvements vibratoires de la muqueuse laryngée. C'est une analyse indirecte de la qualité vocale. La stroboscopie permet la prise d'une image à un moment donné du cycle phonatoire au moyen d'une lumière à déclenchement intermittent. L'assemblage

de ces images, prises pendant des cycles phonatoires successifs, permet de reconstruire visuellement les mouvements d'ondulation de la muqueuse et les mouvements d'abduction et d'adduction du pli vocal lui-même. Cette technique comporte un équipement vidéo (au mieux numérisé) avec un enregistrement. On peut ainsi observer des asymétries vibratoires et les défauts de vibration dans les dysphonies. Mais l'asymétrie physiologique des ondulations muqueuses a été évaluée à environ 10 % dans la population générale sans pathologie laryngée (Haben et coll., 2003). En revanche, les lésions bénignes congénitales ou acquises provoquent toutes des modifications des ondulations muqueuses. La vidéostroboscopie permet de localiser l'anomalie du pli vocal et éventuellement de cibler le traitement chirurgical (Hanson et coll., 1995). La stroboscopie reste néanmoins d'interprétation parfois subjective (présence ou absence d'onde, asymétrie...).

L'électroglottographie est une méthode non invasive de mesure de l'impédance électrique trans-laryngée, au moyen d'électrodes placées de part et d'autre du cartilage thyroïde. À chaque vibration phonatoire, l'impédance décroît (lors du rapprochement des plis vocaux) puis croît (lors de l'écartement de ceux-ci). Il s'agit d'une mesure physiologique fiable de la fréquence fondamentale, à la seule condition d'avoir une fermeture du vibrateur laryngé en phonation. Elle peut être employée pour analyser la fréquence fondamentale de la parole et sur une voyelle tenue (Kania et coll., 2004). Cependant, l'application de la technique nécessite un entraînement de la part de l'examineur, afin de minimiser les variations d'impédance provoquées par les mouvements cervicaux, la sudation et les autres facteurs difficiles à contrôler en pratique. Son utilisation pour l'évaluation des dysphonies n'a pas été validée, et les bases mêmes de la technique sont remises en cause dans certaines pathologies laryngées (comme la paralysie laryngée) et après certaines chirurgies laryngées avec modification des cartilages laryngés.

La photoglottographie est un procédé moins utilisé à l'heure actuelle mais qui permet, de façon peu invasive, d'explorer les mouvements verticaux de la muqueuse des plis vocaux. L'amplitude de l'onde muqueuse varie proportionnellement à l'intensité et inversement proportionnellement à la F0 et diminue en cas de voix soufflée ou serrée.

Les études de Hanson et coll. (1995) sembleraient montrer que la vitesse d'ouverture de la muqueuse des plis vocaux est corrélée principalement avec le déplacement de la lèvre supérieure des plis vocaux alors que la vitesse de fermeture est corrélée plus spécifiquement avec le déplacement de la lèvre inférieure des plis vocaux. Cette localisation anatomique du point de plus grande amplitude vibratoire serait déterminante pour la compréhension physiopathologique des lésions de « forçage vocal », les nodules étant plus souvent localisés au bord supérieur de la face interne du pli vocal contrairement aux lésions dites « congénitales ». Par exemple, une trop grande pression sous-glottique, en registre grave, à forte intensité, va augmenter l'amplitude de l'ondulation muqueuse qui peut devenir trop importante et être à l'ori-

gine de microtraumatismes responsables d'une modification tissulaire et de l'apparition de nodules.

L'électromyographie est une technique invasive qui nécessite une grande expérience pour le placement des électrodes et pour l'interprétation des données recueillies (Hirose, 1998). Elle permet de distinguer les troubles de la mobilité laryngée soit par atteinte neurogène soit d'origine myogène ou encore lors des atteintes mécaniques de l'articulation crico-aryténoïdienne (luxation, ankylose).

Les vibrations du pli vocal sont néanmoins soumises à des perturbations extérieures comme les mouvements de la tête et du cou, les battements des vaisseaux cervicaux, les mouvements respiratoires et les mouvements du mucus qui recouvre les plis vocaux (Titze, 1992). Ces irrégularités sont normales et confèrent une qualité naturelle, « humaine », au son laryngé, par rapport aux voix obtenues par synthèse vocale. Cependant ces irrégularités, au-delà d'un certain seuil, caractérisent les voix pathologiques.

Biomécanique de l'espace de Reinke

La théorie actuelle dite « corps-couverture » considère que le corps (le muscle vocal) et la couverture (la muqueuse) sont quasi-indépendants (Titze, 1973). La vibration de la « couverture » muqueuse est considérée comme étant un phénomène passif, le rôle éventuel des récepteurs sensitifs ou myotactiques dans la phonation n'ayant pas été démontré. Les vibrations de l'un n'interfèrent pas, en théorie, avec les vibrations de l'autre, car ils sont séparés par la partie superficielle de la *lamina propria* appelée espace de Reinke. La qualité de la phonation serait liée à l'équilibre et l'harmonie de fonctionnement de ces deux structures vibrantes (Gray et coll., 1993).

Au niveau de la partie superficielle du pli vocal, sous la muqueuse, la membrane basale est une zone constituée de protéines qui amarrent l'épithélium à l'espace de Reinke (Gray et coll., 1993). La phonation humaine dépend donc de facteurs liés aux caractéristiques histochimiques de la *lamina propria* et de l'espace de Reinke. En pathologie vocale, ces deux régions sont particulièrement fragiles. Selon Sonninen et coll. (2003), l'ondulation muqueuse se fait selon trois directions (verticale, horizontale antéro-postérieure et latérale) et il décrit cinq mécanismes de traumatismes (tirer, presser, plier, torde, frotter) avec des interactions possibles entre eux. Une certaine vulnérabilité de la membrane basale semble exister lors des mouvements verticaux selon le principe du « coup de fouet », avec une amplitude de l'onde muqueuse croissante du bas vers le haut, et tout particulièrement en registre grave, là où la muqueuse a une amplitude la plus grande. En pathologie vocale, la membrane basale peut être le siège de lésions par arrachement ou désinsertion (Gray, 1993).

Les méthodes d'exploration sont difficiles *in vivo* et ce n'est que l'analyse histologique après exérèse chirurgicale qui permet de préciser le type et le lieu de l'atteinte.

Un constituant de la matrice extracellulaire de l'espace de Reinke est l'acide hyaluronique (AH) qui a un rôle important comme modulateur du comportement et de la fonction cellulaire (Ward et coll., 2002). Il favoriserait la souplesse et le glissement de la muqueuse sur le ligament vocal et participe à l'efficacité du vibreur laryngé (Chan et coll., 2001). Il a aussi un rôle dans la viscosité des tissus, l'absorption des chocs, le comblement d'espaces (exsudation), la réparation tissulaire en diminuant la fibrose et la cicatrice. L'AH joue un rôle important dans les propriétés biomécaniques de la muqueuse : il maintient un niveau de viscosité qui facilite la phonation et une rigidité qui permet un bon contrôle de la F0.

Facteurs influençant le vibreur et la production vocale

Toute modification histologique et tissulaire va retentir sur la biomécanique laryngée et se traduire cliniquement par une dysphonie.

Âge et sexe

Nous dépendons de facteurs physiologiques et génétiques comme le sexe et l'âge (Ramig et coll., 2001), devant lesquels nous sommes parfaitement inégaux :

- influence du sexe : les études de Butler et coll. (2001) ont montré que la proportion d'acide hyaluronique dans l'espace de Reinke, chez la femme, était plus faible que chez l'homme, lui conférant une plus grande fragilité, ce qui pourrait expliquer la prévalence des phonotraumatismes chez l'enseignante ;
- influence de l'âge : le vieillissement affecte inégalement chaque individu et peut avoir un effet sur la souplesse des plis vocaux. Les études de Butler et coll. (2001) ont montré que chez l'homme âgé, l'espace de Reinke était plus œdémateux et épais, avec une couche moyenne atrophiée et une couche profonde épaisse et fibreuse. Le muscle vocal devient également atrophique.

Environnement, hydratation et comportement phonatoire

D'autres facteurs rentrent dans le domaine du contrôlable et devraient être explorés pour optimiser nos chances vocales et surtout apprendre à remédier aux troubles qu'ils ont engendrés. La prise en charge pourrait être préventive ou curative (Hallen et coll., 2001). Ces facteurs sont les suivants :

- l'environnement a un rôle sur le bon fonctionnement des plis vocaux : des facteurs physiques (produits inhalés, virus), chimiques (facteurs solubles hormonaux, médicaments), mécaniques (forces, comportement vocal) sont des sources d'agression. Des études sont en cours (Gray et Thibeault, 2002) afin de déterminer le rôle de l'environnement qui agirait, entre autres, sur l'expression des gènes ;
- l'hydratation : les propriétés mécaniques de la muqueuse des cordes vocales sont sensibles aux variations d'humidité qui agissent sur la couche super-

ficielle de la muqueuse. Une bonne hydratation est nécessaire pour une bonne ondulation muqueuse et optimiser le fonctionnement laryngé (Nakagawa et coll., 1998 ; Solomon et Dimattia, 2000). En effet, une déshydratation de l'air a des conséquences sur la viscosité en augmentant la rigidité de la muqueuse des plis vocaux (Ayache et coll., 2004). Plus la viscosité augmente, plus la pression sous-glottique devra être importante pour initier la vibration muqueuse ce qui diminue l'efficacité vocale. Il faut produire plus d'effort pour un résultat identique. Un mucus épais sur les plis vocaux abaisse la F0, ralentit la vibration muqueuse et augmente le temps de contact et l'irrégularité de vibration (Hemler et coll., 2001). La déshydratation est une grande pourvoyeuse de dysphonie et de forçage vocal ;

- le comportement phonatoire : en régulant la manière de vibrer des plis vocaux, le locuteur fixe le timbre ainsi que la hauteur et la sonie de son émission vocale, contrôle l'intonation des phrases, accentue les syllabes et bascule entre le voisement et le non-voisement des sons de parole. Une fréquence fondamentale aggravée est fréquemment retrouvée chez les professionnels de la voix présentant un syndrome de fatigue vocale (Koufman et Blalock, 1988 ; Rantala et coll., 1998 ; Svec et coll., 2003).

Au cours d'une utilisation prolongée de la phonation (au-delà de 3 à 4 heures), des auteurs comme Vintturi (2001) ont mis en évidence des comportements liés à la fatigue vocale avec une modification des paramètres acoustiques et une voix plus forcée. Le manque d'hydratation serait un facteur favorisant une voix plus serrée et plus fatiguée ; les femmes ont plus de signes de tension musculaire « épaules-nuque-dos » que les hommes ; la position assise ou debout influerait sur la charge vocale, la station debout permettant de mieux contrôler la voix mais favorisant les tensions musculaires scapulo-cervicales. Des intervalles de repos vocal, même brefs (Solomon et Dimattia, 2000), permettraient de préserver la voix. L'échauffement améliore les performances vocales (Elliot et coll., 1995) et l'entraînement vocal semblerait ralentir le vieillissement de la voix (Rantala et coll., 1998 ; Rantala et Vilkman, 1999 ; Vintturi et coll., 2001).

L'analyse des dysphonies est multidimensionnelle et multiparamétrique, chaque mesure apportant des informations différentes sur les aspects de la production sonore par le larynx. Les mesures objectives varient en fonction du type de dysphonie et de sa sévérité ; aucune mesure ne suffit à elle seule pour caractériser la voix pathologique. L'évaluation perceptive est un des procédés de la batterie des explorations de la voix pathologique.

Évaluation perceptive de la voix

Les variations de la qualité vocale reflètent différents ajustements des organes phonatoires. La qualité de la voix est le son caractéristique de la voix d'un sujet.

Timbre et qualité vocale

Les dysphonies sont caractérisées par une modification de la voix d'origine laryngée, secondaire à une anomalie de la vibration des plis vocaux. Elle se traduit par une altération de ce que l'on appelle la qualité vocale, c'est-à-dire une altération de l'esthétique subjective de la voix. L'altération du timbre vocal est la plainte la plus fréquente dans une dysphonie (Hirano, 1981 ; Kreiman et coll., 1993 ; Hammarberg et Gauffin, 1995).

L'oreille humaine reste à l'heure actuelle la meilleure façon d'évaluer la qualité vocale. Il n'existe pas à ce jour de classification permettant de distinguer les dysphonies d'étiologies différentes. Les premières études ayant porté sur l'évaluation perceptive et la classification de la qualité vocale datent du XIX^e siècle. L'évaluation perceptive cherche à définir les voix entendues d'un point de vue esthétique, phonétique et physiologique (De Bodt et coll., 1996).

L'évaluation perceptive est la méthode la plus utilisée en pratique clinique pour évaluer la voix ; elle est toujours considérée comme la méthode de référence (Voiers, 1977 ; Formigoni et coll., 1985 ; Ladefoged et coll., 1988 ; Klatt et Klatt, 1990 ; Bless, 1991 ; Genovese et coll., 1992 ; Kreiman et coll., 1993). Pour certains, seule l'analyse perceptive permet de valider les autres moyens d'évaluation de la qualité vocale (Kreiman et Gerratt, 1996). Cette évaluation est, et reste, subjective.

Principes de l'évaluation perceptive

L'auditeur effectue une description analytique de la voix au seul moyen de l'écoute et il emploie des adjectifs pour décrire les attributs sonores. Inconsciemment, il compare la voix analysée à ce qu'il considère comme une « voix normale » ; cette représentation personnelle de la voix normale est appelée le « référent interne » (Fex, 1992). Ce référent interne est propre à chaque auditeur et varie en fonction de son expérience, de la langue parlée, de l'âge, du sexe du locuteur, et d'autres facteurs socioculturels (Gelfer, 1988). Il n'existe pas de voix standardisée normale que l'on puisse considérer comme un « référent externe », car chez les sujets normaux la variabilité vocale est telle qu'il est illusoire d'établir un standard auditif.

Échelles d'évaluation perceptive

Les adjectifs employés pour décrire la qualité vocale ont été regroupés pour former des échelles de perception. Les différentes qualités des voix dysphoniques ont été prises en compte pour réaliser de nombreuses échelles d'évaluation dans diverses langues (Laver, 1980 ; Hirano, 1981 ; Laver, 1994 ; Hammarberg et Gauffin, 1995). Certaines des échelles d'évaluation, par leur

complexité, manquent de reproductibilité entre les auditeurs différents. En général, une échelle d'évaluation doit être simple pour ne pas générer de fatigue chez les auditeurs, mais elle doit comporter suffisamment d'informations pour permettre une bonne caractérisation de la voix et la distinction avec les autres voix dysphoniques. Ces échelles d'évaluation manquent de validité concernant la terminologie ; certains termes représentent des caractéristiques sonores qui ont un sens différent selon les auditeurs (Gelfer, 1988). Aucune étude n'a discerné à ce jour les caractéristiques indispensables pour une échelle de perception de la qualité vocale, et le nombre optimum de paramètres à étudier. Il faut noter que certaines caractéristiques vocales sont considérées comme normales dans une langue et pathologiques dans une autre. La notion de normalité d'une voix est un concept basé sur une opinion subjective et donc variable avec les cultures. Un certain degré de raucité peut être par exemple toléré dans une langue et pas dans une autre. La voix « soufflée » est même utilisée pour caractériser certains phonèmes en népalais (Ladefoged et Maddieson, 1998). Toutefois, il semblerait que les caractéristiques d'intensité, de fréquence fondamentale (ou hauteur perçue) et d'irrégularité sont les dimensions les plus pertinentes de la voix (Kempster et coll., 1991).

En pratique clinique, l'échelle d'évaluation GRBAS, fondée sur 5 paramètres (grade, raucité, souffle, asthénie, serrage), semble la plus utilisée à l'heure actuelle (Dejonckere et coll., 1993 et 1996 ; Yamaguchi et coll., 2003) car elle est la plus concise des échelles d'évaluation de la qualité de la voix, et c'est l'outil le plus facile à manier (annexe 1). Chaque paramètre est coté selon quatre degrés de sévérité (0=voix normale ; 1=voix légèrement altérée ; 2=voix altérée ; 3=voix sévèrement altérée) (Wuyts et coll., 1999 ; Yiu et Ng, 2004). Cette échelle a été proposée par Hirano (1981) et inspirée par les travaux d'Isshiki et coll. (1969). Elle peut être appliquée à l'évaluation d'une voyelle tenue (/a/ ou /i/, en général) ou à une phrase ou un texte lu. Elle est une des rares échelles à avoir été validée en corrélation avec une analyse spectrographique des voix pathologiques.

Enfin, selon de Krom (1994), les traits GRBAS, bien que ne couvrant pas toutes les qualités des voix pathologiques, sont les dimensions les plus robustes. On peut cependant reprocher à l'échelle GRBAS de ne se référer qu'au timbre de la voix et de ne pas tenir compte d'autres indices comme les indices temporels (débit phonatoire), prosodiques (intonation, pauses et sonie), et certains facteurs d'instabilité comme le trémor ou la diplophonie.

Règles méthodologiques

Quelle que soit l'échelle d'évaluation employée, certaines données doivent être contrôlées afin d'améliorer leur fiabilité et leur reproductibilité :

- les échantillons vocaux constituant le corpus (le texte ou la voyelle tenue prolongée) doivent être homogènes. Le corpus ne doit être ni trop long pour

ne pas générer de fatigue chez le locuteur et l'auditeur, ni trop court pour fournir assez d'informations acoustiques à l'auditeur (Revis et coll., 1997 ; Revis et coll., 2002) ;

- les auditeurs doivent être choisis selon certains critères en fonction des objectifs de l'étude à réaliser (esthétique, phonétique, linguistique et physiologique) : on peut choisir un groupe d'auditeurs expérimentés (entraînés à entendre des voix pathologiques) ou un groupe d'auditeurs naïfs. D'une façon générale, dans le cadre des dysphonies, la qualité vocale est évaluée de manière plus fine et plus reproductible par des auditeurs expérimentés (De Bodt et coll., 1997) ;
- les conditions de réalisation des tests de perception sont fondamentales ; les auditeurs doivent pouvoir se concentrer sans être gênés par un bruit extérieur (Kreiman et coll., 1992).

L'évaluation perceptive de la voix et de la parole est indispensable pour l'évaluation de la qualité vocale, du degré global de perturbation et de son retentissement sur les possibilités de communication. Elle doit décrire, voire quantifier les différents aspects de la qualité de la voix pathologique d'une façon fiable et reproductible. Pour une application en clinique quotidienne, il faut que cette échelle soit simple et facile à utiliser (De Bodt et coll., 1996).

Handicap et voix

Un trouble de la voix peut avoir un impact bien plus important que ne laisse présager la perturbation acoustique car il retentit sur la vie professionnelle et sociale d'un individu ; il retentit également sur le mental, le physique, l'émotionnel et la communication (Smith et coll., 1996 ; Franic et coll., 2005).

Notion de handicap

Outre l'évaluation perceptive, la notion du vécu des troubles vocaux par le sujet lui-même, du retentissement et des conséquences de la pathologie vocale au quotidien devrait faire partie de l'expertise vocale (Wilson et coll., 2002). Les critères médicaux d'évaluation d'un trouble de la voix ne reflètent pas le degré de handicap de communication. Il est important de laisser la place à l'autoévaluation par le patient de son degré de handicap, ce dernier n'étant pas toujours corrélé à la réalité objective de la dysphonie.

La Classification internationale du handicap par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) considère le degré de handicap comme la conséquence d'un trouble qui limite les activités d'un individu et ceci autant à cause du trouble dit « objectif » que de facteurs personnels et environnementaux, qui peu-

vent modifier la perception que le patient a de son trouble. C'est une définition multidimensionnelle qui admet qu'à trouble similaire, deux personnes peuvent expérimenter des limitations différentes de leur activité, du fait de leurs différences personnelles et environnementales. « Cette classification prend en compte les aspects sociaux du handicap et propose un mécanisme pour établir l'impact de l'environnement social et physique sur le fonctionnement d'une personne. C'est l'environnement qui doit s'adapter à chaque personne et non le contraire ».

La Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF) a été reconnue par 191 pays comme la nouvelle norme internationale pour décrire et mesurer la santé et le handicap. Alors que les indicateurs traditionnels se fondent sur les taux de mortalité dans les populations, la CIF fait passer le centre d'intérêt sur la vie, c'est-à-dire la façon dont les gens vivent avec leurs pathologies et améliorent leurs conditions de vie pour avoir une existence productive et enrichissante. Selon l'OMS¹⁰, « la CIF modifie notre vision du handicap, qui n'est plus le problème d'un groupe minoritaire et ne se limite plus à des êtres humains atteints de déficiences visibles ou assis dans des fauteuils roulants ».

Échelles d'autoévaluation

Les échelles d'autoévaluation doivent permettre de répondre aux questions concernant le vécu du patient par rapport à sa voix, au quotidien. Plusieurs outils d'autoévaluation de la qualité de vie sont actuellement à notre disposition :

- le « *Voice Handicap Index* » (VHI) (Jacobson et coll., 1997) : il comprend 30 items regroupés en 3 sous-échelles (physique, émotionnelle, fonctionnelle) de 10 items chacune. Une grille de réponses à cinq degrés de sévérité est proposée. Cette grille s'échelonne de 0 (non, jamais de problème) à 4 (oui, toujours un problème) (annexe 2). On obtient un résultat allant de 0 à 120. On considère alors que plus le score augmente, plus le degré de handicap ressenti augmente et donc que « la qualité de vie » diminue. C'est l'échelle la plus utilisée à l'heure actuelle (Benninger et coll., 1998 ; Murry et Rosen, 2000 ; Rosen et coll., 2000 ; Rosen et Murry, 2000 ; Hogikyan et Rosen, 2002) ;
- le « *Medical Outcomes Study Short Form 36* » (MOS SF-36) (Leplège et coll., 1998) : bien que ce soit un questionnaire générique, le MOS SF-36 est couramment utilisé dans les études sur des pathologies vocales. Cette échelle s'intéresse à huit domaines généralement affectés par une maladie ou un traitement. Cette échelle entre dans le programme d'évaluation internationale de la « qualité de vie » (Ware et Gandec, 1998) ; elle est traduite,

adaptée et validée dans de nombreuses langues afin d'être utilisable dans tous les pays du monde ;

- le « *Voice Related Quality Of Life* » (V-RQOL) (Hogikyan et Sethuraman, 1999) : c'est un instrument de mesure de la répercussion du trouble vocal sur la qualité de vie. Il s'agit d'un autoquestionnaire de 10 items auquel est associée une échelle de réponses de 1 (non, pas de problème) à 5 (oui, beaucoup de problèmes). On obtient un résultat variant de 10 à 50 sur 50. Plus le score augmente, plus la qualité de vie diminue. Les domaines abordés par les questions sont la puissance vocale, l'essoufflement, l'instabilité vocale, l'anxiété et le sentiment dépressif dû au trouble vocal, les difficultés au téléphone ainsi que les répercussions professionnelles et sociales.

D'autres échelles peuvent être utilisées mais ne sont pas traduites et validées en français (Ma et Yiu, 2001 ; Deary et coll., 2004 ; Rosen et coll., 2004 ; Wilson et coll., 2004).

Autoévaluation et personnalité

Les échelles d'autoévaluation consistent à décrire les impressions du patient concernant le vécu de sa voix au quotidien, avec son entourage, l'efficacité de la voix par rapport à l'environnement et aux exigences qui lui sont propres (Murry et coll., 2004). Il doit analyser comment il ressent sa voix d'un point de vue sensoriel (vibrations sonores), auditif (ce qu'il entend de sa voix) et comment il perçoit l'image de sa voix à travers l'oreille de l'autre. Un problème de voix affecte le locuteur dans la clarté de son message mais retentit aussi sur l'attitude générale de l'auditeur et sur sa perception du locuteur. En effet, selon Lallh et Rochet (2000), la perception de la personnalité d'un dysphonique est a priori négative et l'altération du timbre de la voix ou de la résonance, comme le nasonnement, peut amener à un jugement rapide et péjoratif (moins intelligent, moins confiant, moins agréable, moins honnête, moins attirant...).

La voix est un indice exprimant l'état psychologique d'un sujet, sa personnalité, son affect, sa somatisation (anxiété, dépression, névrose, syndrome douloureux fonctionnel), et sa qualité de vie (Deary et coll., 2003 et 2004). En pathologie vocale, une bonne corrélation existe entre l'autoévaluation et les symptômes psychologiques. Il semblerait que ceux qui se plaignent le plus de problème de voix sont ceux qui ont un état dépressif, une instabilité émotionnelle, une mauvaise qualité de vie et des symptômes fonctionnels itératifs (Deary et coll., 2003).

Handicap vocal et réalité objective

En revanche, il n'a pas été retrouvé de corrélation entre les échelles d'évaluation perceptive de la voix, les analyses acoustiques et la qualité de vie (Behrman et coll., 2004).

Il n'y a pas de corrélation entre les anomalies de vibration muqueuse et le handicap vocal (domaine physique). Il n'y a pas de lésion bénigne plus gênante qu'une autre ; les critères médicaux ne reflètent pas le degré de handicap de vie. La durée de la dysphonie n'est pas un facteur de gravité. En effet, selon Behrman et coll. (2004), plus la dysphonie est ancienne (au-delà d'un an), moins elle semble gênante. S'agit-il d'un phénomène d'habituation ou de compensation ? Les possibilités d'adaptation et de compensations dépendent de chaque individu, mais non des nécessités vocales. La charge vocale est difficile à apprécier rendant difficile la comparaison des groupes de dysphoniques. Les chanteurs et les acteurs sont plus sensibles et consultent avant d'avoir de vrai problème de voix, leur VHI reste faible. Il y a peu de corrélation entre auditeur et locuteur envers la sévérité de la dysphonie. La qualité vocale est très subjective et personnelle et ne correspond pas forcément au référent interne du clinicien qui juge la voix. Pour le patient dysphonique, on note souvent un inconfort physique (tensions cervicales, mal de gorge, effort pour parler, fatigue), cet inconfort étant souvent traduit comme une voix serrée. Le VHI est important pour les décisions thérapeutiques.

La sévérité du handicap vocal perçu par le patient n'est pas corrélée à la réalité objective de dysphonie. C'est la dimension la plus difficile à traiter.

Aux États-Unis, le Ministère de la santé a estimé à 30 à 150 billions de \$ par an le coût des troubles de la voix en termes de perte de productivité, de traitement et d'éducation. En France, il n'existe pas encore d'étude similaire de santé publique sur les conséquences financières des troubles vocaux chez les professionnels de la voix. Cependant, le Ministère de la santé et de la sécurité sociale recherche des outils d'évaluation du handicap vocal et de la communication et s'intéresse aux propriétés psychométriques des différents instruments de mesure du handicap. L'impact d'un trouble de la voix est plus qu'une pathologie du larynx ou un trouble acoustique car il retentit sur la vie professionnelle et sociale d'un individu, retentit sur le mental, le physique, l'émotionnel et la communication, et il a des conséquences sur l'emploi, le social et la santé (Rosen et coll., 2000).

En conclusion, la connaissance des mécanismes de production de la voix et de l'anatomo-physiologie du vibreur laryngé oriente vers une meilleure compréhension des pathologies vocales et des traumatismes vocaux. Nous devons accepter nos inégalités physiologiques et apprendre à connaître nos limites pour utiliser au mieux nos capacités. Il convient de respecter les règles d'hygiène vocale (hydratation, échauffement, pauses vocales lors des efforts de phonation prolongée) et de bien connaître les facteurs de risque. Enfin, des méthodes d'évaluation à grande échelle devraient être définies dans le cadre de dépistage de sujets à risque lors d'une utilisation prolongée de la voix, sélectionner des tests pertinents permettant de détecter non seu-

lement une dysphonie mais également son retentissement sur le vécu vocal d'un sujet.

BIBLIOGRAPHIE

AYACHE S, FERNANDES M, OUAKNINE M, GIOVANNI A. Function of the laryngeal muscles in the control of the fundamental frequency of voice. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 2002, **119** : 243-251

AYACHE S, OUAKNINE M, DEJONKERE P, PRINDERE P, GIOVANNI A. Experimental study of the effects of surface mucus viscosity on the glottic cycle. *J Voice* 2004, **18** : 107-115

BAKEN RJ. Clinical measurement of speech and voice. Singular publishing Group, Inc. San Diego, USA, 1987

BEHRMAN A, SULICA L, HE T. Factors predicting patient perception of dysphonia caused by benign vocal fold lesions. *Laryngoscope* 2004, **114** : 1693-1700

BENNINGER MS, AHUJA AS, GARDNER G, GRYWALSKI C. Assessing outcomes for dysphonic patients. *J Voice* 1998, **12** : 540-550

BERKE GS, GERRATT BR. Laryngeal biomechanics: an overview of mucosal wave mechanics. *J Voice* 1993, **7** : 123-128

BLESS DM. Measurement of vocal function. *Otolaryngol Clin North Am* 1991, **24** : 1023-1033

BLOMGREN M, CHEN Y, NG ML, GILBERT HR. Acoustic, aerodynamic, physiologic and perceptual properties of modal and vocal fry registers. *J Acous Soc Am* 1998, **103** : 2649-2658

BUTLER JE, HAMMOND TH, GRAY SD. Gender-related differences of hyaluronic acid distribution in the human vocal fold. *Laryngoscope* 2001, **111** : 907-911

CHAN RW, GRAY SD, TITZE IR. The importance of hyaluronic acid in vocal fold biomechanics. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2001, **124** : 607-614

DE BODT MS, VAN DE HEYNING PH, WUYTS FL, LAMBRECHTS L. The perceptual evaluation of voice disorders. *Acta Otorhinolaryngol Belg* 1996, **50** : 283-291

DE BODT MS, WUYTS FL, VAN DE HEYNING PH, CROUX C. Test-retest study of the GRBAS scale: influence of experience and professional background on perceptual rating of voice quality. *J Voice* 1997, **11** : 74-80

DE KROM G. Consistency and reliability of voice quality ratings for different types of speech fragments. *J Speech Hear Res* 1994, **37** : 985-1000

DEARY IJ, WILSON JA, CARDING PN, MACKENZIE K. VoiSS: a patient-derived Voice Symptom Scale. *J Psychosom Res* 2003, **54** : 483-489

DEARY IJ, WEBB A, MACKENZIE K, WILSON JA, CARDING PN. Short, self-report voice symptom scales: psychometric characteristics of the voice handicap index-10 and 133

the vocal performance questionnaire. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2004, **131** : 232-235

DEJONCKERE PH, OBBENS C, DE MOOR GM, WIENEKE GH. Perceptual evaluation of dysphonia: reliability and relevance. *Folia Phoniatr (basel)* 1993, **45** : 76-83

DEJONCKERE PH, REMACLE M, FRESNEL-ELBAZ E, WOISARD V, CREVIER-BUCHMAN L, MILLET B. Differentiated perceptual evaluation of pathological voice quality: reliability and correlations with acoustic measurements. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 1996, **117** : 219-224

ELLIOT N, SUNDBERG J, GRAMMING P. What happens during vocal warm-up? *J Voice* 1995, **9** : 37-44

FANT G. Acoustic theory of speech production. Mouton, The Hague, 1970

FEX S. Perceptual evaluation. *J Voice* 1992, **6** : 155-158

FORMIOGONI P, GENOVESE E, BELLUSSI C. Perceptual characteristics and quality of voice. *Acta Phoniatica Latina* 1985, **7** : 270-278

FRANIC DM, BRAMLETT RE, CORDES BOTHE A. Psychometric evaluation of disease specific quality of life instruments in voice disorders. *J Voice* 2005, **19** : 300-315

GELFER MP. Perceptual attributes of voice: Development and use of rating scales. *J Voice* 1988, **2** : 320-326

GENOVESE E, CALEARO C, BIGNARDI I. Phoniatic aspects of reconstructive laryngectomy. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)* 1992, **113** : 331-335

GRAY S, HIRANO M, SATO K. Molecular and cellular structure of vocal fold tissues. In : Vocal Fold Physiology, frontiers in basic science. TITZE IR (ed). Singular Publishing Group, San Diego, 1993 : 1-35

GRAY SD, THIBEAULT SL. Diversity in voice characteristics--interaction between genes and environment, use of microarray analysis. *J Commun Disord* 2002, **35** : 347-354

HABEN CM, KOST K, PAPAGIANNIS G. Lateral phase mucosal wave asymmetries in the clinical voice laboratory. *J Voice* 2003, **17** : 3-11

HAMMARBERG G, GAUFFIN J. Perceptual and acoustic characteristics of quality differences in pathological voices as related to physiological aspects. In : Vocal Fold Physiology : Voice Quality Control. (Proceedings of the VIIIth Vocal Fold Physiology Conference, Kurume, 1994). FUJIMURA O, HIRANO M (eds). Singular Publishing Group, San Diego, 1995

HALLEN L, TESTAD P, SEDERHOLM E, DAHLQVIST A, LAURENT C. DiHA (dextranomers in hyaluronan) injections for treatment of insufficient closure of the vocal folds: early clinical experiences. *Laryngoscope* 2001, **111** : 1063-1067

HANSON DG, JIANG J, D'AGOSTINO M, HERZON G. Clinical measurement of mucosal wave velocity using simultaneous photoglottography and laryngostroboscopy. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1995, **104** : 340-349

HEMLER RJ, WIENEKE GH, LEBACQ J, DEJONCKERE PH. Laryngeal mucosa elasticity and viscosity in high and low relative air humidity. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2001, **258** : 125-129

- HEYLEN L, WUYTS FL, MERTENS F, DE BODT M, VAN DE HEYNING PH. Normative voice range profiles of male and female professional voice users. *J Voice* 2002, **16** : 1-7
- HIRANO M. Clinical examination of voice. Springer-Verlag, New York, 1981
- HIROSE H. Electromyography of laryngeal and pharyngeal muscles. In : *Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 3rd ed., Vol 3. CUMMINGS CW (ed). Mosby Year-Book, Inc, 1998 : 1891-1894
- HOGIKYAN ND, SETHURAMAN G. Validation of an instrument to measure voice-related quality of life (V-RQOL). *J Voice* 1999, **13** : 557-569
- HOGIKYAN ND, ROSEN CA. A review of outcome measurements for voice disorders. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2002, **126** : 562-572
- ISSHIKI N, OKAMURA H, TANABE M, MORIMOTO M. Differential diagnosis of hoarseness. *Folia Phoniatr* 1969, **21** : 9-19
- JACOBSON BH, JOHNSON A, CRYWALSKI C. The voice handicap index (VHI): development and validation. *Am J Speech Lang Pathol* 1997, **6** : 66-70
- JIANG J, LIN E, HANSON DG. Vocal fold physiology. *Otolaryngol Clin North Am* 2000, **33** : 699-718
- KANIA RE, HANS S, HARTL DM, CLEMENT P, CREVIER-BUCHMAN L, BRASNU DF. Variability of electroglottographic glottal closed quotients: necessity of standardization to obtain normative values. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2004, **130** : 349-352
- KEMPSTER GB, KISTLER DJ, HILLENBRAND J. Multidimensional scaling analysis of dysphonia in two speaker groups. *J Speech Hear Res* 1991, **34** : 534-543
- KLATT DH, KLATT LC. Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. *J Acoust Soc Am* 1990, **87** : 820-857
- KOUFMAN JA, BLALOCK PD. Vocal fatigue and dysphonia in the professional voice user: Bogart-Bacall syndrome. *Laryngoscope* 1988, **98** : 493-498
- KREIMAN GERRATT B, PRECODA K, BERKE GS. Individual differences in voice quality perception. *J Speech Hear Res* 1992, **35** : 512-520
- KREIMAN J, GERRATT B, KEMPSTER GB, ERMAN A, BERKE GS. Perceptual evaluation of voice quality: Review, tutorial and a framework for future research. *J Speech Hear Res* 1993, **36** : 21-40
- KREIMAN J, GERRATT B. The perceptual structure of pathologic voice quality. *J Acous Soc Am* 1996, **100** : 1787-1795
- LADEFOGED P, MADDIESON I, JACKSON M. Investigating phonation types in different languages. In : *Vocal Fold Physiology: Voice Production, Mechanisms and Functions*. FUJIMURA O (ed). Raven Press, New York, 1988 : 297-317
- LADEFOGED P, MADDIESON I. The Sounds of the World's Languages. Blackwell Publishers, 1998
- LALLH AK, ROCHET AP. The effect of information on listeners' attitudes toward speakers with voice or resonance disorders. *J Speech Lang Hear Res* 2000, **43** : 782-795

- LAVER J. The phonetic description of voice quality. Cambridge University Press, Cambridge, 1980
- LAVER J. Principles of phonetics. Cambridge University Press, Cambridge, 1994
- LEPLÈGE A, ECOSSE A, VERDIER A, PERNER T. The french SF36 Health Survey: Translation, Cultural Adaptation and preliminary Psychometric Evaluation. *J Clin Epidemiol* 1998, **11** : 1013-1023
- MA EP, YIU EM. Voice activity and participation profile: assessing the impact of voice disorders on daily activities. *J Speech Lang Hear Res* 2001, **44** : 511-524
- MURRY T, ROSEN CA. Outcome measurements and quality of life in voice disorders. *Otolaryngol Clin North Am* 2000, **33** : 905-916
- MURRY T, MEDRADO R, HOGIKYAN ND, AVIV JE. The relationship between ratings of voice quality and quality of life measures. *J Voice* 2004, **18** : 183-192
- NAKAGAWA H, FUKUDA H, KAWAIDA M, SHIOTANI A, KANZAKI J. Lubrication mechanism of the larynx during phonation: an experiment in excised canine larynges. *Folia Phoniater Logop* 1998, **50** : 183-194
- RAMIG LO, GRAY S, BAKER K, CORBIN-LEWIS K, BUDER E, et coll. The aging voice: a review, treatment data and familial and genetic perspectives. *Folia Phoniater Logop* 2001, **53** : 252-265
- RANTALA L, LINDHOLM P, VILKMAN E. FO changes due to voice loading under laboratory and field conditions. A pilot study. *Logoped Phoniater Vocol* 1998, **23** : 164-168
- RANTALA L, VILKMAN E. Relationship between subjective voice complaints and acoustic parameters in female teachers' voices. *J Voice* 1999, **13** : 484-495
- REVIS J, GIOVANNI A, WUYTS F, TRIGLIA JM. Comparison of different phonetic materials for perceptive analysis of dysphonia. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 1997, **118** : 247-252
- REVIS J, GIOVANNI A, TRIGLIA JM. Influence of voice onset on the perceptual analysis of dysphonia. *Folia Phoniater Logop* 2002, **54** : 19-25
- ROSEN CA, MURRY T. Voice handicap index in singers. *J Voice* 2000, **14** : 370-377
- ROSEN CA, MURRY T, ZINN A, ZULLO T, SONBOLIAN M. Voice handicap index change following treatment of voice disorders. *J Voice* 2000, **14** : 619-623
- ROSEN CA, LEE AS, OSBORNE J, ZULLO T, MURRY T. Development and validation of the voice handicap index-10. *Laryngoscope* 2004, **114** : 1549-1556
- SMITH E, VERDOLINI K, GRAY S, NICHOLS S, LEMKE J, et coll. Effect of voice disorders on quality of life. *J Med Speech Lang Pathol* 1996, **4** : 223-244
- SMITHERAN JR, HIXON TJ. A clinical method for estimating laryngeal airway resistance during vowel production. *J Speech Hear Disord* 1981, **46** : 138-146
- SOLOMON NP, DIMATTIA MS. Effects of a vocally fatiguing task and systemic hydration on phonation threshold pressure. *J Voice* 2000, **14** : 341-362
- SONNINEN A, LAUKKANEN AM. Hypothesis of whiplike motion as a possible traumatizing mechanism in vocal fold vibration. *Folia Phoniater Logop* 2003, **55** : 189-198

SVEC JG, POPOLO PS, TITZE IR. Measurement of vocal doses in speech: experimental procedure and signal processing. *Logoped Phoniatr Vocol* 2003, **28** : 181-192

TITZE IR. The human vocal cords: A mathematical model. Part I. *Phonetica* 1973, **28** : 129-170

TITZE IR, LUSCHEI R, HIRANO M. Role of the thyroarytenoid muscle in the regulation of fundamental frequency. *J Voice* 1989, **3** : 213-224

TITZE IR. Vocal efficiency. *J Voice* 1992, **6** : 135-138

VILKMAN E, SONNINEN A, HURME P, KORRKO P. External laryngeal frame function in voice production revisited: a review. *J Voice* 1996, **10** : 78-92

VILKMAN E, ALKU P, VINTTURI J. Dynamic extremes of voice in the light of time domain parameters extracted from the amplitude features of glottal flow and its derivative. *Folia Phoniatr Logop* 2002, **54** : 144-157

VINTTURI J. Studies on voice production with a special emphasis on vocal loading, gender, some exposure factors and intensity regulation. Ph.D. Thesis, University of Helsinki, 2001 : 101p

VINTTURI J, ALKU P, LAURI ER, SALA E, SIHVO M, VILKMAN I. Objective analysis of vocal warm-up with special reference to ergonomic factors. *J Voice* 2001, **15** : 36-53

VOIERS WD. Diagnostic evaluation of speech intelligibility. *Acoustics* 1977, **11** : 288-296

WARD PD, THIBEAULT SL, GRAY SD. Hyaluronic acid: its role in voice. *J Voice* 2002, **16** : 303-309

WARE J, GANDEC B. Overview of the SF36 Health Survey and International Quality Of Life Assessment Project. *J Clin Epidemiol* 1998, **11** : 903-912

WILSON JA, DEARY IJ, MILLAR A, MACKENZIE K. The quality of life impact of dysphonia. *Clin Otolaryngol* 2002, **27** : 179-182

WILSON JA, WEBB A, CARDING PN, STEEN IN, MACKENZIE K, DEARY IJ. The Voice Symptom Scale (VoiSS) and the Vocal Handicap Index (VHI): a comparison of structure and content. *Clin Otolaryngol* 2004, **29** : 169-174

WOODSON GE, CANNITO M. Voice analysis. In : Otolaryngology-head and neck surgery. 3rd ed., Vol 3. CUMMINGS CW (ed). Mosby-Year Book, Inc., St Louis, 1998 : 876-1890

WUYTS FL, DE BODT MS, VAN DE HEYNING PH. Is the reliability of a visual analog scale higher than an ordinal scale? An experiment with the GRBAS scale for the perceptual evaluation of dysphonia. *J Voice* 1999, **13** : 508-517

YAMAGUCHI H, SHRIVASTAV R, ANDREWS ML, NIIMI S. A comparison of voice quality ratings made by Japanese and American listeners using the GRBAS scale. *Folia Phoniatr Logop* 2003, **55** : 147-157

YIU EM, NG CY. Equal appearing interval and visual analogue scaling of perceptual roughness and breathiness. *Clin Linguist Phon* 2004, **18** : 211-229

4

Pathologies associées à l'usage professionnel de la voix

Plusieurs études épidémiologiques mettent en évidence que les problèmes vocaux surviennent plus fréquemment chez les enseignants que dans la population générale, et ceci de manière très significative. De plus, chez les enseignants demeurant dans la profession, la prévalence des problèmes vocaux croît avec l'âge, pour atteindre un maximum dans le groupe d'âge 50-59 ans. La prévalence est très nettement supérieure chez les femmes. Les symptômes vocaux chez les enseignants ont significativement augmenté en l'espace de 12 ans (1988-2000).

Exigences vocales spécifiques de l'enseignant

La profession d'enseignant implique, pour diverses raisons, des exigences élevées sur le plan de la robustesse et de l'endurance vocales :

- la voix didactique a généralement une intensité plus élevée que la voix d'expression simple (audience et non simple interlocuteur) (Dejonckere, 2001a) ;
- l'activité didactique professionnelle implique généralement un usage prolongé (Rantala et coll., 1998 ; Sapienza et coll., 1999) ;
- la voix didactique est une voix « projetée », comportant l'intention d'agir sur l'auditeur (intéresser, faire passer un message, expliquer, convaincre, enthousiasmer...) ;
- les conditions d'environnement, en particulier sur le plan acoustique, sont dans de nombreux cas loin d'être optimales : réverbération, isolation, bruit d'ambiance de la classe... (Truchon-Cagnon et Héту, 1988 ; Pekkarinen et Viljanen, 1991 ; Jonsdottir, 2002).

Les études de dosimétrie vocale permettent d'objectiver cette charge vocale inhabituelle, tant sur le plan de la durée que sur celui de l'intensité, notamment chez les institutrices maternelles (Masuda et coll., 1993 ; Buekers, 2001).

Titze (1999 et 2001) a démontré que les contraintes physiques vibratoires auxquelles sont soumis les tissus des plis vocaux chez les professionnels de la

voix excèdent les limites de sécurité (appliquées dans le cadre de la médecine du travail) pour les autres tissus et organes du corps humain (Griffin, 1990). Cette forme de surcharge (« overdose ») induit des cycles de lésion-réparation tissulaire (Titze, 1994).

Le niveau d'intensité moyen de la phonation croît, chez le sujet normal, d'environ 3 dB lorsque le niveau de bruit ambiant augmente de 10 dB (Van Heusden et coll., 1979 ; Dejonckere et Pépin, 1983) ; or, dans les jardins d'enfants par exemple, le niveau sonore varie couramment entre 75 et 80 dB (Truchon-Cagnon et Hétu, 1988 ; Vilkman, 1996). Par ailleurs, le fait de parler à intensité plus élevée entraîne une augmentation de la fréquence fondamentale moyenne (0,2 à 0,5 demi-ton par dB, avec allure exponentielle) (Buekers et Kingma, 1997). Le fait de devoir élever la voix en contexte de classe constitue un facteur de risque pour l'apparition de nodules vocaux chez les enseignants (Perez Fernandez et coll., 2003). Par ailleurs, d'un point de vue purement phonétique, le fait d'élever l'intensité de la voix (par un accroissement de la pression sous-glottique) accroît principalement l'énergie acoustique des phonèmes voisés, et beaucoup moins celle des phonèmes consonantiques, alors que ce sont ces derniers qui sont essentiels pour l'intelligibilité de la parole (Sanders, 1993 ; Crandell et coll., 1995).

Une distinction peut être faite entre les notions de surmenage vocal (*overuse*) et de malmenage vocal (*misuse*) (Giovanni et coll., 2004) : le surmenage est la situation où le sujet, pour des raisons professionnelles le plus souvent (mais parfois aussi pour des raisons psychologiques), utilise sa voix à un niveau supra-physiologique et/ou ne la repose pas adéquatement. Le malmenage est une situation dans laquelle le sujet utilise sa voix de façon incorrecte : par exemple avec des attaques vocaliques dures ou des coups de glotte systématiques.

Plaintes et problèmes vocaux spécifiques des enseignants

Plusieurs études épidémiologiques mettent en évidence que les problèmes vocaux surviennent plus fréquemment chez les enseignants que dans la population générale, et ceci de manière très significative. Dans une étude de synthèse sur la prévalence des problèmes vocaux, Mattiske et coll. (1998) rapportent quatre études concluant qu'au moins 50 % des enseignants font mention de problèmes vocaux. Par ailleurs, environ un futur enseignant sur cinq fait déjà mention de plaintes récurrentes relatives à la voix au cours de ses études, et ce dans une mesure significativement plus importante que des étudiants d'autres disciplines (dans le même établissement d'enseignement supérieur) (Simberg et coll., 2000 ; Simberg, 2004). Chez les enseignants qui demeurent dans la profession, la prévalence des problèmes vocaux croît avec l'âge, pour atteindre un maximum dans le groupe d'âge 50-59 ans. Toutefois,

de nombreux enseignants sont contraints d'abandonner de façon prématurée et définitive la profession en raison de leurs difficultés vocales (Sapir et coll., 1993). La prévalence des problèmes vocaux est nettement supérieure dans le sexe féminin (Dejonckere, 2001b ; Roy et coll., 2004). Une étude finlandaise récente (Simberg et coll., 2005) montre que la prévalence de symptômes vocaux chez les enseignants a significativement augmenté en l'espace de 12 ans (1988-2000). L'analyse de Verdolini et Ramig (2001) met en évidence que, pour les États-Unis, le coût annuel lié aux soins de santé et journées de travail perdues en rapport avec des troubles vocaux atteint 2,5 billions de \$, et ce uniquement pour les enseignants.

Il est relativement malaisé de cerner avec précision la notion de plainte ou de problème vocal. Roy et coll. (2004) ont proposé la définition suivante : « Chaque fois que la voix ne fonctionne pas comme elle le devrait normalement, de telle façon qu'il y a interférence avec le processus de communication ».

La manière dont la dysphonie (en rapport avec des lésions bénignes) est vécue par le patient – ce que reflète par exemple le *Voice Handicap Index* (VHI) – doit être considérée comme une dimension indépendante dans un bilan de mise au point d'un problème vocal : Behrman et coll. (2004) ont démontré que ni l'âge, ni le sexe, ni le type de lésion, ni la qualité de l'occlusion glottique, ni la qualité ondulatoire de la muqueuse n'ont de valeur prédictive pour le score au VHI.

Par ailleurs, Gotaas et Starr (1993) ont exploré le niveau d'anxiété chez des enseignants avec plaintes de fatigue vocale : ils leur trouvent un niveau significativement plus élevé que dans leur groupe témoin, mais comparable à celui de fonctionnaires gouvernementaux.

De plus en plus, du fait qu'elle interfère avec la capacité économique, la pathologie vocale des enseignants se voit considérée, dans certaines limites bien définies, comme une maladie professionnelle, même si elle n'est pas (encore) reprise dans les listes officielles. Certains pays en reconnaissent le principe, mais dans le cadre du « système ouvert » (par opposition au « système de liste »), chaque cas devant être dûment et individuellement documenté (Ugeux, 2001).

Altérations laryngées

Un certain nombre d'altérations laryngées, en particulier de la muqueuse des plis vocaux, sont à mettre en rapport avec la notion de réaction tissulaire de surcharge biomécanique (conditions phonatoires supra-physiologiques, phonotraumatisme) (Herrington-Hall et coll., 1988 ; Dejonckere et coll., 1994 ; Dijkers et Nikkels, 1995 ; Colton et Casper, 1996). Il s'agit, d'une part, de l'érythème et de l'œdème des plis vocaux (notion de « laryngite »)

(figure 4.1A) ainsi que du polype vocal (phonotraumatisme aigu) (figure 4.1B), et d'autre part, des nodules vocaux (figure 4.1C) et dans une certaine mesure des ulcérations de contact (figure 4.1D) et des granulomes dorsaux des plis vocaux (phonotraumatisme chronique).

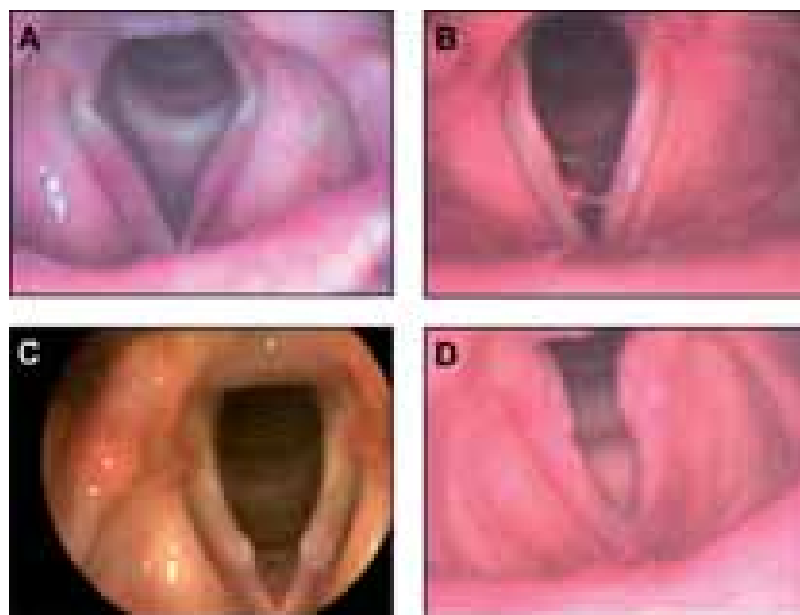


Figure 4.1 : Altérations laryngées. A : Érythème et léger œdème des plis vocaux après phonotraumatisme aigu ; B : Polype vocal comme séquelle présumée d'un phonotraumatisme aigu ; C : Nodules vocaux ; D : Ulcères de contact au niveau de la partie dorsale des plis vocaux

Globalement, les nodules vocaux constituent l'altération morphologique la plus fréquemment observée au niveau du larynx (21,6 % de toutes les pathologies observées), suivie par l'œdème des plis vocaux (14,1 %) et par le polype vocal (11,4 %), alors que l'ulcération de contact et le granulome sont nettement moins communs (1 % et 1 %) (Herrington-Hall et coll., 1988). Toutefois, certaines de ces manifestations ne sont pas spécifiques, en ce sens que le phonotraumatisme n'est pas nécessairement l'unique agent étiopathogénique. Des anomalies congénitales mineures (sulcus, micropalmure) pourraient jouer un rôle favorisant, de même que des facteurs de terrain (allergie des voies respiratoires supérieures et son traitement par stéroïdes inhalés) ou des pathologies chroniques comme le reflux gastro-œsophagien et le reflux œsophagien. Ainsi, l'érythème et l'œdème laryngés peuvent procéder en partie de facteurs environnementaux (poussière, air sec, tabagisme...), et le polype vocal (en particulier la forme angiectasique) prend préférentielle-

ment naissance dans une muqueuse déjà congestive (par exemple, par la fumée de cigarette). Les ulcérations de contact et granulomes dorsaux peuvent procéder en partie de reflux gastro-œsophagien. Pour certaines pathologies, l'usage vocal intensif (et l'éventuel malmenage vocal) peut n'être qu'un cofacteur étiologique possible : c'est le cas de l'œdème de Reinke (cordite polypoïde) et de la laryngite chronique hyperplasique, où tabagisme et éthyisme sont les agents étiologiques principaux. Selon Sataloff (2001), l'œdème de Reinke survient même moins fréquemment chez des professionnels vocaux que chez des non-professionnels.

Nodules vocaux : une réaction tissulaire spécifique au phonotraumatisme chronique

Les nodules vocaux peuvent être considérés comme l'altération la plus pathognomonique. Ils sont, en particulier à un stade débutant et encore paucisymptomatique, identifiés avec une fréquence significativement plus élevée chez des institutrices maternelles que dans un groupe homogène apparié : Sala et coll. (2001) examinent 262 institutrices maternelles et leur trouvent significativement plus de nodules vocaux et de signes inflammatoires laryngés que dans un groupe témoin comparable de 108 infirmières hospitalières.

L'étude anatomo-pathologique de Dikkers et Nikkels (1995) différencie le polype vocal des nodules vocaux par la présence au sein du polype, de signes d'hémorragie récente, de fibrine et de thrombose, alors que les nodules sont plutôt caractérisés par les images de lacs d'œdème, sans épanchement sanguin. Pour Wallis et coll. (2004), les deux entités paraissent représenter le continuum d'un même processus : le dommage tissulaire occasionné par le traumatisme ou l'irritation mécanique répétitive (Multinovic et Bojic, 1996). Les différences essentielles sont la bilatéralité dans le cas des nodules vocaux et la taille de la lésion (le polype étant plus volumineux) (Wallis et coll., 2004).

Certains auteurs (Behrendt, 1964 ; Böhme, 1983), prenant en considération les implications thérapeutiques (traitement conservateur *versus* chirurgical), distinguent deux variantes histologiques de nodules vocaux :

- les nodules jeunes, d'apparition récente, caractérisés par un infiltrat œdémateux lympho-plasmocytaire, des téléangiectasies et un épithélium intact ;
- les nodules plus anciens, avec fibrose et hyperplasie épithéliale, et éventuellement kératose.

La variante récente est généralement considérée comme réversible, la variante ancienne comme pratiquement irréversible (sauf peut-être à très long terme).

La pathogénie des nodules vocaux paraît associée à un mode vibratoire particulier des plis vocaux, qui limite le contact (collision puis décollement)

entre les bords libres des plis vocaux à une localisation particulière : l'union du tiers antérieur et des deux tiers postérieurs c'est-à-dire la moitié de la partie vibrante de la corde. Ce mode vibratoire requiert trois conditions biomécaniques : une adduction dorsale incomplète ; une position de repos incurvée (plutôt que rectiligne), autour de laquelle se fait le mouvement oscillatoire ; et une amplitude d'oscillation suffisante (faute de quoi le contact n'a pas lieu) (Dejonckere et coll., 1994 ; Dejonckere, 2001a) (figure 4.2). Il en résulte un contact limité entre les bords libres des plis vocaux, environ à l'union du tiers ventral et du tiers moyen. À cet endroit se focalise le phonotraumatisme, consistant en une alternance de percussions et de tractions, ces dernières dues aux forces d'adhésion et de cohésion du mucus. Le modèle simule une oscillation d'amplitude croissante (de gauche à droite), symétriquement par rapport à une position de repos légèrement incurvée. Cette incurvation peut résulter de la prédominance des forces élastiques (ligament vocal-cone élastique) lorsque le muscle vocal présente un certain degré d'hypotonie (par exemple dû à la fatigue). Une amplitude suffisante est nécessaire, faute de quoi il n'y a pas de contact.

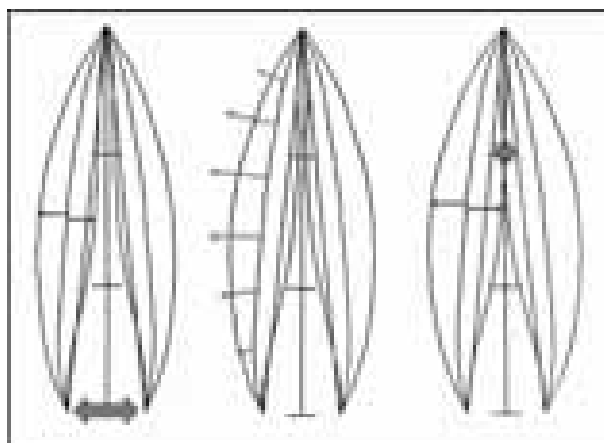


Figure 4.2 : Modèle mécanique simplifié (oscillation sinusoïdale limitée au plan horizontal) montrant l'effet combiné, sur le mode vibratoire des plis vocaux, d'une adduction dorsale insuffisante et d'une légère incurvation du bord libre des plis vocaux

Les réactions tissulaires sont réversibles au début, définitives ensuite : elles débutent par un œdème sous-muqueux, qui forme des lacs au sein du stroma fibreux. À l'œdème fait suite une activation des fibroblastes sous-épithéliaux, avec production accrue de fibres collagènes. Concomitamment, une hyperplasie de l'épithélium de revêtement est observée, avec kératose (Chagnon et Stone, 1996) (figure 4.3).

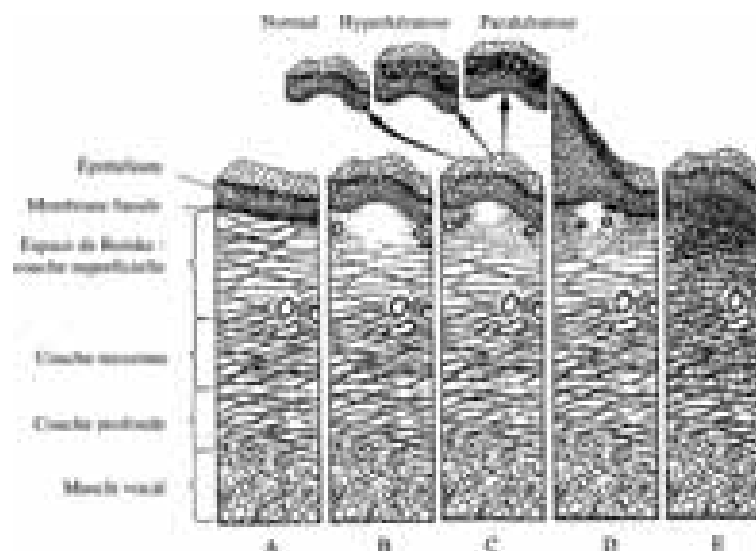


Figure 4.3 : Différents stades évolutifs de nodules vocaux sur le plan histopathologique. A : Image normale ; B : Œdème sous-épithélial ; C : Œdème faisant place à un processus de fibrose, l'épithélium peut donner lieu à de la kératose ; D : Reste d'œdème sous-épithélial, fibrose et hyperplasie épithéliale ; E : Fibrose sous-épithéliale (d'après Chagnon et Stone, 1996)

La fatigue vocale induite expérimentalement par une lecture à voix forte (75-85 dBC) de 2 heures se solde chez des sujets normaux par une augmentation significative de la PTP (*Phonation Threshold Pressure* ou pression sous-glottique minimale requise pour initier et entretenir l'oscillation des plis vocaux), laquelle est présumée refléter un accroissement de la viscosité des couches histologiques superficielles des plis vocaux (Solomon et DiMattia, 2000 ; Chang et Karnell, 2004). Cet accroissement de la viscosité pourrait lui-même être en rapport avec les modifications ultrastructurales observées au niveau de la membrane basale et de la matrice extracellulaire de la *lamina propria* après phonation forcée *in vitro* avec des larynx de chiens (Gray et Titze, 1988 ; Jiang et coll., 1998). Il est par ailleurs montré que le degré d'hydratation influence la viscosité tissulaire des plis vocaux (Verdolini-Marston et coll., 1990 ; Verdolini et coll., 1994 ; Verdolini-Marston et coll., 1994).

L'excès de béance glottique au moment de la mise en vibration des bords libres des plis vocaux est également un facteur contribuant à augmenter la PTP (Titze, 1988 ; Chang et Karnell, 2004).

La fatigue vocale aiguë, induite expérimentalement, chez de jeunes femmes adultes normales donne lieu à une hypofonction des muscles directement concernés par la phonation laquelle se manifeste par une insuffisance

d'occlusion glottique notamment au niveau de la partie ventrale de la glotte, favorisant le mode vibratoire à configuration glottique dite « en sablier » (Stemple et coll., 1995).

D'autre part, 61 % des patients ayant comme plainte principale la fatigue vocale mais sans anomalies des plis vocaux présentaient en vidéostroboscopie une insuffisance d'occlusion glottique, notamment antérieure, ainsi qu'un débit aérien phonatoire anormalement élevé (coulage d'air) (Eustace et coll., 1996). Chez des patientes présentant des nodules vocaux, le débit aérien phonatoire s'est révélé significativement accru par rapport à des sujets témoins, avec augmentation de la quantité d'air consommée tant par syllabe que par expiration au cours d'une lecture (Sapienza et coll., 1997).

Une légère tuméfaction bilatérale à l'union du tiers ventral et du tiers moyen des plis vocaux constitue un indice clinique indicatif d'une utilisation supra-physiologique de la voix (Sataloff, 2001).

À côté de ces facteurs physiques et physiopathologiques, des facteurs comportementaux interviennent de façon indéniable. Une étude de Roy et coll. (2000), faisant appel à un questionnaire psychologique propre à dégager des traits de personnalité, caractérise les patientes porteuses de nodules vocaux comme « extraverties, socialement dominantes, impulsives, promptes à réagir aux facteurs de stress », et ce par rapport à des sujets (uniquement féminins) présentant d'autres formes de pathologie vocale et à un groupe témoin. Ces auteurs établissent clairement un lien entre ces traits comportementaux et la propension au phonotraumatisme.

Prédominance féminine

La pathologie vocale en général, et les nodules vocaux en particulier, surviennent de façon très largement prépondérante chez la femme. Le principal facteur est la fréquence vibratoire moyenne de la voix parlée, et donc la fréquence du microtraumatisme éventuel (115 Hz chez l'homme et 210 Hz chez la femme) (Kawase et coll., 1982 ; Dejonckere, 2001b) (figure 4.4).

Par ailleurs, une légère insuffisance d'occlusion glottique dorsale est presque à considérer comme physiologique chez la femme (majorité des sujets normaux) (Sulter et coll., 1996). L'incurvation du bord libre apparaît avec la fatigue vocale, et l'amplitude d'oscillation suffisante requise pour provoquer le microtraumatisme accompagne naturellement la projection vocale et la nécessité d'élever le niveau sonore. Les patientes porteuses de nodules vocaux semblent en effet avoir en moyenne un profil psychologique les portant à réagir à la fatigue vocale débutante par un comportement de forçage (Roy et coll., 2000). La réversibilité, qui peut s'estimer par une observation

détaillée et répétée en laryngostroboscopie, constitue un élément important dans le cadre d'une option phonochirurgicale éventuelle.

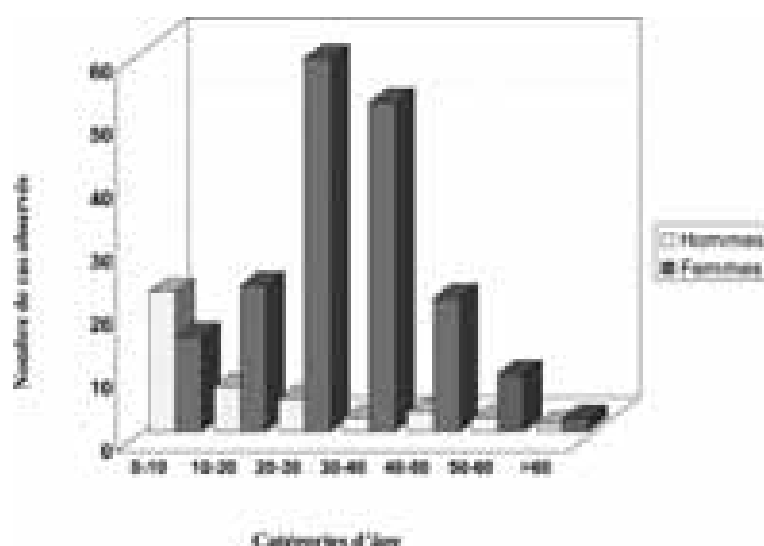


Figure 4.4 : Histogramme de fréquence des cas de nodules vocaux diagnostiqués dans un centre hospitalier universitaire, selon l'âge et le sexe (d'après Dejonckere et coll., 1994)

De manière générale, à l'âge post-pubertaire, les nodules vocaux s'observent principalement chez les jeunes femmes. Ils se retrouvent rarement, voire exceptionnellement chez l'homme. La moyenne d'âge dans la série de Smith et coll. (1998) était de 25 ans. Quarante pour cent des patientes étaient des enseignantes, le reste en grande partie des étudiantes. La majorité des patientes se faisait des soucis quant à l'avenir de leur carrière.

L'acide hyaluronique, une protéine interstitielle qui semble diminuer la viscosité tissulaire, est présente au niveau des plis vocaux dans une mesure nettement plus importante chez l'homme que chez la femme, ce qui a fait émettre l'hypothèse d'une sensibilité accrue de la femme à la fatigue vocale (Gray et coll., 1999 ; Ward et coll., 2002 ; Chang et Karnell, 2004).

Les facteurs d'environnement sont également importants : acoustique du local de classe, bruit de fond extérieur, bruit de classe, air trop sec, de même que la tension psychique (stress) qui accompagne le geste vocal. Ce stress exerce des effets physiologiques divers, généralement, hormis quelques exceptions, défavorables, notamment sécheresse de la muqueuse, rigidité posturale, augmentation indifférenciée du tonus des muscles intrinsèques laryngés, modifications respiratoires...

Techniques de dépistage et tests d'aptitude

Quelques tentatives ont été réalisées en termes de techniques de dépistage et tests d'aptitude, basées sur l'anamnèse, l'évaluation perceptive de la qualité vocale, l'examen clinique laryngoscopique, ou sur certains tests vocaux physiques, tels le temps maximum de phonation, ou l'étude de la dynamique de la fréquence fondamentale de la parole en fonction du niveau d'intensité sonore imposé.

La sensibilité et la spécificité paraissent jusqu'à présent insuffisantes pour en faire conseiller la diffusion. Il existe insuffisamment d'évidence d'une quelconque efficacité pour ce qui concerne le long terme.

Buekers (1998) s'est intéressé à la mise au point d'un test d'endurance vocale qui pourrait être appliqué comme critère d'aptitude à une profession vocale. Il a étudié la capacité discriminative d'une analyse multidimensionnelle (comprenant des éléments objectifs et subjectifs) de la voix après surcharge vocale aiguë, en comparant un groupe de sujets féminins normaux avec un groupe de patientes se plaignant de fatigue vocale et présentant des images laryngo-stroboscopiques de nodules vocaux débutants, de discret œdème des plis vocaux ou d'insuffisance d'occlusion glottique dorsale. Il conclut que malgré la multiplicité des critères, il ne peut mettre en évidence aucune différence significative entre les deux groupes.

De Bodt et coll. (1998) effectuent un suivi de 5 ans chez des enseignantes ayant fait l'objet d'un test standardisé de tolérance vocale, tel que recommandé par l'Union européenne des phoniatries, et concluent à la valeur très limitée de ce genre de tests.

Orr et coll. (2002) observent, chez des étudiants vocalement sains et se destinant à la profession d'enseignant, une certaine corrélation entre d'une part le pronostic de robustesse vocale tel que formulé sur la base d'un examen logopédique et phoniatrique et d'autre part le temps maximum de phonation, l'étendue tonale et la dynamique d'intensité, et la capacité d'émettre une émission vocale à faible intensité. Toutefois, il n'y a pas de suivi ni à court terme ni à long terme.

Il existe par ailleurs des objections d'ordre éthique relatives à la mise en application de ce type de tests lors de l'accès aux études menant à la profession d'enseignant.

Néanmoins, Simberg (2004) arrive à la conclusion qu'un traitement fonctionnel (rééducatif) donné en petits groupes aux étudiants à problèmes vocaux – identifiés par un test vocal de dépistage – constitue une méthode économiquement rentable pour traiter des problèmes vocaux encore discrets à un stade précoce.

En conclusion, plusieurs études épidémiologiques mettent en évidence que les problèmes vocaux surviennent plus fréquemment chez les enseignants que dans la population générale. Certains pays reconnaissent le principe d'une maladie professionnelle même si elle n'est pas (encore) reprise dans les listes officielles. Un certain nombre d'altérations laryngées, en particulier des plis vocaux, sont à mettre en rapport avec la notion de réaction tissulaire de surcharge biomécanique. Il s'agit d'une part de l'érythème et de l'œdème des plis vocaux ainsi que de polype vocal ou de formes polypoïdes (phonotraumatisme aigu), et d'autre part des nodules vocaux et dans une certaine mesure des ulcérations de contact et des granulomes dorsaux des plis vocaux (phonotraumatisme chronique). La pathologie vocale en général, et les nodules vocaux en particulier, surviennent de façon très largement prépondérante chez la femme. Le principal facteur est la fréquence vibratoire moyenne de la voix parlée, et donc la fréquence du microtraumatisme éventuel. Les facteurs environnementaux (acoustique de la classe, bruit de classe...) sont également importants. Les techniques de dépistage et les tests d'aptitude sont encore peu développés car leur sensibilité et leur spécificité apparaissent jusqu'à présent insuffisantes pour en conseiller la diffusion.

BIBLIOGRAPHIE

BEHRENDT W. Zur morphologischen Feinstruktur des Stimmlippenknötchens. *Arch Ohr Nas u Kehlk Heilk* 1964, **184** : 99-108

BEHRMAN A, SULICA L, HE T. Factors predicting patient perception of dysphonia caused by benign vocal fold lesions. *Laryngoscope* 2004, **114** : 1693-1700

BÖHME G. Klinik der Sprach-, Sprech- und Stimmstörungen. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart – New York, 1983

BUEKERS R, KINGMA H. Impact of phonation intensity upon pitch during speaking: a quantitative study in normal subjects. *Logoped Phoniatr Vocol* 1997, **22** : 71-77

BUEKERS R. Are voice endurance tests able to assess vocal fatigue? *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1998, **23** : 533-538

BUEKERS R. Voice dosimetry. In : Occupational Voice: Care and Cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, The Hague, The Netherlands, 2001 : 21-27

CHAGNON F, STONE RE. Nodules and polyps. In : Organic Voice Disorders. Assessment and Treatment. BROWN WS, VINSON BP, CRARY MA (eds). Singular Publishers, San Diego, London, 1996 : 219-244

CHANG A, KARNELL MP. Perceived phonatory effort and phonation threshold pressure across a prolonged voice loading task: a study of vocal fatigue. *J Voice* 2004, **18** : 454-466

COLTON R, CASPER J. Understanding voice problems. A physiological perspective for diagnosis and treatment. Williams & Wilkins Company, Baltimore, 1996 : 418p

- CRANDELL C, SMALDINO J, FLEXER C. Sound Field FM amplification: Theory and practical applications. Singular Publishing Group, San Diego, 1995
- DE BODT MS, WUYTS FL, VAN DE HEYNING PH, LAMBRECHTS L, VAN DEN ABEELE D. Predicting vocal outcome by means of a vocal endurance test: a 5 – year follow – up study in female teachers. *Laryngoscope* 1998, **108** : 1363–1367
- DEJONCKERE PH, PÉPIN F. Study of the Lombard effect by measuring equivalent sound level. *Folia Phoniatri* 1983, **35** : 310-315
- DEJONCKERE PH, LALOYAUX P, LEBACQ J, PLAGHKI L. Aspects biomécaniques de la pathogénie des nodules vocaux. *Rev Laryngol (Bordeaux)* 1994, **115** : 267-276
- DEJONCKERE PH. Occupational Voice: Care and Cure. Kugler Publications, The Hague, The Netherlands, 2001a
- DEJONCKERE PH. Gender differences in the prevalence of occupational voice disorders. In : Occupational Voice: Care and Cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, The Hague, The Netherlands, 2001b : 11-20
- DIKKERS FG, NIKKELS P. Benign lesions of the vocal folds: histopathology and phonotrauma. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1995, **104** : 698-703
- EUSTACE CS, STEMPLE JC, LEE L. Objective measures of voice production in patients complaining of laryngeal fatigue. *J Voice* 1996, **10** : 146-154
- GIOVANNI A, AUMELAS E, CHAPUS E, LASSALLE A, REMACLE M, OUAKNINE M. Le forçage vocal et ses conséquences. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 2004, **121** : 187-196
- GOTAAS C, STARR C. Vocal fatigue among teachers. *Folia Phoniatri* 1993, **45** : 120-129
- GRAY S, TITZE IR. Histologic investigation of hyperphonated canine vocal cords. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1988, **97** : 381-388
- GRAY SD, TITZE IR, CHAN R, HAMMOND TH. Vocal fold proteoglycans and their influence on biomechanics. *Laryngoscope* 1999, **109** : 845-354
- GRIFFIN MJ. Handbook of human vibration. Academic Press, New York, 1990
- HERRINGTON-HALL BL, LEE L, STEMPLE JC, NIEMI KR, MCHONE MM. Description of laryngeal pathologies by age, sex, and occupation in a treatment-seeking sample. *J Speech Hear Disord* 1988, **53** : 57-64
- JIANG JJ, DIAZ CE, HANSON DG. Finite element modeling of vocal fold vibration in normal phonation and hyperfunctional dysphonia: implications for the pathogenesis of vocal nodules. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1998, **107** : 603-610
- JONSDOTTIR VI. Cordless amplifying system in classrooms. A descriptive study of teachers' and students' opinions. *Logoped Phoniatri Vocol* 2002, **27** : 29-36
- KAWASE N, SAWASHIMA M, HIROSE H, USHIJIMA T. A statistical study of vocal cord nodule, vocal cord polyp and polypoid vocal cord, with special reference to the physical and social histories of patients. *Ann Res Instit Logoped Phoniatri Tokyo Univ* 1982, **16** : 235-245

- MASUDA T, YOSHIMITU I, MANAKO H, KOMIYAMA S. Analysis of vocal abuse: fluctuations in phonation time and intensity in 4 groups of speakers. *Acta Otolaryngol (Stockholm)* 1993, **113** : 547-552
- MATTISKE JA, OATES JM, GREENWOOD KM. Vocal problems among teachers: a review of prevalence, causes, prevention and treatment. *J Voice* 1998, **12** : 489-499
- MULTINOVIC Z, BOJIC P. Functional trauma of the vocal folds: classification and management strategies. *Folia Phoniatr Logop* 1996, **48** : 78-85
- ORR R, DE JONG FELIX, CRANEN B. Some objective measures indicative of perceived voice robustness in student teachers. *Log Phon Vocol* 2002, **27** : 106-117
- PEKKARINEN E, VILJANEN V. Acoustic conditions for speech communication in classrooms. *Scand Audiol* 1991, **20** : 257-263
- PEREZ FERNANDEZ CA, PRECIADO LOPEZ J. Vocal fold nodules: Risk factors in teachers. A case control study design. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2003, **54** : 253-260
- RANTALA L, PAAVOLA L, KORKKO P, VILKMAN E. Working-day effects on the spectral characteristics of teaching voice. *Folia Phoniatr Logop* 1998, **50** : 205-211
- ROY N, BLESS DM, HEISEY D. Personality and voice disorders: a multitrait – multidisorder analysis. *J Voice* 2000, **14** : 521-548
- ROY N, MERRIL RM, THIBEAULT S, PARSA RA, GRAY SD, MITH EM. Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *J Speech Lang Hear Res* 2004, **47** : 281-293
- SALA E, LAINE A, SIMBERG S, PENTTI J, SUONPAA J. The prevalence of voice disorders among day care center teachers compared with nurses: a questionnaire and clinical study. *J Voice* 2001, **15** : 413-423
- SANDERS D. Management of hearing handicap. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993
- SAPIENZA CM, STATHOPOULOS ET, BROWN JR WS. Speech breathing during reading in Women with vocal nodules. *J Voice* 1997, **11** : 195-201
- SAPIENZA C M, CRANDELL CC, CURTIS B. Effects of sound-field frequency modulation amplification on reducing teachers' sound pressure level in the classroom. *J Voice* 1999, **13** : 375-381
- SAPIR S, KEIDAR A, MATHERS-SCHMIDT B. Vocal attrition in teachers: survey findings. *Eur J Disord Commun* 1993, **28** : 177-185
- SATALOFF RT. Professional voice users: the evaluation of voice disorders. *Occup Med-State Art* 2001, **16** : 633-647
- SIMBERG S. Prevalence of vocal symptoms and voice disorders among teacher students and teachers and a model of early intervention. Ph.D. thesis Department of Speech Sciences. University of Helsinki, 2004
- SIMBERG S, LAINE A, SALA E, RÖNNEMAA AM. Prevalence of voice disorders among future teachers. *J Voice* 2000, **14** : 231-235
- SIMBERG S, SALA E, VEHMAS K. Changes in the prevalence of vocal symptoms among teachers during a twelve-year period. *J Voice* 2005, **19** : 95-102

- SMITH E, TAYLOR M, MENDOZA M, LEMKE J, HOFFMAN H. Functional impact of nodules: A case-comparison study. *J Voice* 1998, **12** : 551-558
- SOLOMON NP, DIMATTIA MS. Effects of a vocally fatiguing task and systemic hydration on phonation threshold pressure. *J Voice* 2000, **14** : 341– 362
- STEMPLE JC, STANLEY J, LEE L. Objective measures of voice production in normal subjects following prolonged voice use. *J Voice* 1995, **9** : 127-133
- SULTER AM, SCHUTTE HK, MILLER DG. Standardized laryngeal videostroboscopic rating: differences between untrained and trained male and female subjects, and effects of varying sound intensity, fundamental frequency, and age. *J Voice* 1996, **10** : 175-189
- TITZE IR. The physics of small amplitude oscillation of the vocal folds. *J Acoust Soc Am* 1988, **83** : 1536-1552
- TITZE IR. Principles of voice production. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994
- TITZE IR. Toward occupational safety for vocalization. *Log Phon Vocol* 1999, **24** : 49-54
- TITZE IR. Criteria for occupational risk in vocalization. In : Occupational Voice: Care and Cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, The Hague, The Netherlands, 2001 : 1-10
- TRUCHON-CAGNON C, HÉTU R. Noise in day-care centers for children. *J Noise Control Engin* 1988, **30** : 57-64
- UGEUX J. The spirit of laws on occupational diseases. In : Occupational Voice: Care and Cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, The Hague, The Netherlands, 2001 : 139-148
- VAN HEUSDEN E, PLOMP R, POLS LCW. Effect of ambient noise on the vocal output and the preferred listening level of conversational speech. *Appl Acoust* 1979, **12** : 31-43
- VERDOLINI K, TITZE IR, FENNEL A. Dependence of phonatory effort on hydration level. *J Speech Hear Res* 1994, **37** : 1001-1007
- VERDOLINI K, RAMIG LO. Review : Occupational risks for voice problems. *Logoped Phoniatr Vocol* 2001, **26** : 37-46
- VERDOLINI-MARSTON K, TITZE IR, DRUKER DG. Changes in phonation threshold pressure with induced conditions of hydration. *J Voice* 1990, **4** : 142-151
- VERDOLINI-MARSTON K, SANDAGE M, TITZE IR. Effect of hydration treatments on laryngeal nodules and polyps and related voice measures. *J Voice* 1994, **8** : 30–47
- VILKMAN E. Occupational risk factors and voice disorders. *Logoped Phoniatr Vocol* 1996, **21** : 137-141
- WALLIS L, JACKSON-MENALDI C, HOLLAND W, GIRALDO A. Vocal fold nodule vs. vocal fold polyp: Answer from surgical pathologist and voice pathologist point of view. *J Voice* 2004, **18** : 125-129
- WARD PD, THIBEAULT SL, GRAY SD. Hyaluronic acid: its role in voice. *J Voice* 2002, **16** : 303-309

5

Données épidémiologiques

Une revue de la littérature scientifique a été réalisée en se limitant essentiellement aux parutions des dix dernières années. Les auteurs retenus sont essentiellement internationaux avec une représentation d'équipes européennes. Les publications françaises concernant les troubles de la voix sont très peu nombreuses, aussi bien dans le domaine des spécialités de l'ORL ou de la phoniatrie, que dans les domaines de la médecine du travail, de la santé publique, et de la médecine de prévention.

Cette pénurie française peut s'expliquer par différentes hypothèses : les phoniâtres (spécialité de l'ORL dans la plupart des pays européens) sont peu nombreux ; les publications sont sur de petits échantillons de populations très spécifiques (surtout artistes, chanteurs), cependant la phoniatrie n'est pas limitée au domaine de l'art ; la médecine du travail et la médecine de prévention ne publient pas assez sur ce sujet.

Dans l'esprit du public, le consultant de premier recours est probablement l'ORL ou le médecin généraliste. La compétence spécifique des phoniâtres est probablement moins connue du grand public. La compréhension des spécificités de survenue des troubles de la voix n'est pas suffisamment diffusée et connue dans la population générale.

Sources de données sur les enseignants en Europe

L'enseignement est une des missions des pouvoirs publics et les enseignants, en Europe et aux États-Unis, ont fait à ce titre l'objet d'études démographiques.

Enseignants et population active

En Europe, les enseignants représentent environ 6 millions de travailleurs soit en moyenne 2,6 % de la population active (figure 5.1). Aux États-Unis, les enseignants représentent environ 4,2 % de la population active. En France, les enseignants constituent un corps social d'environ un million de personnes.

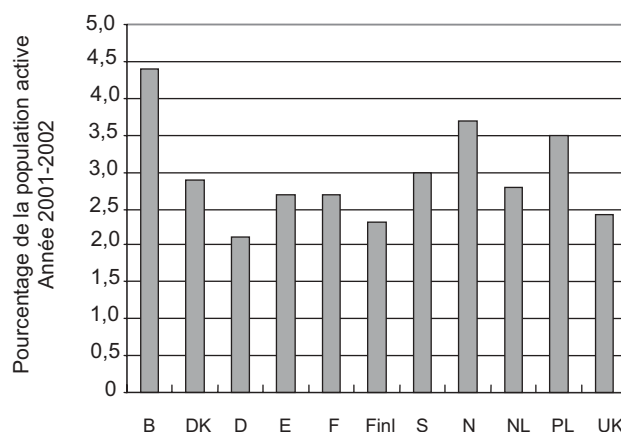


Figure 5.1 : Pourcentage d'enseignants dans la population active de différents pays européens (d'après Figel et Almunia, 2005)

B : Belgique ; DK : Danemark ; D : Allemagne ; E : Espagne ; F : France ; Finl : Finlande ; S : Suède ; N : Norvège ; NL : Pays-Bas ; PL : Pologne ; UK : Royaume-Uni

Le tableau 5.I présente la répartition des personnels employés de l'Éducation nationale en France.

Tableau 5.I : Répartition des personnels employés de l'Éducation nationale (Ministère de l'Éducation nationale, 2005)

	Écoles, collèges, lycées	Établissements d'enseignement supérieur
Enseignants	887 600	88 800
Personnels non enseignants	419 400	56 800

Le corps enseignant du primaire et du secondaire est très féminisé. En Europe, les femmes composent la majorité du personnel enseignant aux niveaux primaire et secondaire. Ainsi en 2002, dans tous les pays de l'Union européenne, plus de 70 % des enseignants du primaire sont des femmes. Dans le niveau secondaire inférieur, bien que les femmes soient majoritaires, la proportion est plus faible. Dans l'enseignement secondaire supérieur, la présence des femmes est moins marquée.

En France, le métier de professeur des écoles se féminise avec 83 % des entrants dans la profession en 2000. Les professeurs du second degré sont majoritairement des femmes (56,7 %) avec des disparités selon les académies et surtout les niveaux de qualification (30 % pour les chaires supérieures, 51 % des agrégés, 60 % des certifiés). Concernant l'âge des enseignants dans

le second degré (collèges et lycées), en moyenne 33,7 % ont plus de 50 ans, et 14,9 % ont moins de 30 ans. Il y a 2,3 fois plus d'enseignants « âgés » que de « jeunes ».

La durée de formation continue obligatoire n'excède pas 5 jours par an. Le temps annuel minimal affecté à la formation continue obligatoire varie d'un pays à l'autre : en Belgique, il est de 3 jours par an ; au Royaume-Uni (Écosse), plus de 30 heures par an sont obligatoires ; et en Finlande, 3 journées de 6 heures par an. En Allemagne, le nombre d'heures de formation varie d'un *Land* à l'autre. Concernant, le Danemark, la France, la Pologne, la Hollande et la Norvège, la formation continue pour les personnels enseignants est facultative (Figel et Almunia, 2005).

Sources de données françaises issues des institutions

En France, l'absence de données concernant les troubles de la voix peut, en partie, s'expliquer comme la conséquence de l'organisation et de la production des données dans le cadre des pathologies liées au travail.

Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés (Cnamts)

Dans le domaine des affections en relation avec le travail, la Cnamts (organisme gérant les risques de maladies et risques professionnels) publie tous les ans un relevé des maladies professionnelles déclarées par tableau (il existe actuellement 98 tableaux dans le régime général), ainsi que les accidents du travail survenus dans l'année de référence et par type d'activité.

Actuellement, les troubles de la voix ne sont pas reconnus comme une maladie professionnelle. La Cnamts ne publie donc pas de données sur les troubles de la voix concernant les enseignants salariés et ceux relevant d'un contrat de travail de droit privé (écoles privées et assimilées).

En 2003, lors d'une recherche sur les troubles de la voix menée par l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité), une étude auprès du réseau des consultations de pathologies professionnelles (auprès desquelles peuvent être adressés, par les médecins du travail, les salariés posant des problèmes particuliers) n'avait pas retrouvé de données disponibles (Eluard, 2004).

Par ailleurs, il existe un réseau de suivi des déclarations en maladies professionnelles pour certaines pathologies reconnues dans les tableaux de maladies professionnelles (asthmes professionnels et rhinites professionnelles) qui ne mentionne pas les troubles de la voix.

Mutuelle générale de l'éducation nationale (MGEN)

Concernant les enseignants de la fonction publique, leur prise en charge relève d'un régime spécifique de sécurité sociale (MGEN). En 2001, la MGEN a mené une étude par questionnaire sur l'état de santé de ses adhérents. Dans cette étude et concernant les items comme les rhinites et laryngites, la prévalence est de 19,6 % : 29 % des femmes et 18 % des hommes déclarent être affectés par ces troubles. En comparaison, les professions non enseignantes déclarent 10 fois moins ces troubles (MGEN, 2001). Dans l'enquête réalisée en 2005, quatre questions sur les troubles de la voix ont été posées dans une partie du questionnaire dédiée à la santé générale. D'après cette nouvelle enquête, 26 % des hommes et 50 % des femmes ont répondu avoir souvent ou toujours des troubles de la voix (voir communication).

Ministère de l'Éducation nationale

Le Ministère de l'Éducation nationale fait bénéficier ses fonctionnaires d'un suivi en médecine de prévention. Dans les rapports de synthèse des activités des services de médecine de prévention des années 2000-2001 et 2001-2002 (concernant l'enseignement scolaire) et présentés auprès du Comité central d'hygiène et de sécurité, certains points sont intéressants à relever.

Les orientations des personnels après visite médicale se font le plus fréquemment vers les médecins spécialistes des pathologies ostéo-articulaires et des syndromes anxio-dépressifs. Il est noté une sous-déclaration (volontaire ?) des maladies professionnelles ou à caractère professionnel, car « en l'absence de solution de reclassement elles risqueraient d'entraîner la mise en invalidité des personnels concernés ». Bien que soient indiqués les items surdités, allergies respiratoires, cutanées et autres affections touchant les professeurs d'enseignement professionnel, ils ne sont pas renseignés de façon précise. Seules les académies de Montpellier et Nancy-Metz auraient déclaré des cas de dysphonies (sans mention de données chiffrées).

Les établissements scolaires bénéficient peu de la visite d'un médecin de prévention dans le cadre de l'activité de tiers temps (permettant l'étude des conditions réelles du métier d'enseignant). Les points surveillés et renseignés sont pour l'essentiel : l'hygiène des cuisines, la sécurité des ateliers, la sécurité des laboratoires, l'ergonomie des salles de classe (sans détails). La lourdeur des tâches administratives et la multiplicité de partenaires semblent un facteur limitant pour le fonctionnement des services de prévention. Les « moyens dévolus à la médecine de prévention servent prioritairement au suivi des personnels en difficulté ». Cette activité étant qualifiée de « prévention secondaire ».

Concernant l'enseignement supérieur, les mêmes types de pathologies sont rencontrées (troubles ostéo-articulaires, troubles psychologiques et psychiatriques). Les orientations, après visite médicale vers les médecins spécialistes, sont le plus souvent le recours à l'ophtalmologiste. Les visites de locaux et les études des conditions de travail restent peu nombreuses ; moins de 10 visites de locaux par an et moins de 10 études de conditions de travail par an pour les deux tiers des établissements fournissant des données. Les points surveillés sont l'hygiène, la sécurité des locaux, les risques chimiques, les risques biologiques, les risques physiques (le risque du bruit avec défaut de port de protections individuelles).

Pour les affections non inscrites au tableau de maladies professionnelles, une sous-déclaration peut être impliquée car « il existe une difficulté d'apporter la preuve de l'affection au travail ». L'identification des risques professionnels n'est pas menée correctement, la prévention des maladies professionnelles et des accidents de service et du travail n'est pas systématisée. L'activité du service médical de prévention étant méconnue.

Les troubles de la voix ne sont quasiment jamais évoqués comme une difficulté liée à l'exercice de l'enseignement. L'identification des risques professionnels (qui est une obligation à la charge de l'employeur) ne relève pas le risque en situation professionnelle lié à l'usage de la voix.

De façon générale, on peut déplorer l'absence de données médicales ou épidémiologiques concernant une population stable de salariés de plus de 900 000 personnes travaillant dans un milieu professionnel. Il faut remarquer qu'il existe dans les établissements et dans les services de l'Éducation nationale un registre d'hygiène et de sécurité, sur lesquels peuvent être inscrits les accidents et incidents du travail. Pourtant, des enquêtes de grande envergure en milieu professionnel ont été réalisées (ou sont toujours en cours) concernant des salariés en situation d'exposition professionnelle. Citons par exemple l'étude E3N¹¹ (Étude épidémiologique auprès de femmes de la MGEN), initiée en 1990 par l'Inserm, qui s'adresse à 100 000 femmes adhérentes à la MGEN, nées entre 1925 et 1950, et dont l'objectif principal est la recherche de facteurs de risque de cancer. Citons également la cohorte Gazel portant sur 20 000 salariés chez EDF-GDF (étude initiée il y a 18 ans), et l'enquête Sumer de la Direction du ministère du travail (Dares) sur les populations de salariés suivis en médecine du travail. Ces exemples incitent à penser qu'il existe des capacités de suivi en épidémiologie professionnelle.

11. L'étude E3N est la composante française de l'*European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition* (EPIC) coordonné par le Centre International de Recherches sur le Cancer (CIRC).

Sources de données issues de la littérature internationale médicale

La littérature médicale concernant les troubles de la voix s'est étoffée depuis une dizaine d'années. Les enseignants font l'objet d'une certaine attention, mais d'autres catégories socioprofessionnelles sont également étudiées : les commissaires priseurs (MacHenry et Carlson, 2004), les télévendeurs (Jones et coll., 2002), les professeurs d'aérobic (Heidel et Torgerson, 1993 ; Long et coll., 1998).

Les publications scientifiques concernant les troubles de la voix sont essentiellement d'origine anglo-saxonne. On note que les compétences médicales européennes existent et publient sur ce sujet. Elles sont surtout d'origine finlandaise (Vilkman, 2000 et 2004 ; Sala et coll., 2001 et 2002 ; Simberg et coll., 2000 et 2004), suédoise (Fritzell, 1996), britannique (Bridger et Epstein, 1983 ; Comins, 1995 ; Hay et Comins, 1995 ; Williams, 2002, 2003a et b), espagnole (Puyelo-Sanclemente, 1993) et belge (Dejonckere, 2001). Pour le reste des études, il s'agit d'équipes américaines (Herrington-Hall et coll., 1988 ; Smith et coll., 1997, 1998a et b ; Titze et coll., 1997 ; Roy et coll., 2004a et b ; Thibeault et coll., 2004).

Il faut souligner que l'usage de l'anglais dans les publications médicales a écarté *de facto*, d'autres études potentielles de langue non anglophone (espagnole, polonaise, russe). Beaucoup des publications sont l'œuvre des mêmes équipes, ce qui confère au sujet des troubles de la voix une dimension très spécialisée. Les auteurs sont pour la plupart des ORL, des phoniatries, des orthophonistes (*speech pathologist*), voire des chercheurs travaillant dans le domaine de la voix en laboratoire.

Peu de publications sont le fruit du travail d'une équipe pluridisciplinaire. Cette absence de compétences, en particulier dans les domaines de l'acoustique et de l'ergonomie, de données issues du « terrain » c'est-à-dire de l'enseignant en situation, est de nature à limiter la compréhension des troubles de la voix chez les enseignants à une dimension médicale, et ne permet pas de comprendre la complexité de l'usage de la voix dans le métier d'enseignant. Par exemple, la plupart des études ne tiennent pas compte de mesures de métrologie d'ambiance (bruit, hygrométrie, température, polluant) dans les locaux de travail, nécessaires pour mettre en lumière des facteurs environnementaux qui sont pourtant souvent évoqués dans les réponses aux questionnaires et qui peuvent avoir une incidence sur les troubles de la voix.

Méthodologies employées

Les études sur les troubles de la voix impliquent de définir d'une part le terme trouble de la voix et d'autre part la méthodologie de production des données.

Problème de définition

La définition du terme trouble de la voix reste problématique car elle englobe un ensemble de pathologies qui ont des déterminants très éloignés : par exemple, les termes de forçage vocal (terme souvent utilisé) sans lésion organique des cordes vocales, de dysphonie avec nodules (conséquence de la persistance du forçage dans le temps), de dysphonie avec polypes découverte dans le cadre d'un examen des cordes vocales, de lésions pré-existantes congénitales, de dysphonie psychogène faisant référence à la présence de traits de personnalité (en l'absence de lésions).

Méthodologie de production des données

La majorité des études épidémiologiques des troubles de la voix sont issues des spécialistes de la pathologie vocale, ce qui ne permet peut-être pas d'avoir une identification complète des interactions en jeu concernant un problème de santé en situation professionnelle mais le confine dans l'étude de facteurs favorisants classiques d'une pathologie à prendre en charge et à soigner. L'identification des facteurs de risque, ou des situations favorisant les troubles de la voix, sont ainsi difficiles à mettre en évidence. La méthodologie d'investigation fondée sur les déclarations des personnes affectées (au moyen de questionnaires) et les observations de l'opérateur sont donc essentiellement descriptives. Il faut remarquer qu'on ne prend pas en compte, pour une évaluation, les causes déclenchantes comme l'organisation du travail, les interactions humaines, les polluants potentiels... qui sont difficiles à mettre en évidence. Les atteintes de la production vocale, par polluants aériens par exemple, sont masquées par les atteintes respiratoires de première expression. Une dysphonie due à des polluants avec asthme devient un asthme tout court.

Les travaux sur les situations professionnelles devraient donc envisager de multiples facteurs environnementaux potentiels comme la qualité de l'air, la variation d'hygrométrie... et bénéficier de compétences pluridisciplinaires dans des domaines environnementaux (épidémiologiste, toxicologue, ergonomiste, psychologue du travail...).

Les enquêtes de type cohorte sont pertinentes lorsque l'on peut disposer, pour les mêmes sujets, de données sur l'ensemble des déterminants pris en compte (caractéristiques individuelles, sociales, expositions environnementales, susceptibilité individuelle d'origine biologique et génétique). Les troubles de la voix restant méconnus dans la population générale, le choix du groupe témoin peut constituer une difficulté.

Les principales remarques que l'on peut faire sur les études publiées sont récurrentes :

- population incluse faible en nombre ; les enseignants représentent entre 2 à 4 % de la population active mais les plus grosses études n'ont guère plus de 1 500 participants ;

- utilisation non systématique d'outils statistiques (Mattiske et coll., 1998), ce qui est moins vrai pour les études les plus récentes ;
- non prise en compte de facteurs de confusion (le tabac en particulier) ;
- utilisation du *self report* pour les questionnaires de données (ce qui est la règle dans ce type d'étude) qui nécessite des questionnaires validés, reconnus. Ces questionnaires restent trop différents d'une étude à l'autre : existence de questionnaires « géographiques » ; Simberg et coll. (2001) utilisent le « *Tuohilampi questionnaire* » du *Finnish Institute of Occupational Institute* ; Sapir et coll. (1993) proposent 15 symptômes différents ; pour Puyelo-Sanclemente et coll. (1993), la proposition la plus informative de l'existence d'un trouble de la voix est la question « êtes-vous enrroué ou avez-vous eu des problèmes de la voix ? ».

Prévalence des troubles de la voix en population générale

La prévalence des troubles de la voix en population générale reste une notion difficile à établir. Des auteurs ont déjà souligné la difficulté de l'estimation de la dysphonie en population générale. Ramig et Verdolini (1998) estiment qu'en population générale, aux États-Unis, entre 3 et 9 % de personnes se sont plaintes d'un trouble de la voix à un moment ou un autre. Morely (1952) estime la prévalence du trouble de la voix entre 0,65 % et 15 % en utilisant des groupes de sujets non issus de la population représentative du travail puisqu'ils sont étudiants (tableau 5.II). Dans une étude, Laguaite (1972) note que le pourcentage de symptômes varie de 15 % à 7 % selon que les sujets se déclarent souffrant d'une atteinte de la voix dans un autoquestionnaire ou selon qu'ils sont ensuite examinés par des médecins experts dans les pathologies de la voix. Ces écarts très importants sont peut-être dus au manque d'études bien conduites, et à l'absence d'homogénéité dans la définition du terme « trouble de la voix ». Il semble nécessaire que soient entreprises des études rigoureuses en population générale pour obtenir des chiffres plus fiables et que soit mieux intégré l'item « voix » dans les échelles d'évaluation de santé perçue et de qualité de vie (*Nottingham Health Profil, Sickness Impact Profil*).

Tableau 5.II : Estimation de la prévalence des troubles de la voix aux États-Unis en population générale

Références	Prévalence des troubles de la voix en population générale aux États-Unis (%)
Morely, 1952	0,65-15
Laguaite, 1972	7-15
Ramig et Verdolini, 1998	3-9

Lésions laryngées

Herrington-Hall et coll. (1988), dans une étude rétrospective chez des consultants en ORL (n = 1 262), notent que les lésions laryngées les plus fréquentes sont les nodules, l'œdème, les polypes, les dysphonies fonctionnelles et psychogéniques ne constituant que 2,4 % et 2,6 % respectivement des pathologies laryngées (tableau 5.III).

Tableau 5.III : Principales pathologies rencontrées par les consultants ORL (N = 1 262) (d'après Herrington-Hall et coll., 1988)

Pathologies	Distribution en % chez les consultants ORL
Nodules	21,6
Œdèmes	14,1
Polypes	11,4
Absence d'anomalies	7,9
Laryngites	4,2
Dysphonies fonctionnelles	2,4
Dysphonies psychogènes	2,6

Prévalence des troubles de la voix dans le monde du travail

Les troubles de la voix en situation professionnelle, d'après des données anciennes, auraient en premier lieu concerné les activités sacerdotales au détriment des ecclésiastiques. Perello (1962) souligne que, dès l'année 1603, Fabrice d'Aquapendente (1533-1619) prestigieux maître d'école de médecine de Padoue, maître de l'anatomie dans toute l'Europe (William Harvey fut son élève), faisait la description de « la maladie des prédicateurs » dans son livre « *De Locutione et eius instrumentis* » soulignant ainsi le lien entre la pathologie de la voix et la situation d'usage professionnel.

Titze et coll. (1997) estiment qu'aux États-Unis, entre 5 et 10 % de la population active doivent être considérés comme des utilisateurs de la voix de façon intensive. En Finlande, ce chiffre est évalué à un quart (Vilkman, 2004).

Pour évaluer l'importance des troubles de la voix chez les enseignants, les études se sont intéressées à des données établies à partir de démarches de patients en recherche de soins pour les troubles de la voix (tableau 5.IV).

Tableau 5.IV : Proportion d'enseignants lors de consultations ou demandes de soins pour troubles de la voix

Références Pays	Année	N	Pourcentage d'enseignants parmi les consultants	Pourcentage de la population active représentée par les enseignants
Herrington-Hall et coll., 1988 Cincinnati, États-Unis	1981-1983 (sur 3 ans)	1 262	3,4	nc
Titze et coll., 1997 Iowa, États-Unis	1991-1993	174	16,4	4,2
Fritzell, 1996 Suède	1992-1993 (sur 6 mois)	1 212	16,3	5,9
Morton et Watson, 1998 Irlande du Nord	1998	448	15,0	nc

nc : non communiqué

Pour Fritzell (1996), les métiers de l'enseignement sont le premier groupe de patients affectés (16,3% des consultants alors qu'ils ne représentent que 5,9 % de la population active en Suède). Les enseignants de classe maternelle et de musique paraissent particulièrement affectés (3,1 % pour les enseignants de classe maternelle contre 1,4 % de la population active ; 1,3 % pour les enseignants de musique contre 0,16 % de la population active). Les enseignants sont plus touchés que les autres catégories professionnelles pour l'aphonie, l'œdème, les polypes et nodules. Dix-huit autres catégories professionnelles sont aussi testées dans cette étude dont les plus touchées par les troubles de la voix sont les employés de bureau, les travailleurs manuels, les étudiants, les personnels de santé.

Pour Titze et coll. (1997), dans cet inventaire des professions affectées par les troubles de la voix, les enseignants ne seraient pas à plus grand risque vocal mais leur niveau d'éducation leur permettrait de mieux rechercher un recours au soin. Titze postule que les ouvriers (5,6 % des consultants pour trouble de la voix) ne sont pas à risque vocal et peuvent constituer le groupe témoin (représentant 14,53 % de la population des actifs) ; cependant, dans l'étude de Herrington-Hall (1988), la même catégorie socioprofessionnelle (les ouvriers) représente la troisième catégorie la plus atteinte derrière les retraités et les femmes au foyer (tableau 5.V), le pourcentage d'enseignants parmi les consultants pour troubles de la voix étant de 3,4 %.

Le grand nombre de cancer trouvé chez les retraités est à mettre en rapport avec l'âge des patients plutôt qu'avec leur occupation. Les femmes au foyer s'occupent de jeunes enfants, forcent leur voix et ont plus d'opportunités de conflits émotionnels d'où les nodules et les problèmes psychologiques. La forte proportion des ouvriers dans cette étude s'explique par le recrutement des patients dans une région industrielle et par les conditions de travail des ouvriers avec bruit de fond élevé ce qui oblige à forcer la voix.

Tableau 5.V : Fréquence de quelques pathologies laryngées en fonction de la profession (d'après Herrington-Hall et coll., 1988)

	N total	Examen normal	Nodule	Œdème	Polype	Problème psychologique	Cancer	Autres pathologies
Retraité	196	0	0	20	25	0	59	92
Femme au foyer	98	19	23	19	15	11	0	11
Ouvrier	53	7	21	9	16	0	0	0
Sans emploi	30	0	10	0	5	0	9	6
Dirigeant	22	0	10	12	0	0	0	0
Enseignant	26	6	13	7	0	0	0	0
Étudiant	14	0	14	0	0	0	0	0
Secrétaire	11	0	6	0	0	0	0	5
Chanteur	13	0	13	0	0	0	0	0
Infirmière	5	0	5	0	0	0	0	0

Roy et coll. (2004a), dans une étude (enseignants en comparaison avec la population générale), trouvent que les enseignants ont presque deux fois plus de problèmes de voix au moment du questionnaire (11 % *versus* 6,2 %) et deux fois plus durant leur expérience passée (57,7 % *versus* 28,8 %). Ils relèvent aussi que les enseignants ont davantage recours aux soins spécialisés pour les troubles de la voix que la population générale (14,3 % *versus* 5,5 %). Pour Smith et coll. (1997), les enseignants sont à plus grand risque dans la survenue de symptômes concernant des troubles de la voix, avec un risque relatif trois fois et demi supérieur (OR=3,5 ; IC 95 % [2,3–5,4]) (tableau 5.VI).

Tableau 5.VI : Études des troubles de la voix chez les enseignants et les non-enseignants

Références Pays	Type d'établissement	N (Ens/N Ens)*	Prévalence chez les enseignants (%)	Prévalence chez les non-enseignants (%)
Roy et coll., 2004a États-Unis	Élémentaire	1 243/1 279	11,0	6,2
Smith et coll., 1997 États-Unis	Primaire et secondaire	242/178	15,0	6,0

*Ens/N Ens : enseignants/non-enseignants

Le tableau 5.VII rapporte les fréquences de troubles de la voix chez les enseignants (au moins une fois au cours de la carrière).

Tableau 5.VII : Fréquence d'au moins un trouble de la voix au cours de la carrière des enseignants

Références	Niveau	Population (N)	♀	♂	Questionnaire	Retour de questionnaires (%)	Nbre d'écoles	Troubles de la voix (%)
Sapir et coll., 1993	Maternelles Primaire Collèges	307	258	49	Transmis par les directeurs d'écoles	40	nc	51
Puyelo-Sanclemente, 1993	Primaire	763	531	232	Transmis aux instituteurs	96,7	66	48
Roy et coll., 2004b	Primaire et élémentaire	1 243	858	385	Téléphone	95-98	nc	58

nc : non communiqué

Risques de troubles de la voix chez les enseignants suivant les postes occupés

Nombreuses sont les études qui ont comparé la fréquence et les effets des troubles de la voix selon les métiers et qui ont montré que les enseignants étaient parmi les plus touchés. Cependant selon le poste occupé, il existe des variabilités. Les matières enseignées semblent être un facteur important de troubles de la voix (Thibeault et coll., 2004) :

- enseignants en sciences chimiques (OR = 2 ; IC 95 % [1,1-3,4]) pour lesquels 90 % déclarent avoir été exposés à une ou plus substances chimiques et parmi lesquels 68,4 % ont eu un trouble de la voix ;
- enseignants en musique et chant (OR = 2,2 ; IC 95 % [1,2-4]) et après ajustement statistique sur l'âge, le genre, l'origine ethnique (OR = 4,1 ; IC 95 % [2,2-7,9]) ;
- enseignants en comédie (OR = 2,1 ; IC 95 % [0,9-4,8]).

Dans cette étude (Thibeault et coll., 2004), les enseignants d'éducation physique ne déclarent pas de trouble de la voix. D'autres auteurs (Smith et coll., 1998a) relevaient un OR = 2,1 (IC 95 % [1,3-3,4]). Peu d'études concernent l'impact environnemental sur les troubles de la voix. Les enseignants débutants qui n'étaient pas habitués à utiliser leur voix de façon prolongée sont aussi sujets aux symptômes vocaux.

Enseignants de musique

164 Miller et Verdolini (1995) se sont intéressés aux professeurs de chant dans une étude cas-témoins par un questionnaire. Les résultats n'ont pas mis en

évidence de troubles de la voix plus fréquents chez les enseignants au moment de l'enquête en comparaison avec les témoins ; la fréquence des troubles de la voix est de 21 % pour les professeurs de chant et 18 % pour les non-enseignants (OR = 0,869 ; p = 0,2828). En revanche, 64 % des professeurs de chant *versus* 33 % des sujets témoins reconnaissent avoir eu un problème de voix dans le passé. Le fait d'avoir relaté des troubles de la voix antérieurement (perte de la hauteur de la note, enrrouement, voix qui fatigue) est environ 4 fois plus fréquent chez les enseignants de chant que chez les sujets témoins (OR = 3,667 ; p = 0,0003).

Les effets de charge de travail de la voix (nombre d'heures de chant par jour, chanter fort, parler, parler fort, nombre d'heures d'usage de la voix, nombre d'années de chant, chanter sur la musique) ne sont pas statistiquement significatifs sur la survenue des troubles et ne semblent pas constituer des facteurs de risques.

À noter que pour l'item « chanter fort » (OR = 0,34 ; p = 0,0263), facteur pour lequel on s'attendrait à une augmentation de la survenue de troubles de la voix, il semble au contraire être facteur de protection (effet du bon usage de la voix chantée). Chez les professeurs de chant, l'usage du tabac (OR = 0,99 ; p = 0,9975) et de la caféine (OR = 0,54 ; p = 0,1877) n'est pas associé à la survenue de troubles de la voix, alors qu'il s'agit de données généralement admises. En revanche, une analyse multivariée met en évidence deux facteurs de risque associés aux troubles de la voix chez les enseignants de musique : le fait d'avoir déjà eu un problème de voix (OR = 5,15 ; p = 0,0012) et l'usage de médicaments déshydratants (OR = 2,60 ; p = 0,0334).

Enseignants débutants

Les étudiants en général constituent une population à risque vocal. Dans l'étude de Herrington-Hall et coll. (1988), ils sont le 7^e groupe le plus important de consultants pour troubles vocaux (n = 1 262). Pour Fritzell (1996), sur une période de 6 mois d'activité, ils représentent le 4^e groupe de patients qui consultent pour troubles de la voix.

La symptomatologie exprimée est variée, en particulier chez des étudiants en chant. Selon Sapir et coll. (1996), 61 % des étudiants atteints de troubles de la voix se plaignent de trois symptômes et plus, et 47 % déclarent avoir recours à des soins médicaux pour problèmes de voix depuis le début de leur activité de chant.

Simberg et coll. (2000) notent que, dès le premier mois d'activité, 34 % des enseignants débutants (n = 226) se plaignent de deux (ou plus) symptômes vocaux. Au bout d'un an d'activité, ce chiffre se stabilise à 20 %. L'examen laryngoscopique des enseignants se plaignant de troubles vocaux met en évidence des lésions à type de nodules chez 21 % des examinés, ce qui corres-

pond à 4 % d'enseignants débutant leur carrière avec déjà des lésions de forçage et 2 % avec des troubles de la voix d'ordre fonctionnel. Au bout de 2 ans de suivi, la prévalence des plaintes reste de 16 %, avec 66 % ne présentant aucun symptôme à l'examen et 20 % ayant eu recours à des soins ou une thérapie vocale.

En 1994, l'Éducation nationale en France publiait les résultats d'une enquête auprès d'un échantillon d'enseignants après la sortie de l'IUFM, ayant pour objectif de mieux connaître « les conditions d'insertion professionnelle ». L'échantillon était plus féminin que la population générale enseignante (89 % pour 76 %) et plus de 30 % avait plus de 30 ans. Les nouveaux professeurs des écoles ont été interrogés au bout de 6 mois après leur prise de fonction ; ils ont déclaré pour les 2/3 d'entre eux faire face à des situations nouvelles et les jugeant « comme une bonne expérience ». Sur ce qui peut rendre pénible la conduite d'une classe, les raisons avancées par les enseignants sont essentiellement liées aux élèves :

- le bruit permanent (34 %) ;
- le manque d'attention des élèves (33 %) ;
- devoir répéter la même chose (31 %) ;
- la fatigue personnelle (29 %) ;
- devoir forcer sa voix (26 %).

On peut penser que la perception du risque vocal, malgré l'identification de certaines de ces composantes (bruit, fatigue), semble difficile chez les enseignants débutants. Interrogés sur le degré de difficulté qu'ils éprouvent à enseigner, les enseignants en éducation musicale arrivent largement en tête bien avant les mathématiques et l'éducation physique et sportive. Dans « Le guide du jeune professeur 2005/2006 », le Monde de l'éducation souligne : « Le jeune prof a tendance à rester derrière son bureau en s'y croyant mieux protégé... l'enseignant doit apprendre à maîtriser l'espace, tant en primaire, qu'au collège ou au lycée ».

Évolution dans le temps des troubles de la voix

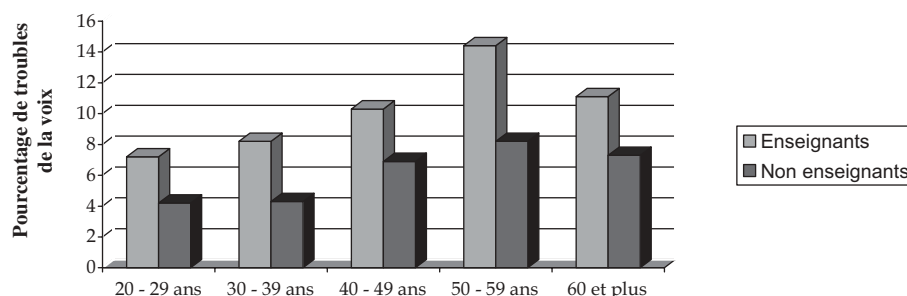
Il est admis que la voix évolue pendant la vie des patients. Il existe des facteurs physiologiques en cause qui peuvent expliquer cette tendance ; en particulier, la diminution de l'état d'hydratation des cordes vocales (favorisée par des médicaments diurétiques, la fonte musculaire liée au vieillissement, la survenue de troubles endocriniens, la diminution de la capacité respiratoire...).

Herrington-Hall et coll. (1988) ont noté les lésions observées en fonction de l'âge : la survenue de nodules dans la population des moins de 25 ans et le taux faible à partir de l'âge de 65 ans (tableau 5.VIII).

Tableau 5.VIII : Distribution des pathologies laryngées selon l'âge (Herrington-Hall et coll., 1988)

Pathologies	0-14 ans	15-24 ans	25-44 ans	45-64 ans	+ de 64 ans
Nodules	74	35	103	51	9
Polypes	3	8	46	61	26
Cœdème	5	17	67	57	33
Absence d'anomalies	4	7	27	42	20
Laryngite	1	4	21	17	10
Dysphonies fonctionnelles	2	2	9	11	7
Autres	4	20	83	196	180
Total	93	93	356	435	285

Roy et coll. (2004b) relèvent que, lorsque les questionnés sont affectés d'un trouble de la voix, 18,6 % ont un trouble chronique (plus de 4 semaines). Il existe une évolution dans le temps, illustrée par une augmentation de la prévalence, aussi bien chez les enseignants que chez les non-enseignants. Les enseignants interrogés rapportent plus de troubles de la voix à partir de la tranche d'âge 40-49 ans (figure 5.2). Dans la tranche d'âge 50-59 ans, il existe un pic important de personnels enseignants souffrant d'atteinte de la voix. Selon Roy et coll. (2004b), le genre féminin, la durée d'enseignement (16 ans et plus), des épisodes de rhinites, asthmes, atteinte des sinus, affections des voies aériennes supérieures sont significativement associés avec des troubles de la voix. Russell et coll. (1998) relèvent également que les enseignants de plus de 50 ans se plaignent davantage de problème de voix. D'autres auteurs rapportent que la relation avec l'âge est associée avec une recherche de bilan vocal (Labastida, 1961), ainsi que la survenue de pathologies laryngées avec un trouble fonctionnel de la voix pour la tranche d'âge 45-64 ans (Coyle et coll., 2001).

**Figure 5.2 : Troubles de la voix en fonction de l'âge (d'après Roy et coll., 2004b)**

Facteurs environnementaux

Le bruit, les substances toxiques de l'environnement sont des facteurs majeurs que l'on devrait prendre en compte systématiquement dans toutes les études sur les troubles de la voix.

Bruit

L'effet Lombard est l'augmentation de la production vocale dès que le bruit ambiant augmente. Cet effet quasi physiologique est la mise en évidence de la boucle audio-phonatoire qui est un facteur majeur de forçage vocal. Il est souvent traité comme une évidence dans les études sur les troubles de la voix et comme une donnée acquise rapportée à de mauvaises qualités acoustiques des locaux. Ce facteur particulier est une valeur physique mesurable (peu mesuré, il n'est pas un élément de la « culture médicale »), qui peut être utilisée pour les études des troubles de la voix. Il se situe à la limite des compétences des médecins et met en lumière la nécessité d'une équipe pluridisciplinaire pour les études en milieu professionnel.

Notion de réverbération

La diffusion d'un bruit se fait dans toutes les directions à partir d'un point source (par exemple le locuteur) avec les caractéristiques physiques d'une onde sonore. Une première onde, ou onde directe, atteint le récepteur (par exemple l'élève) directement avec un maximum d'énergie. Il existe des ondes subissant des réflexions (avec plus ou moins d'atténuation) en rencontrant différents éléments matériels (plus ou moins absorbeurs de l'énergie acoustique) qui continuent à se propager et reviennent à nouveau vers le récepteur. Ces ondes, en fonction du temps, vont décroître vers le récepteur et contribuent à la notion de réverbération (au maximum avec un effet d'écho) (figure 5.3). Le message auditif est plus facile à comprendre si le temps de réverbération est faible. La taille des locaux est un facteur majeur de réverbération (gymnase, réfectoire), la nature des matériaux intervenant également dans une moindre mesure.

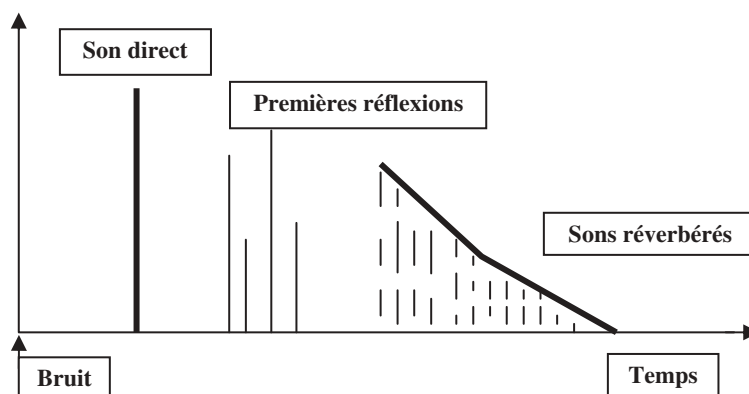


Figure 5.3 : Diffusion d'une source de bruit

Notion de bruit de fond

Le bruit est permanent dans notre environnement et notre perception dépend de son intensité et de la capacité de notre système auditif. Dans les classes d'école, il existe un bruit de fond même lorsque la salle est vide. Les origines de ce bruit de fond sont nombreuses : externes, et variant suivant l'implantation des écoles en milieu sonore (urbain, route, aéroport, industrie...) ; internes avec les bruits du bâtiment (conduite de chauffage, ventilation, transmission des bruits d'autres classes...), et les bruits liés à l'activité humaine (une classe en situation réelle avec le professeur et les élèves).

Normes sur le bruit à l'école

En France, le bruit dans les écoles a fait l'objet de l'arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement. Ce texte ne s'applique que pour les établissements neufs et les parties nouvelles. Comme l'indique le tableau comparatif (tableau 5.IX), les limites recommandées par cet arrêté sont plus élevées que les recommandations de l'OMS. Pour d'autres situations (lycée technique par exemple), les limites en matière de bruit sont fixées par le code du travail (<85 dB).

En février 2004, le Ministère de l'écologie dans le cadre du plan national de lutte contre le bruit a entrepris la réhabilitation acoustique des établissements accueillant de jeunes enfants soit 500 cantines scolaires, 500 crèches, 500 salles de repos d'école maternelle et 250 établissements de sport régulièrement utilisés par les scolaires. Au motif que : « les élèves ont des difficultés d'attention car aucun endroit calme ne leur est réservé (des niveaux de 90 dB(A) sont couramment observés) », l'objectif est « autant que faire se peut de ramener le niveau sonore dans les locaux à 70 dB(A) avec un temps de réverbération à 1,2 s ».

La notion du bruit, d'emblée circonscrite dans un niveau purement acoustique en particulier pour les mesures à atteindre, ne prend pas suffisamment en compte la fonction de communication d'un message informatif, objectif primordial de l'activité vocale de l'enseignant. Il existe une entité émetteur-récepteur d'un point de vue acoustique, mais aussi un couple enseignant-élève. Une agence gouvernementale américaine (*United States Access Board*) résume ce que les parents attendent de la qualité et de l'efficacité de l'école fréquentée par leurs enfants. Les enseignants sont-ils bons ? Expérimentés ? Les livres et le matériel sont-ils récents, efficaces ? Les enfants ont-ils accès à des méthodes modernes, des ordinateurs et autre technologies ? Mais cette agence souligne aussi une question très importante souvent oubliée et non remarquée par le public : est-ce que mon enfant entend et comprend ce qui se dit dans la salle de classe ?

Bruit environnemental en dehors de l'école

De nombreuses études ont souligné l'impact du bruit sur les performances et le comportement des enfants, leur habileté, leurs performances cognitives. 169

Les études concernant des enfants vivant à proximité de l'aéroport de Munich montrent que l'exposition chronique au bruit augmente leur niveau de stress et altère de manière réversible certaines compétences cognitives (Evans et coll., 1995 et 1998 ; Hygge et coll., 2002). Le projet européen *Road traffic and Aircraft Noise exposure and Children's cognition and Health* (RANCH) constate une relation linéaire inversée entre l'intensité du bruit mesuré et les performances des élèves. L'exposition chronique au bruit entraîne des troubles d'apprentissages, de la lecture, et des maths (Bradley, 1986).

Tableau 5.IX : Normes acoustiques dans les classes d'enseignement

Normes ou recommandations	Bruit ambiant maximal en dB(A)	Temps de réverbération (Tr) (secondes)
États-Unis <i>American Speech-language Hearing Association</i> (2005)	30 dB : salle vide 35 dB : $\leq 566 \text{ m}^3$ 40 dB : $> 566 \text{ m}^3$	$< 0,4$ sur bandes 500-2 000 Hz $0,4 < \text{Tr}_{60}^* \leq 0,6$
ANSI S12-60 2002	Leq dB(A) sur 1 heure continue la plus bruyante	
Grande Bretagne <i>Building Bulletin</i> 93	35 dB : salle de classe et salle de conférence < 50 personnes 30 dB : salle de conférence > 50 personnes Leq dB(A) sur 30 minutes	$< 0,6$ école élémentaire $< 0,8$ école secondaire < 1 salle de conférence > 50 pers
OMS Recommandations WHO	35 dB Leq dB(A) sur le cours	$< 1 \text{ s}$ $< 0,6$ voire inférieur pour mal-entendants
France Arrêté du 25 avril 2003	Bruit continu 33 dB : bibliothèques, salle musique, salle repos, infirmerie 38 dB : locaux d'enseignements Bruit intermittent 38 dB : bibliothèques, salle musique, salle repos, infirmerie 43 dB : locaux d'enseignements Bruits dus aux équipements techniques du bâtiment	$0,4 < \text{Tr}_{60}^* \leq 0,8$ salle $\leq 250 \text{ m}^3$ $0,6 < \text{Tr}_{60}^* \leq 1,2$ salle $> 250 \text{ m}^3$

* Tr_{60} : temps mis par l'énergie sonore pour décroître de 60 dB à l'extinction de la source sonore ; Leq : *level equivalent*

Caractéristiques physiologiques chez l'enfant

Les jeunes enfants ont des capacités d'attention réduites et une grande distractivité ; leur habileté à entendre et à discriminer le message dans la parole est limitée. Cette capacité est particulièrement peu mature jusqu'à l'âge d'environ 13 ans (Crandell, 1995). De nombreuses études ont établi que les enfants plus jeunes sont plus vulnérables aux effets polluants du bruit et de la réverbération (Dockrell, 2004). Pour les enfants en école maternelle (de 2 ans à 6 ans), ceux âgés de 6 ans font un usage des informa-

tions tirées du visage de l'enseignant ; mais tous sont capables d'estimer les situations de difficultés à entendre l'enseignant. L'*American Speech-Language Hearing Association* (ASHA, 2005) a relevé de nombreuses études qui concluent que pour les enfants dont la langue maternelle n'est pas la langue enseignée, pour les enfants souffrant de troubles des apprentissages, de troubles de l'attention et de troubles auditifs, une puissance acoustique plus importante (rapport signal/bruit) est nécessaire. La prévalence de l'otite moyenne chez l'enfant est estimée à 70 % pour les enfants d'âge inférieur à 5 ans et à 14 % pour ceux de 5-17 ans avec une perte auditive de 20 dB.

Données sur le bruit mesuré dans les écoles

En 1995, Comins relevait une différence entre le bruit de fond mesuré dans les classes suivant que l'enseignant était expérimenté ou que celui-ci était débutant dans l'enseignement ; les différences de bruit mesuré sont importantes (respectivement de 58 à 64 dB à des mesures de 66 à 72 dB) (tableau 5.X).

Tableau 5.X : Mesures du bruit dans les écoles

Références	Pays/lieux	Nombre moyen d'élèves	Âge moyen (ans)	Bruit (dB)
Finitzo-Hiebert, 1988	États-Unis Dallas et Chicago	25	nc	58-60 dB
Hay et Comins, 1995	Grande-Bretagne	22-30	7-12	66-72 Leq* Ens** débutants 58-64 Leq* Ens** expérimentés
Shield et Dockrell, 2004	Grande-Bretagne Londres	7-32	4-11	Extérieur : 46-50 dB bruit de fond, 56-60 dB bruit d'ambiance Intérieur : 72 dB (classe occupée), 47 dB (classe vide)

*level equivalent ; **Ens : enseignant ; nc : non communiqué

Pour les enseignants débutants, on relève une tendance à l'augmentation du volume de la voix pour parler au-dessus du bruit de fond. Les enseignants expérimentés prennent la précaution d'obtenir l'attention des élèves en « claquant dans les mains » ou « au moyen de castagnettes ». Pour Shield et Dokrell (2004), il existe une variation de 25 dB entre les activités les plus calmes et les plus bruyantes. Il existe aussi un lien entre une diminution du bruit en classe et l'augmentation de l'âge des enfants. Aux États-Unis, dans une étude avec des mesures du bruit, sur 32 classes étudiées, seules 4 classes avaient un niveau de bruit de fond inférieur à 35 dB(A). À Londres, on mesure en moyenne le bruit à 47 dB dans les classes inoccupées et 72 dB

lorsqu'elles sont en activité. À noter qu'il existe une influence des systèmes de chauffage, de ventilation avec air conditionné, qui est un facteur de majoration du bruit de fond. L'environnement bruyant de l'école (aéroport, trafic routier) est à prendre en compte (66 dB en classe). Le bruit dans les classes de cours semble varier dans son intensité suivant les enseignants (Comins, 1995), ce qui amène à se poser la question de facteurs non acoustiques dans la survenue du bruit. En France, Sarfati (1987) évoquait la nécessité de la théâtralisation de l'enseignement comme mesure permettant de moins forcer sur son organe. Concernant des enseignants débutants adressés par le rectorat pour bilan phoniatrique, il remarquait une théâtralisation moyenne.

Toxicologie

Pendant plusieurs années, les enquêtes sur les troubles de la voix menées chez les enseignants relevaient dans les réponses des personnes questionnées : la qualité de l'air (*dry*), la poussière (*dusty*) et ces items étaient transcrits de façon très imprécise. La littérature est pauvre dans ce domaine, mais on devrait être plus vigilant compte tenu de l'existence possible de nombreux polluants dans l'environnement en situation de travail. La littérature en médecine du travail sur les polluants et la survenue d'épisode pneumologique (syndrome de Brooks, asthme professionnel, pneumopathie alvéolaire) est au contraire très abondante. Du fait de la structure anatomique et cellulaire du larynx analogue à l'épithélium bronchique, les futures enquêtes devraient tenir compte des circonstances environnementales non seulement dans l'apparition des problèmes pulmonaires mais aussi dans celle des troubles de la voix.

Une évaluation a priori des risques devrait tenir compte des polluants déjà recensés et des activités particulières (colles, peinture, autres) ou réalisations de travaux du bâtiment dans les locaux d'enseignement pendant les heures d'occupation par le personnel enseignant. Dans d'autres secteurs d'activités professionnelles, ces notions de pollutions environnementales ont été relevées dans leur lien avec la survenue de dysphonie. Perkner et coll. (1998) ont souligné le rôle de polluants dans la survenue de syndrome de dysfonction des cordes vocales dont le diagnostic est souvent confondu avec l'asthme. Richter et coll. (2002) ont mis en évidence des circonstances d'atteintes laryngées chez des chanteurs d'opéra par des substances utilisées dans les décors ou utilisées lors de la mise en scène. Cette étude est révélatrice de la complexité d'une situation de travail, car elle met en évidence les conditions de survenue d'un accident d'exposition avec des polluants dans le cadre d'une activité artistique a priori sans rapport avec celui-ci (par exemple du formaldéhyde dégagé par du charbon, de la silice inhalée pendant une répétition) (tableau 5.XI).

Tableau 5.XI : Substances évoquées dans la survenue de dysphonie

Références	Substances	Troubles
Turner, 1991	Acide sulfurique	Cancer du larynx, laryngite
Perkner et coll., 1998	Ammoniaque	Enrouement, toux, yeux qui piquent
Marcelino et Oliveira, 2005	Carbonate de calcium (craie)	Inflammation expérimentale
Richter et coll., 2002	Charbon de bois	Hémorragie, toux
Richter et coll., 2002	Cobalt et aluminium (pigments)	
Setchi et coll., 1992	Diquat (pesticides)	Dysphonie
Roto et Sala, 1996	Formaldéhyde	Laryngite
Richter et coll., 2002	Formaldéhyde	Bouche sèche, toux sèche
Tanturri et coll., 1988	Gaz fréon	Pharyngo-laryngite
Richter et coll., 2002	Isocyanates (mousse)	Enrouement, syndrome restrictif avec pneumopathie alvéolaire
Brown, 1954	Mercure	Dysphonie
Bodenes et coll., 2002	Pollens	Dysphonie et asthme
Perkner et coll., 1998	Produit de combustion de torche propane	Enrouement, toux, sibilance...

Conséquences des troubles de la voix

En France, le problème des troubles de la voix n'a pas été identifié clairement comme une pathologie professionnelle malgré le nombre important des enseignants qui représentent 2,7 % de la population active du pays. Très peu d'études ont été menées dans ce secteur professionnel ; pourtant, les troubles de la voix commencent à être pris en compte dans les IUFM qui tentent de mettre en place des programmes de sensibilisation ou de prévention car les troubles de la voix représentent une cause d'absentéisme important.

Conséquences sur l'emploi

Pour Titze et coll. (1997), 20 % des enseignants suivis pour troubles de la voix déclarent manquer entre 1 jour et 1 semaine par an leur emploi en relation avec leur état vocal (enrouement, manque de souffle vocal, faiblesse, fatigue, hauteur de voix insuffisante).

Smith et coll. (1997) relèvent que plus de 20 % des enseignants (aucun dans le groupe témoin) se plaignant de troubles de la voix déclarent ne pas avoir travaillé à cause de ces troubles. Smith et coll. notent qu'aux États-Unis, durant l'année 1993, 20 % des enseignants ont cessé d'exercer pour des problèmes de santé, et 8 % ont changé d'orientation professionnelle. De même, pour une population de plus de 3 millions d'enseignants aux États-Unis, le nombre d'enseignants absents 1 jour par an en relation avec des troubles de la voix est

estimé à 18,3 %. Dans l'étude de Russel et coll. (1998), 37,8 % des enseignants ont été absents au moins un jour l'année précédente du fait de troubles de la voix. Dans l'étude d'Urrutikoetxea et coll. (1995), 17 % des professeurs ont été en arrêt de travail à un certain moment à cause de leur voix.

En France, nous n'avons pas trouvé de données particulières. Mais concernant l'enseignement de second degré, à partir de 55 ans, un professeur sur trois est à temps partiel (modalité moins utilisée par les hommes). Dès 35 ans, le temps partiel est 10 fois plus utilisé par les femmes que par les hommes.

Conséquences financières

Aux États-Unis, le coût lié à l'absentéisme et aux traitements mis en œuvre est estimé par Verdolini et Ramig (2001) à 2,5 billions de dollars par an. Pour l'année 2000, avec 2,9 millions d'enseignants dans le secteur public, le Centre national de statistique de l'éducation des États-Unis (Lubman et Sutherland, 1999) a estimé les répercussions de la pollution liée au bruit dans les classes à 2 jours par an d'absentéisme dû aux troubles de la voix ; un coût de remplacement de l'enseignant pour un montant de 220 \$ par jour (un coût annuel cumulatif de 638 millions de dollars, soit par établissement d'enseignement le montant de 7 500 \$ de coût pour le budget).

Dans certains pays européens (Angleterre, Finlande, Pologne), les troubles de la voix liés à l'exercice professionnel sont reconnus comme des atteintes pour maladies professionnelles (Vilkman, 2004). Ainsi, en Pologne, c'est le plus grand groupe d'atteintes professionnelles déclarées ; en 2002, 1 225 nouveaux cas déclarés soit une augmentation d'un quart à un tiers depuis 5 ans. En Finlande, 10 % des enseignants ont un « problème sévère », 5 % ont une capacité professionnelle remise en cause (Vilkman, 2000). Pour Vilkman, cette absence de reconnaissance en maladie professionnelle dans beaucoup de pays est à souligner et revêt un caractère injuste.

En conclusion, la voix est un outil premier pour environ un quart à un tiers de salariés. Cependant, les troubles de la voix restent méconnus, en particulier chez les enseignants. En France, l'Éducation nationale précise dans une circulaire du 23 mai 1997 sur les missions du professeur exerçant en collège, en lycée d'enseignement général et technologique ou en lycée professionnel : « le professeur sait utiliser l'espace, le geste et placer sa voix ».

Des études initiales avaient relevé des atteintes plus fréquentes chez les enseignants en école primaire. Les études plus récentes et mieux construites mettent en évidence que certains postes pourraient être plus à risque (chimie, chant). L'existence dans la carrière d'antécédents de troubles de la voix est constante.

Il existe probablement des facteurs ergonomiques particuliers à l'exercice du métier d'enseignant. L'exercice de ce métier exige des compétences, comme par exemple savoir gérer une classe, qui influencent le niveau de bruit dans la classe. Dans les classes conduites par des enseignants ayant une expérience professionnelle plus grande, le niveau de bruit est plus faible. Ainsi, les enseignants débutants sont probablement plus à risque de troubles de la voix. Dans ce métier pour lequel la voix est l'outil quasi exclusif, toute altération de la voix amène une diminution significative de capacité (temporaire ou prolongée) pour exercer la fonction. Existe-t-il des possibilités d'enseigner en limitant le forçage vocal de la voix (stratégie de gestion, avec l'usage de micro) ? L'absence de possibilité de repli pour continuer l'enseignement (dans un modèle on/off) entraîne probablement des plaintes et un recours aux soins plus fréquents.

Les facteurs environnementaux jouent un rôle important mais sont encore insuffisamment pris en compte ; en particulier, les exigences acoustiques (bruit de fond et temps de réverbération) qui sont des facteurs prépondérants. Beaucoup d'études menées dans les classes d'enseignement relèvent des niveaux sonores beaucoup trop élevés. Les normes en France ne s'appliquent que pour les bâtiments neufs. Là encore, des particularités peuvent exister telles que l'implantation en zone bruyante, le bruit des systèmes intégrés des bâtiments, et devraient être un objectif essentiel de prévention des risques.

Il faut noter que les bénéficiaires de l'enseignement, les enfants, peuvent présenter certaines caractéristiques : immaturité de discrimination de l'appareil auditif, altérations auditives liées aux infections, besoins particuliers chez les enfants dont la langue maternelle n'est pas le français. Ces caractéristiques doivent être prises en compte pour améliorer les qualités acoustiques de classes d'enseignement.

Les troubles de la voix chez les enseignants devraient être intégrés dans la « démarche a priori » de l'évaluation des risques professionnels dans les établissements (préparer, identifier, classer les risques, mener des actions de prévention). Les conséquences économiques des troubles de la voix sont encore insuffisamment prises en compte.

BIBLIOGRAPHIE

AMERICAN SPEECH-LANGUAGE HEARING ASSOCIATION (ASHA). Acoustical in educational settings: Technical report. <http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default>, 2005

ANSI S12.60-2002. Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools. États-Unis, juin 2002

BODENES A, ANDRE M, DEWITTE JD, QUIOT JJ, POTARD G, et coll. Un dysfonctionnement des cordes vocales d'origine professionnelle? *Arch Mal Prof* 2002, **63** : 87-90

- BRADLEY JS. Speech intelligibility studies in classrooms. *J Acoust Soc Am* 1986, **80** : 846-854
- BRIDGER MW, EPSTEIN R. Functional voice disorders. A review of 109 patients. *J Laryngol Otol* 1983, **97** : 1145-1148
- BROWN IA. Chronic mercilanism. *Arch Neurol Psychiatry* 1954, **72** : 674-681
- COMINS R. Vocal tuition for professionnall voice users : a tutor's account. *Voice* 1995, **4** : 32-43
- COYLE SM, WEINRICH BD, STEMPEL JC. Shifts in relative prevalence of laryngeal pathology in a treatment-seeking population. *J Voice* 2001, **15** : 424-440
- CRANDELL C. Speech perception in specific populations. In : Sound field FM amplification. CRANDELL C, SMALDINO J, FLEXER C (eds). Singular Publishing, San Diego, CA, 1995 : 50p
- DEJONCKERE PH. Gender differences in the prevalence of occupational voice disorders. In: Occupational Voice: care and cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, 2001 : 11-20
- DOCKRELL JE, SHIELD B. Children's perceptions of their acoustic environment at school and at home. *J Acoust Soc Am* 2004, **115** : 2964-2973
- ELUARD PF. Troubles de la voix chez les enseignants. *DMT* 2004, **98** : 221-238
- EVANS GW, HYGGE S, BULLINGER M. Chronic noise and psychological stress. *Psychol Sci* 1995, **6** : 333-338
- EVANS GW, BULLINGER M, HYGGE S. Chronic noise exposure and psychological response : a prospective study of children living under environmental stress. *Psychol Sci* 1998, **9** : 75-77
- FIGUEL J, ALMUNIA J. Les chiffres clés de l'éducation en Europe 2005. www.eurydice.org/Documents/cc/2005/fr/FrameSet.htm
- FINITZO T. Classroom acoustics. In: Auditory disorders in school children (2^e ed.). ROESER R, DOWNS M (eds). Thieme-Stratton, New York, 1988 : 221-233
- FRITZELL B. Voice disorders ans occupations. *Log Phon Vocal* 1996, **21** : 7-12
- HAY B, COMINS R. Voice forum: A pilot study of classroom noise levels and teachers'reactions. *Voice* 1995, **4** : 127-134
- HEIDEL SE, TORGERSON JK. Vocal problems among aerobic instructors and aerobic participants. *J Commun Disord* 1993, **26** : 179-191
- HERRINGTON-HALL BL, LEE L, STEMPEL JC, NIEMI KR, MCHONE MM. Description of laryngeal pathologies by age, sex, and occupation in a treatment-seeking sample. *J Speech Hear Disord* 1988, **53** : 57-64
- HYGGE S, EVANS GW, BULLINGER M. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychol Sci* 2002, **13** : 469-474
- JONES K, SIGMON J, HOCK L, NELSON E, SULLIVAN M, OGREN F. Prevalence and risk factors for voice problems among telemarketers. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2002, **128** : 571-577

- LABASTIDA L. [Apropos of 150 phoniatic medical reports on elementary school teachers.] *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)* 1961, **82** : 88-90
- LAGUAITE JK. Adult voice screening. *J Speech Hear Disord* 1972, **37** : 147-151
- LONG J, WILLIFORD HN, OLSON MS, WOLFE V. Voice problems and risk factors among aerobics instructors. *J Voice* 1998, **12** : 197-207
- LUBMAN D, SUTHERLAND LC. Good Classroom Acoustics is a Good Investment. *J Acoust Soc Am*, Vol 106, No 4, Pt. 2, October 1999
- MARCELINO FC, OLIVEIRA DT. Histopathological Changes of Vocal Folds Induced by Chronic Pollutant Exposure: An Experimental Study. *J Voice* 2005, **19** : 529-533
- MATTISKE JA, OATES JM, GREENWOOD KM. Vocal problems among teachers: a review of prevalence, causes, prevention, and treatment. *J Voice* 1998, **12** : 489-499
- MCHENRY MA, CARLSON HK. The vocal health of auctioneers. *Logoped Phoniatr Vocol* 2004, **29** : 41-47
- MUTUELLE GÉNÉRALE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (MGEN). Les résultats 2001 de l'enquête épidémiologique sur la santé des mutualistes Mgen. Le baromètre Mgen. 2005 : 92p
- MILLER MK, VERDOLINI K. Frequency and risk factors for voice problems in teachers of singing and control subjects. *J Voice* 1995, **9** : 348-362
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE. L'éducation nationale en chiffres 2004-2005. Direction de l'évaluation et de la prospective. Janvier 2005
- MORELY DE. A ten year survey of speech disorders among university students. *J Speech Hear Disord* 1952, 25-31
- MORTON V, WATSON DR. The teaching voice: problems and perceptions. *Logoped Phoniatr Vocol* 1998, **23** : 133-139
- PERELLO J. Functional dysphonias. phonoponosis and phononeurosis. *Folia phoniatri (basel)* 1962, **14** : 150-205
- PERKNER JJ, FENNELLY KP, BALKISSOON R, BARTELSON BB, RUTTENBER AJ, et coll. Irritant-associated vocal cord dysfunction. *J Occup Environ Med* 1998, **40** : 136-143
- PUYELO-SANCLEMENTE M, BEHAR-ALGRANTTI J, LLINAS-I-MIRO MA. Etude des problèmes de voix chez les instituteurs. *Glossa* 1993, **34** : 46-51
- RAMIG LO, VERDOLINI K. Treatment efficacy; voice disorders. *J Speech Lang Hear Res* 1998, **1** : 101-106
- RICHTER B, LOHLE E, KNAPP B, WEIKERT M, SCHLOMICHER-THIER J, VERDOLINI K. Harmful Substances on the Opera Stage: Possible Negative Effects on Singers' Respiratory Tracts. *J Voice* 2002, **16** : 72-80
- ROTO P, SALA E. Occupational laryngitis caused by formaldehyde: a case report. *Am J Ind Med* 1996, **29** : 275-277
- ROY N, MERRILL RM, THIBEAULT S, GRAY SD, SMITH EM. Voice disorders in teachers and the general population: effects on work performance, attendance, and future career choices. *J Speech Lang Hear Res* 2004a, **47** : 542-551

- ROY N, MERRILL RM, THIBEAULT S, PARSARAJA RA, GRAY SD, SMITH EM. Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *J Speech Lang Hear Res* 2004b, **47** : 281-293
- RUSSELL A, OATES J, GREENWOOD KM. Prevalence of voice problems in teachers. *J Voice* 1998, **12** : 467-479
- SALA E, LAINE A, SIMBERG S, PENTTI J, SUONPAA J. The prevalence of voice disorders among day care center teachers compared with nurses: a questionnaire and clinical study. *J Voice* 2001, **15** : 413-423
- SALA E, AIRO E, OLKINUORA P, SIMBERG S, STROM U, LAINE A, PENTTI J, SUONPAA J. Vocal loading among day care center teachers. *Logoped Phoniatr Vocol* 2002, **27** : 21-28
- SAPIR S, KEIDAR A, MATHERS-SCHMIDT B. Vocal attrition in teachers: survey findings. *Eur J Disord Commun* 1993, **28** : 177-185
- SAPIR S, MATHERS-SCHMIDT B, LARSON GW. Singers' and non-singers' vocal health, vocal behaviours, and attitudes towards voice and singing: indirect findings from a questionnaire. *Eur J Disord Commun* 1996, **31** : 193-209
- SARFATI J. Voice and teaching. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 1987, **108** : 431-432
- SETCHI GP, AGNETTI V, PIRREDA M. Acute and persistent Parkinsonism after use of Diquat. *Neurology* 1992, **42** : 261-263
- SHIELD B, DOCKRELL JE. External and internal noise surveys of London primary schools. *J Acoust Soc Am* 2004, **115** : 730-738
- SIMBERG S, LAINE A, SALA E, RONNEMAA AM. Prevalence of voice disorders among future teachers. *J Voice* 2000, **14** : 231-235
- SIMBERG S, SALA E, LAINE A, RONNEMAA AM. A fast and easy screening method for voice disorders among teacher students. *Logoped Phoniatr Vocol* 2001, **26** : 10-16
- SIMBERG S, SALA E, RONNEMAA AM. A comparison of the prevalence of vocal symptoms among teacher students and other university students. *J Voice* 2004, **18** : 363-368
- SMITH E, GRAY SD, DOVE H, KIRCHNER L, HERAS H. Frequency and effects of teachers' voice problems. *J Voice* 1997, **11** : 81-87
- SMITH E, KIRCHNER HL, TAYLOR M, HOFFMAN H, LEMKE JH. Voice problems among teachers: differences by gender and teaching characteristics. *J Voice* 1998a, **12** : 328-334
- SMITH E, LEMKE J, TAYLOR M, KIRCHNER HL, HOFFMAN H. Frequency of voice problems among teachers and other occupations. *J Voice* 1998b, **12** : 480-488
- TANTURRI G, PIA F, BENZI M. A case of oedematous pharyngolaryngitis in a subject occupationally exposed to Freon gas. *Med Lav* 1988, **79** : 219-222
- THIBEAULT SL, MERRILL RM, ROY N, GRAY SD, SMITH EM. Occupational risk factors associated with voice disorders among teachers. *Ann Epidemiol* 2004, **14** : 786-792
- TITZE IR, LEMKE J, MONTEQUIN D. Populations in the U.S. workforce who rely on voice as a primary tool of trade: a preliminary report. *J Voice* 1997, **11** : 254-259

- TURNER WE. Chronic rhinitis/laryngitis. *NZ Med J* 1991, **104** : 170
- URRUTIKOETXEA A, USPIZUA A, MATELLANES F. Vocal pathologies in teachers: a video-laryngo-stroboscopic study in 1046 teachers. *Rev Laryngol Otol Rhinol* 1995, **116** : 255-262
- VERDOLINI K, RAMIG LO. Review: occupational risks for voice problems. *Logoped Phoniatr Vocol* 2001, **26** : 37-46
- VILKMAN E. Voice problems at work: A challenge for occupational safety and health arrangement. *Folia Phoniatr Logop* 2000, **52** : 120-125
- VILKMAN E. Occupational safety and health aspects of voice and speech professions. *Folia Phoniatr Logop* 2004, **56** : 220-253
- WILLIAMS NR. Occupationnal voice disorders due to workplace exposure to irritants- a review of the literature. *Occup Med* 2002, **52** : 99-101
- WILLIAMS NR. Occupational groups at risk of voice disorders: a review of the literature. *Occup Med (lond)* 2003a, **53** : 456-460
- WILLIAMS NR. Voice recognition products-an occupational risk for users with ULDs? *Occup Med (lond)* 2003b, **53** : 452-455

6

Méthodes diagnostiques

Le diagnostic des troubles de la voix parlée ou dysphonie se fait lors du bilan de la phonation. Ce bilan clinique, réalisé par un médecin, ne pose le plus souvent aucun problème particulier pour arriver à un diagnostic étiologique. Seuls les moyens mis en œuvre pour mesurer les paramètres acoustiques de la voix sont discutés par de nombreux auteurs, la difficulté tenant à l'absence de consensus quant à la pertinence des indices mesurés, leur corrélation avec l'évaluation subjective perceptive et les constatations anatomiques laryngées.

Devant un trouble de la voix, il est de bonne pratique clinique de faire un bilan fonctionnel, des mesures acoustiques et aérodynamiques, une endoscopie laryngée afin de proposer, le diagnostic étant fait, une prise en charge médicale, rééducative ou chirurgicale.

Le bilan étiologique de la phonation prend du temps, au minimum trente minutes, nécessite des moyens en personnel et en matériel, et est fait par un médecin spécialiste, ORL ou phoniatre. Le bilan fonctionnel peut être réalisé par une orthophoniste entraînée et disposant de moyens de mesure.

Bilan fonctionnel

Le bilan fonctionnel comporte trois parties : l'interrogatoire du patient, l'analyse perceptive de la voix et l'analyse subjective par le patient de son handicap vocal.

Interrogatoire

L'interrogatoire du patient est sans doute la partie la plus longue car il est important de comprendre quelles sont ses plaintes et comment la voix est utilisée. L'interrogatoire permet dans le même temps de faire l'analyse perceptive de la voix.

Bien évidemment, on va s'enquérir de l'utilisation professionnelle de la voix parlée, mais aussi portée ou projetée (à forte intensité) et de la voix chantée,

du nombre d'heures par jour et par semaine, des conditions de travail (bruit ambiant, acoustique de la salle, sécheresse de l'air, milieu extérieur...).

Il faut répertorier les plaintes : la fatigue et le forçage vocal sont en général les premières manifestations, s'accompagnant d'un essoufflement à la phonation, d'une altération de la hauteur tonale (voix aggravée ou décalée dans l'aigu), de l'impossibilité de chanter ou de moduler, de modifier le timbre (raucité, voix criarde, nasillarde), de la perte du contrôle de l'intensité. Il faut connaître l'ancienneté des troubles, leur fréquence de survenue, la capacité de récupération (le lendemain, pendant le week-end, ou peu à peu, seulement pendant de petites vacances ou les grandes vacances pour un enseignant).

On recherchera les symptômes associés : inconfort, douleur, toux, hémorragie (tics de raclement de gorge), sensation de « boule dans la gorge ». Les facteurs « favorisants ou aggravants » communs à toute pathologie vocale seront également recherchés : le tabagisme actif ou passif, l'allergie respiratoire, certains traitements médicaux (hormonaux, à visée dermatologique), les antécédents médicaux, chirurgicaux, traumatiques tels un coup du lapin, des signes de reflux gastro-œsophagien, une diminution de l'audition, des douleurs cervicales (Hillman et coll., 1989 ; Bouchayer, 1995 ; Stemple et coll., 1995 ; Rantala et coll., 1998 ; Airo et coll., 2000 ; Szabo et coll., 2003).

Ce long entretien permet d'évaluer les plaintes du patient, d'apprécier ses contraintes professionnelles, d'évaluer son état psychologique et le retentissement éventuel des troubles vocaux, d'écouter la voix et d'en faire une analyse perceptive tout en appréciant le « geste vocal » (technique respiratoire, posture, détente notamment du cou et des mâchoires) et de demander au patient d'autoévaluer la qualité de sa voix.

Analyse perceptive

L'analyse perceptive de la voix est effectuée à l'aide de l'échelle GRBAS, décrite par Hirano (1981), très largement utilisée dans le monde, dont la validité et la fiabilité ont été démontrées par de nombreuses études. Cette échelle comporte les items suivants : *grade* (impression globale de la qualité de la voix ou degré d'altération), *roughness* (raucité), *breathiness* (souffle audible), *asthenicity* (voix hypotonique, faible, peu intense), *strained* (voix hyperkinétique, serrée, forcée), auquel on peut ajouter un item I pour instabilité (Crevier-Buchman et coll., 1993 ; Millet et Dejonckere, 1998). Chacun des items de l'échelle est coté de 0 (normal ou absent) à 3 (très altéré).

Analyse subjective ou autoévaluation

L'analyse subjective par le patient de son handicap vocal peut être faite à l'aide de différents questionnaires dont le plus complet (exploration des domaines physique, fonctionnel, émotionnel) et le plus long est le *Voice*

Handicap Index (VHI) (Jacobson et coll., 1997). Le VHI comporte 30 propositions et le patient doit indiquer la fréquence de sa gêne (annexe 2). Le questionnaire *Voice-related quality of life* (Rosen et coll., 2004) est plus court ; il contient 10 propositions, qui s'appliquent au patient, cotées de « pas du tout » à « énormément » (annexe 3 ; rapport de la Société d'Oto-rhino-laryngologie, 2004).

Au terme de ce bilan fonctionnel, il convient de faire des mesures objectives des paramètres acoustiques de la voix. Schématiquement, la raucité est corrélée avec la stabilité du vibrateur laryngien, le souffle avec le rapport signal/bruit (timbre), l'asthénie avec l'intensité, et le forçage avec une fréquence fondamentale plus haute.

Mesures acoustiques

Tous les paramètres acoustiques de la voix peuvent être altérés : la hauteur (ou fréquence ou tonalité), l'intensité, le timbre qui donne toute la couleur à la voix, mais aussi le débit ou l'articulation.

Les mesures acoustiques sont non invasives (innocuité totale). Elles donnent des résultats quantitatifs objectifs d'un échantillon de voix et sont maintenant informatisées.

Différents problèmes méritent d'être soulevés car il n'existe pas vraiment, à l'heure actuelle, de consensus même si la Société européenne de laryngologie a formulé des recommandations. Cela tient à la complexité physio-acoustique de la phonation et à l'instabilité du signal vocal.

Les difficultés sont liées aux différentes façons de recueillir le signal acoustique, à l'échantillon de voix qui est analysé. Elles sont fonction du matériel disponible et des habitudes de chacun et suscitent toujours des débats entre les experts. Les différentes publications reflètent bien cette absence de procédure standard ou de normalisation ; qu'il s'agisse de l'étude des voix normales ou pathologiques, de la comparaison des chanteurs et des non-chanteurs, des analyses sur des voyelles tenues, de la parole spontanée ou sur un texte de lecture, du recueil du signal microphonique (quel micro, à quelle distance ?), du signal électrolaryngographique (basé sur la mesure de la variation de l'impédance électrique des tissus du cou, représentant l'alternance des phases de contact et d'ouverture des cordes vocales), de l'évaluation globale comme le phonétogramme ou la mesure d'indices particuliers à partir des paramètres acoustiques, dont 250 ont été répertoriés. Enfin, si les systèmes d'analyse sont informatisés, il existe des programmes dédiés des plus simples aux plus sophistiqués, des plus classiques aux plus récents tels les systèmes MP3.

Classiquement, on analyse la fréquence vocale, l'intensité et le timbre.

Fréquence fondamentale

La fréquence fondamentale ou F0, exprimée en Hertz ou en notation musicale, est appelée aussi fondamental usuel (tonalité la plus souvent utilisée par un sujet donné). Elle peut être visualisée sous la forme d'une courbe mélodique si l'analyse est continue, ou moyennée (histogrammes). Ses micro-perturbations (fluctuations à court terme), responsables d'irrégularités dans la voix, sont exprimées par un coefficient appelé *jitter*.

Intensité

L'intensité, exprimée en décibels (dB), est calculée sur une moyenne ou sur des intensités sonores minimale et maximale. Les micro-perturbations de l'amplitude d'un cycle à l'autre sont exprimées par le *schimmer*.

Analyse du timbre

L'analyse du timbre est plus complexe. L'analyse spectrale des harmoniques qui portent une certaine quantité d'énergie apparaît sous forme de raies. Elle est surtout utilisée dans l'analyse de la parole et de la voix chantée. Elle renseigne sur la quantité de souffle sur la voix (considéré comme un bruit) et sur le degré d'instabilité du signal. La mesure la plus classique est celle du rapport énergie des harmoniques/énergie du bruit ou HNR, exprimé en dB. Différentes analyses sont possibles selon que l'on veut étudier les harmoniques (spectre à bande étroite ou à bandes larges) pour les formants des voyelles ou des consonnes sonores dans l'articulation. Le HNR diminue avec l'âge alors que l'instabilité vocale augmente. L'analyse spectrale moyennée de longue durée ou LTAS (*Long Time Average Spectrum*) montre une augmentation de l'énergie dans les hautes fréquences en cas de fatigue vocale (Dejonckere, 1986 ; Gramming, 1991 ; Crevier-Buchman et coll., 1993 ; Eustace et coll., 1996 ; Gelfer et coll., 1996 ; Rantala et coll., 1997 ; Harris et coll., 2000 ; Ferrand, 2002 ; Orr et coll., 2002 ; Gonzalez et coll., 2003 ; Guerrier et coll., 2004).

Phonétogramme

Le phonétogramme, souvent réalisé par les phoniatries et les orthophonistes, étudie la dynamique vocale qui représente de façon quantitative et qualitative le « champ de liberté de la voix ». C'est une évaluation globale de deux des paramètres de la voix : fréquence et intensité. Sa réalisation est simple, lorsqu'elle est faite par un examinateur entraîné, et son protocole est standardisé par l'Union des phoniatries européens. Le phonétogramme étudie la possibilité d'émettre une voyelle à l'intensité la plus forte possible et à

l'intensité la plus faible possible sur toute l'étendue de la voix. Il a fait l'objet de nombreuses études, comparant des sujets chanteurs et non chanteurs. Il est intéressant de faire un phonétogramme par registre laryngé. Les deux principaux registres sont désignés de la façon suivante : « *chest* ou modal » ou mécanisme I ou lourd pour la voix de poitrine ou médium ; « *false* pour l'homme, *head* pour la femme » ou mécanisme II ou léger pour la voix aiguë ou de tête. Les deux phonétogrammes sont superposés et renseignent aussi bien sur la technique vocale que sur les capacités acoustiques du vibrateur laryngé. On a proposé aussi un phonétogramme en trois dimensions, en y associant une mesure aérodynamique celle du temps de phonation (Gramming, 1991 ; Dejonckere, 1996 ; Neuschaefer-Rube et coll., 1997 ; Harris et coll., 2000 ; Roubeau et coll., 2004).

Mesures aérodynamiques

Les mesures aérodynamiques apprécient la qualité du souffle, qui va conditionner la qualité de l'émission vocale. Certaines sont simples, non invasives et nécessitent seulement un chronomètre.

Temps maximum de phonation

Le temps maximum de phonation (TMP) consiste à mesurer la durée de la tenue d'une voyelle à une intensité et une fréquence données (valeur usuelle en général). On considère qu'il est significatif du rendement de la source vocale. Il est diminué en cas de fatigue vocale.

Le test S/Z mesure la durée de l'émission des 2 consonnes, l'une voisée ou sonore, l'autre non voisée ou sourde, et en fait le rapport.

Parmi les quatre paramètres aérodynamiques, pressions sous-glottique et intra-orale et débits d'air nasal et oral, seuls la pression intra-orale et le débit d'air oral sont mesurés en pratique clinique pour évaluer une dysphonie. Ils sont riches d'enseignement, mais peu utilisés en raison du manque de matériel adéquat et de leur coût (Lee et coll., 1999 ; Jiang et coll., 2004).

Bilan étiologique

L'examen clinique est fait par un médecin spécialiste, ORL ou phoniatre. Après une palpation soigneuse du cou, les cavités de résonance sont inspectées : nez, bouche, état dentaire, articulation temporo-mandibulaire. Deux organes sont essentiels dans l'articulation et la fabrication du timbre

de la voix : la langue (mobilité et position de repos, qui ne doit pas être trop reculée ou trop ascensionnée, idéalement la pointe contre les dents du bas) et le voile du palais (longueur, mobilité).

Endoscopie laryngée

L'endoscopie laryngée est l'étape capitale du diagnostic. Réalisée avec un système optique, fibre souple introduite par le nez (nasofibroscopie) ou endoscope rigide dans la bouche, elle seule permet d'apprécier la morphologie du larynx, la dynamique laryngée et de visualiser la vibration des cordes vocales par la stroboscopie. L'étude du comportement laryngé se fait en phonation sur une voyelle tenue /é/ ou /i/ à différentes hauteurs tonales (mécanisme I et II) et à intensité confortable et forte. Sont étudiés la forme des cordes vocales, la couleur, la longueur, la mobilité en respiration et en phonation, la régularité de la face supérieure et du bord libre (existence de lésions uni- ou bilatérales), la qualité de la fermeture ou d'accolement, la symétrie, la position et l'aspect des cartilages aryténoïdes, les commissures antérieure et postérieure, les bandes ventriculaires. Lorsque l'on dispose d'une lumière stroboscopique (que tous les spécialistes n'ont pas en raison de son coût), une analyse plus fine du comportement vibratoire peut être faite : régularité, amplitude, symétrie de phase et d'amplitude de la vibration (le critère le plus difficile à évaluer étant l'asymétrie), les phases de fermeture et d'ouverture et leur durée relative, la présence et la liberté de l'ondulation muqueuse, le comportement vibratoire de la lésion s'il en existe. Cet examen peut être filmé et enregistré (document médico-légal) (Bouchayer, 1995 ; Dejonckere, 1998 ; Millet et Dejonckere, 1998 ; Kelly et Fischer, 1999 ; Harris, 2000). Il existe un protocole d'examen standardisé proposé par la Société européenne de laryngologie (Dejonckere et coll., 2003).

Au terme de ce bilan vocal, qui doit comprendre au moins un bilan fonctionnel, des mesures acoustiques (fréquence fondamentale, intensité), un TMP et une endoscopie laryngée, le diagnostic de la dysphonie est le plus souvent établi : dysphonie purement dysfonctionnelle avec cordes vocales anatomiquement normales, ou lésion des cordes vocales dans un cadre souvent dysfonctionnel. Les lésions bénignes les plus souvent rencontrées, notamment chez les enseignants, sont les nodules bilatéraux, le polype unilatéral, l'œdème des cordes vocales.

Le pronostic est apprécié et un traitement est proposé : médical simple (laryngite, reflux gastro-œsophagien par exemple), rééducation orthophonique ou phoniatrique pour redonner un bon « geste vocal » dans le cadre dysfonctionnel, traitement chirurgical encadré ou suivi de rééducation, car fréquemment c'est la dysfonction qui, à la longue, a créé la lésion ou la lésion qui engendre la dysfonction (Bouchayer, 1995).

Il peut parfois être nécessaire d'avoir recours à d'autres examens pour préciser un diagnostic ou proposer une prise en charge particulière.

Autres examens

Ils seront demandés en fonction de la pathologie rencontrée ou soupçonnée :

- épreuves fonctionnelles respiratoires, en cas de problème ventilatoire ou d'asthme ;
- imagerie médicale : radiographie du rachis cervical (traumatisme, raideur, inversion de courbure), scanner du larynx avec ou sans injection en cas de tumeur, de traumatisme, de trouble de la mobilité (paralysie récurrentielle, atteinte de l'articulation crico-aryténoïdienne), IRM, électromyographie laryngée qui est un examen invasif nécessitant une équipe entraînée avec ORL-phonniatre et neurophysiologiste. L'électromyographie laryngée sera demandée devant un trouble de la mobilité et surtout pour faire le diagnostic et le traitement d'une dystonie laryngée (dysphonie spasmodique) par injection de toxine botulique (Marion et coll., 1992 ; *American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 2003 ; Sataloff et coll., 2003) ;
- bilan de l'audition : il est effectué en cas de gêne auditive avérée ou de gêne dans le bruit, ce qui est une plainte fréquente. L'audiométrie classique (tonale en conduction aérienne et osseuse avec tympanométrie et recherche du réflexe stapédien) peut être complétée par un test de résistance de l'intelligibilité vocale dans le bruit (Elbaz et coll., 1992 ; Garin et Galle, 2002).

Enseignants

Des études réalisées sur des groupes d'enseignants, tentent de dégager quelques notions « clés » évidemment connues depuis longtemps : un des problèmes auxquels l'enseignant est confronté est de garder une voix en bonne santé (Orr et coll., 2002), et de nombreux troubles vocaux sont liés à une surcharge vocale pouvant être évaluée sur deux critères qui sont le temps de parole et le niveau sonore pendant le travail (Airo et coll., 2000).

Le bruit ambiant est un fléau car il affecte l'intelligibilité du langage, donc du message que transmet l'enseignant, compromettant ainsi l'apprentissage de ses élèves. Il est responsable aussi d'altération de l'audition. L'OMS recommande de ne pas dépasser un seuil de 75 dB pendant 8 heures pour éviter une perte auditive, seuil qui nous semble déjà élevé.

Rappelons qu'en France, il existe le décret n° 2001-1016 du 5 novembre 2001 portant création d'un document relatif à l'évaluation des risques pour

la santé et la sécurité des travailleurs, prévue par l'article L.230-2 du code du travail et modifiant le code du travail (J.O n°258 du 7 novembre 2001 page 17523).

Bruit ambiant

Le bruit ambiant a été mesuré dans un jardin d'enfant en Suède par deux études. La première étude rapporte des seuils allant de 72 à 88 dBA, avec des pics de 117 à 120 dBA (Szabo et coll., 2003). Ces résultats sont corroborés par l'étude de Södersten et coll. (2002), avec un bruit ambiant moyen de 76,1 dBA, ce qui dépasse de 20 dB la valeur recommandée pour que l'intelligibilité soit conservée (50 à 55 dBA). À 50 dBA, l'intelligibilité est maintenue à 99 %.

Les enseignants les plus touchés par les problèmes vocaux sont ceux du primaire (fatigue vocale et nodules), les professeurs d'éducation physique et sportive et les professeurs de musique et de chant.

Selon une étude finlandaise (Simberg et coll., 2001), 20 % des étudiants-enseignants ont un problème de voix car, d'une manière générale, ils parlent plus fort et plus longtemps que les autres.

Le temps moyen de phonation pour des enseignants de maternelle représente 16,9 à 20 % du temps total analysé sur une journée de travail, alors qu'il est en moyenne de 5 % pour le personnel médical ou administratif et de 7 % pour un phoniatre (Södersten et coll., 2002 ; Szabo et coll., 2003). Les enseignants de maternelle ont une intensité moyenne plus forte de 9,1 dB et utilisent une voix plus aiguë, avec une moyenne de 247 Hz pour les femmes qui se sont prêtées à cette étude, alors que leur fréquence moyenne usuelle est de 202 Hz.

Une étude américaine (Wolfe et coll., 2002) a révélé que 44 % des professeurs d'aérobic, qui utilisent une voix projetée (à forte intensité) en même temps qu'ils font un exercice physique, avec un temps de phonation long, se plaignent d'une perte partielle ou totale de leur voix pendant ou après leur cours, d'un enrouement et utilisent une fréquence fondamentale de voix plus aiguë.

Les plaintes les plus fréquentes sont un enrouement le matin (28 %), un hémme (20 %), avec une prévalence de 32 à 72 % pour un enrouement et une fatigue vocale (Simberg et coll., 2001 ; Södersten et coll., 2002).

Les facteurs prédictifs d'une dysphonie, dans un but de dépistage et de prévention, pourraient être déterminés à l'aide d'un questionnaire qui serait complété par une analyse perceptive faite par le personnel de santé. En cas de positivité, les auteurs proposent un examen clinique ou un bilan ortho-

phonique (Simberg et coll., 2001). Les groupes « à risque » ont une diminution du TMP, des capacités intonatives et de l'intensité maximum possible.

En conclusion, nous rappellerons les recommandations du Comité de phoniatry de la Société européenne de laryngologie sur le bilan vocal, qui doit comporter : un enregistrement audio-digital de la voix pathologique, une analyse perceptive de la voix avec l'échelle GRBAS, une vidéolaryngostroboscopie, des mesures aérodynamiques (TMP, capacité vitale, quotient de phonation), des mesures acoustiques (*jitter*, *shimmer*, phonétogramme) et une évaluation subjective (qualité, répercussion quotidienne, professionnelle).

BIBLIOGRAPHIE

- AIRO E, OLKINUORA P, SALA E. A method to measure speaking time and speech sound pressure level. *Folia Phoniatr Logop* 2000, **52** : 275-288
- AMERICAN ASSOCIATION OF ELECTRODIAGNOSTIC MEDICINE. Laryngeal Electromyography: an evidence based review. AAEM Practice Topic. *Muscle & nerve* 2003
- BOUCHAYER M. Dysphonia. Diagnostic orientation. *Rev Prat* 1995, **45** : 1291-1297
- CREVIER-BUCHMAN L, MONFRAIS-PFAUWADEL MC, BEGUE D, LAUGA-HOUDOYER L, LACCOURREYE O, BRASNU D. Acoustic evaluation and use of computers. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 1993, **114** : 311-314
- DEJONCKERE PH. Acoustic analysis of voice production. Production trial from a clinical perspective. *Acta Otorhinolaryngol Belg* 1986, **40** : 377-385
- DEJONCKERE PH, REMACLE M, FRESNEL-ELBAZ E, WOISARD V, CREVIER-BUCHMAN L, MILLET B. Differentiated perceptual evaluation of pathological voice quality: reliability and correlations with acoustic measurements. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 1996, **117** : 219-224
- DEJONCKERE PH, CREVIER L, ELBAZ E, MARRACO M, MILLET B, et coll. Quantitative rating of video-laryngostroboscopy: a reliability study. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 1998, **119** : 259-260
- DEJONCKERE PH, CREVIER-BUCHMAN L, MARIE JP, MOERMAN M, REMACLE M, WOISARD V, EUROPEAN RESEARCH GROUP ON THE LARYNX. Implementation of the European Laryngological Society (ELS) basic protocol for assessing voice treatment effect. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)* 2003, **124** : 279-283
- ELBAZ P, LECA F, ELBAZ EF, MILLER P. Vocals in silence and noise. A simple test of resistance of intelligibility in noisy environment. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 1992, **109** : 373-385
- EUSTACE CS, STEMPLE JC, LEE L. Objective measures of voice production in patients complaining of laryngeal fatigue. *J Voice* 1996, **10** : 146-154

- FERRAND CT. Harmonics-to-noise ratio: an index of vocal aging. *J Voice* 2002, **16** : 480-487
- GARIN P, GALLE C. A simple audiometry test of speech intelligibility in background noise. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 2002, **123** : 219-224
- GELFER MP, ANDREWS ML, SCHMIDT CP. Documenting laryngeal change following prolonged loud reading. A videostroboscopic study. *J Voice* 1996, **10** : 368-377
- GONZALEZ J, CERVERA T, LLAU MJ. Acoustic analysis of pathological voices compressed with MPEG system. *J Voice* 2003, **17** : 126-139
- GRAMMING P. Vocal loudness and frequency capabilities of the voice. *J Voice* 1991, **5** : 144-157
- GUERRIER B, GIOVANNI A, REMACLE M. Pathologie de la corde vocale. Éditions de la Société Française d'ORL et Chirurgie Cervico-faciale, 2004
- HARRIS SARA, HARRIS TOM, LIEBERMAN J, HARRIS D. The multidisciplinary voice clinic. In : Voice disorders and their management. FREEMAN M, FAWCUS M (eds). Whurr Publishers, 2000
- HILLMAN RE, HOLMBERG EB, PERKELL JS, WALSH M, VAUGHAN C. Objective assessment of vocal hyperfunction: an experimental framework and initial results. *J Speech Hear Res* 1989, **32** : 373-392
- HIRANO M. Clinical examination of voice. Springer, New York, 1981
- JACOBSON BH, JOHNSON A, GRYWALSKI C, SILBERGLEIT A, JACOBSON G, et coll. The voice handicap index (VHI): development and validation. *Am J of speech language pathology* 1997, **6** : 66-70
- JIANG J, STERN J, CHEN HJ, SOLOMON NP. Vocal efficiency measurements in subjects with vocal polyps and nodules: a preliminary report. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2004, **113** : 277-282
- KELLY CL, FISHER KV. Stroboscopic and acoustic measures of inspiratory phonation. *J Voice* 1999, **13** : 389-402
- LEE L, STEMPLE JC, KIZER M. Consistency of acoustic and aerodynamic measures of voice production over 28 days under various testing conditions. *J Voice* 1999, **13** : 477-483
- MARION MH, KLAP P, PERRIN A, ELBAZ E. Spasmodic dysphonia. Investigation and therapeutic methods. *Rev Neurol (Paris)* 1992, **148** : 180-183
- MILLET B, DEJONCKERE PH. What determines the differences in perceptual rating of dysphonia between experienced raters? *Folia Phoniatri Logop* 1998, **50** : 305-310
- NEUSCHAEFER-RUBE C, SRAM F, KLAJMAN S. Three-dimensional phonetographic assessment of voice performance in professional and non-professional speakers. *Folia Phoniatri Logop* 1997, **49** : 96-104
- 190 ORR R, DE JONG F, CRANEN B. Some objective measures indicative of perceived voice robustness in student teachers. *Logoped Phoniatri Vocol* 2002, **27** : 106-117

RANTALA L, PAAVOLA L, KORKKO P, VILKMAN E. Working-day effects on the spectral characteristics of teaching voice. *Folia Phoniatr Logop* 1998, **50** : 205-211

RANTALA L, MAATTA T, VILKMAN E. Measuring voice under teachers' working circumstances: F0 and perturbation features in maximally sustained phonation. *Folia Phoniatr Logop* 1997, **49** : 281-291

ROSEN CA, LEE AS, OSBORNE J, ZULLO T, MURRY T. Development and validation of the voice handicap index-10. *Laryngoscope* 2004, **114** : 1549-1556

ROUBEAU B, CASTELLENGO M, BODIN P, RAGOT M. Registers as shown in the voice range profile. *Folia Phoniatr Logop* 2004, **56** : 321-333

SATALOFF RT, MANDEL S, MANN EA, LUDLOW CL, AAEM LARYNGEAL TASK FORCE. Laryngeal electromyography: an evidence-based review. *Muscle Nerve* 2003, **28** : 767-772

SIMBERG S, SALA E, LAINE A, RONNEMAA AM. A fast and easy screening method for voice disorders among teacher students. *Logoped Phoniatr Vocol* 2001, **26** : 10-16

SODERSTEN M, GRANQVIST S, HAMMARBERG B, SZABO A. Vocal behavior and vocal loading factors for preschool teachers at work studied with binaural DAT recordings. *J Voice* 2002, **16** : 356-371

STEMPLE JC, STANLEY J, LEE L. Objective measures of voice production in normal subjects following prolonged voice use. *J Voice* 1995, **9** : 127-133

SZABO A, HAMMARBERG B, GRANQVIST S, SODERSTEN M. Methods to study preschool teachers' voice at work: simultaneous recordings with a voice accumulator and a DAT recorder. *Logoped Phoniatr Vocol* 2003, **28** : 29-39

WOLFE V, LONG J, YOUNGBLOOD HC, WILLIFORD H, OLSON MS. Vocal parameters of aerobic instructors with and without voice problems. *J Voice* 2002, **16** : 52-60

7

Traitements médicaux et chirurgicaux

Les enseignants peuvent nécessiter des soins médicaux et chirurgicaux dans plusieurs types de circonstances. L'une des plus fréquentes est celle des dysphonies et aphonies aiguës dans le cadre d'un refroidissement ; la prise en charge médicale des enseignants doit bien sûr tenir compte des spécificités de leur profession et notamment de l'importance de la charge vocale de leur service. La seconde problématique concerne les dysphonies en rapport avec des lésions dysfonctionnelles des cordes vocales ne régressant pas en rééducation orthophonique et nécessitant le recours à la microchirurgie ; si le geste chirurgical lui-même n'est pas différent chez les enseignants, il est certain que les modalités du geste chirurgical doivent être adaptées à l'exercice professionnel. Enfin, une place doit être faite aux lésions des cordes vocales non directement liées au métier d'enseignant mais dont le traitement entraîne des modifications de la voix qui doivent être prises en compte chez eux.

Prise en charge de la phase aiguë des dysphonies

Les dysphonies ont souvent pour cause un refroidissement avec laryngite.

Traitement du refroidissement

Il s'agit typiquement d'un enseignant qui, dans le contexte d'un refroidissement plus ou moins important, présente une dysphonie en général accompagnée de douleurs dans la gorge et parfois d'une odynophagie (douleur lors de l'alimentation). Cette dysphonie est souvent importante et peut confiner à l'aphonie. On peut rapprocher de cette circonstance, parce que les mécanismes inflammatoires sont les mêmes, les épisodes aigus de forçage vocal comme par exemple après une journée en plein air ou dans de mauvaises conditions acoustiques.

Il n'entre pas dans les attributions du groupe d'experts de se prononcer sur le traitement anti-infectieux éventuel qui dépend de la situation clinique. 193

Le plus souvent cependant, il est possible d'éviter le recours aux antibiotiques. En tout état de cause, les antibiotiques n'ont aucun rôle anti-inflammatoire et ne diminuent pas la durée de l'épisode dysphonique.

Repos vocal

Le meilleur traitement de l'inflammation des cordes vocales est le repos vocal qui nécessite donc chez l'enseignant un arrêt de travail. La durée de celui-ci ne fait l'objet d'aucun consensus et apparemment d'aucune étude spécifique. Cependant, la durée de l'épisode dysphonique est souvent supérieure à 3 ou 4 jours et il est licite de proposer une moyenne d'arrêt de travail de 7 jours en cas de dysphonie avérée. Dans l'idéal, une nouvelle consultation médicale avec examen des cordes vocales est recommandée avant la reprise du travail. En cas de doute, il semble préférable de prolonger de quelques jours la durée du repos vocal mais il est important de considérer que la rééducation orthophonique n'a que très peu d'effets à court terme et n'est jamais un traitement de la phase aiguë.

Anti-inflammatoires

Dans certains cas de dysphonie sévère, ne cédant pas au repos vocal ou en cas d'exigences professionnelles particulières du patient rendant difficile l'arrêt de travail dans l'immédiat (scrupule de l'enseignant vis-à-vis de l'absence de remplacement en cas d'arrêt de travail de courte durée), on peut être amené à prescrire un traitement anti-inflammatoire (Sataloff, 1997). Les anti-inflammatoires non stéroïdiens n'ont pas une efficacité supérieure aux corticoïdes ni une toxicité moins importante en cas de cure courte (inférieure à 15 jours). On prescrit donc le plus souvent de la cortisone par voie générale (prednisolone : 1 mg/kg/jour, pendant 3 à 6 jours) et sauf situation clinique particulière, ces traitements ne nécessitent pas de traitement antibiotique concomitant ni d'arrêt progressif. Les patients présentant un ulcère gastrique doivent recevoir simultanément une protection gastrique. La biodisponibilité des molécules rend le recours aux formes injectables le plus souvent inutile.

Aérosols

Les traitements par aérosols n'ont pas fait l'objet d'une démonstration de leur efficacité dans le traitement des laryngites notamment en cas d'association médicamenteuse. En l'absence de consensus, il semble prudent de n'utiliser que des aérosols de sérum physiologique (à visée d'humidification) avec éventuellement un corticoïde (à visée anti-inflammatoire) (Moren et coll., 1993). La durée de prescription est également de 3 à 6 jours. Il a été démontré, dans les minutes qui suivent l'administration d'un aérosol de sérum phy-

siologique, une diminution des résistances laryngées à l'écoulement de l'air, facilitant ainsi la production vocale. Il existe 4 types d'appareils pour aérosols (location en pharmacie sur prescription médicale) : pneumatiques (diffusion dans les bronches), soniques (sinus), ultrasoniques (bronches distales), manosoniques (trompe d'Eustache).

Les traitements à base de spray contenant des corticoïdes sont destinés au traitement des maladies broncho-pulmonaires et notamment de l'asthme et ne sont pas conçus pour les cordes vocales du point de vue galénique (taille des particules en suspension). Leur usage est même suspect d'entraîner dans certains cas une dysphonie liée aux gaz propulseurs eux-mêmes.

Traitements associés

Un traitement d'épreuve du reflux gastro-œsophagien est souvent proposé lorsqu'il existe des signes indirects de reflux, surtout chez les professionnels de la voix. Il est licite de proposer un traitement sans exploration digestive préalable, l'efficacité du traitement ayant valeur de test. Le traitement associe des règles hygiéno-diététiques (surélever la tête du lit, éviter la surcharge pondérale et la compression abdominale, éviter les boissons gazeuses...), la prise de pansements gastriques à la fin de chaque repas et surtout la prise d'anti-sécrétoires (anti-histaminiques et inhibiteurs de la pompe à protons) (Koufman, 1991 ; Conférence de consensus, 1999 ; Book et coll., 2002).

Prise en charge chirurgicale des lésions spécifiques

Le malmenage et le surmenage vocal sont au centre des processus d'apparition des lésions dysfonctionnelles. La prise en charge de ces lésions doit donc être avant tout axée sur le dysfonctionnement et la place de la rééducation orthophonique doit toujours être évoquée et faire partie de la discussion au moment de l'indication chirurgicale : la chirurgie des cordes vocales doit toujours être encadrée de mesures d'hygiène vocale, telles que le port d'un dispositif d'amplification, de traitement médicaux des pathologies associées et surtout de mesures rééducatives. Dans tous les cas, une rééducation orthophonique sera proposée au moins en post-opératoire mais il est préférable que le patient rencontre l'orthophoniste avant l'intervention chirurgicale.

La chirurgie des cordes vocales n'est donc qu'une des options du traitement des troubles de la voix chez l'enseignant en cas de lésion spécifique dite dysfonctionnelle (nodules, polypes, œdèmes de Reinke). Elle est rarement indiquée en première intention et en général encadrée de rééducation orthophonique. L'indication est, dans l'idéal, portée en collaboration entre le rééducateur de la voix et le chirurgien, si possible en partenariat avec un médecin phoniatre. Le point important est que cette chirurgie ne revêt jamais de

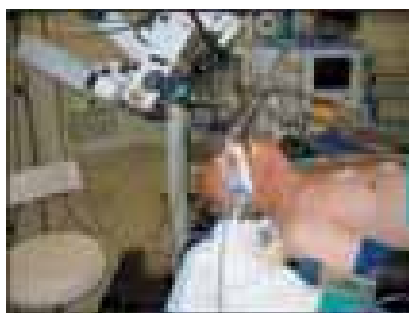
caractère d'urgence et qu'un délai d'au moins 2 à 4 semaines semble raisonnable entre la décision de réaliser cette chirurgie et la chirurgie elle-même. De même, le geste chirurgical doit être considéré comme un geste complémentaire du traitement de fond qui reste la rééducation orthophonique et la prise en charge du forçage vocal (Bouchayer et Cornut, 1992 ; Courey et coll., 1995 ; Giovanni et coll., 2000 ; Zeitels et coll., 2002 ; Remacle et coll., 2003 ; Guerrier et coll., 2004).

Intervention chirurgicale sous anesthésie générale

La microchirurgie laryngée consiste en l'introduction d'un laryngoscope (tube métallique) dans la cavité buccale jusqu'au contact du larynx et nécessite une anesthésie générale. Il s'agit d'un geste bref mais qui nécessite une analgésie puissante en raison du caractère très réflexogène du larynx. Le geste est donc souvent réalisé sous anesthésie générale avec ou sans intubation ou encore avec jet-ventilation, plus rarement sous neuroleptanalgésie. Le patient est la plupart du temps hospitalisé au moins pour la journée ou pour une ou deux nuits suivant le régime réglementaire de l'établissement et en fonction des exigences anesthésiques. Comme tout geste réalisé sous anesthésie générale, le patient doit bénéficier d'une consultation d'anesthésie à distance. En pratique, les contre-indications médicales sont rares en dehors des traitements anticoagulants ou antiagrégants plaquettaires qui peuvent amener à retarder éventuellement l'intervention de quelques jours.

Instruments

Le laryngoscope permet de visualiser les cordes vocales directement en refoulant la langue en avant. Il existe une grande variété de laryngoscopes différents par leur taille, leur forme. Habituellement, ils sont suspendus à une tablette fixée au-dessus du thorax du patient ; il s'agit du laryngoscope en suspension (figure 7.1).



196 **Figure 7.1 : Mise en place du laryngoscope sous anesthésie générale. Au-dessus du patient, le microscope opératoire avec le laser**

Parmi les principaux risques, il faut citer celui de bris dentaire lors de l'introduction du laryngoscope ou encore de douleurs de l'articulation mandibulaire, parfois de douleurs linguales liées à la pression du laryngoscope. Enfin, dans certains cas, sans que cela soit réellement prévisible avant l'intervention, les conditions anatomiques locales rendent impossible la mise en place du laryngoscope et l'intervention ne peut avoir lieu.

La visualisation fait appel soit à un microscope opératoire soit à des optiques grossissantes, l'avantage du microscope étant de libérer les deux mains du chirurgien.

Les gestes chirurgicaux eux-mêmes sont effectués à l'aide d'instruments spécifiques permettant les gestes élémentaires de toute chirurgie : écartement, décollement, préhension, section. Certains chirurgiens utilisent un laser CO₂ dont le rayon, coaxial à la visée du microscope permet de sectionner la muqueuse et de coaguler les micro-vaisseaux. Avec les lasers les plus récents, les effets thermiques non désirés (brûlure de la muqueuse autour de la zone de section) ont diminué notamment en raison de la diminution de la taille du faisceau, au point que, actuellement, il n'existe aucun argument documenté pour recommander une section en microchirurgie plutôt qu'une section par laser ou inversement (figure 7.2) (Remacle et coll., 1999 ; Benninger, 2000).

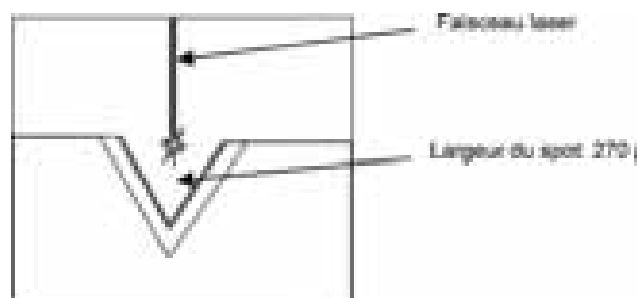


Figure 7.2 : Mode d'action du laser CO₂. Au centre, une zone de vaporisation cellulaire de 270 microns entourée d'une zone de carbonisation qui dépend de la puissance et de la durée du tir laser

Mesures associées

Le repos vocal post-opératoire ne fait l'objet d'aucun consensus. Il semble communément admis que 4 à 8 jours de repos vocal complet sont souhaitables. Cette période permet la mise au repos de la muqueuse cordale en cours de cicatrisation. Habituellement, il est recommandé au patient de ne pas chuchoter car aussitôt qu'il essaiera de communiquer en chuchotant dans le bruit ou à un minimum de distance, il mettra en jeu des mécanismes de forçage dont il aura le plus grand mal à se débarrasser ensuite.

Il n'existe aucun argument publié pour proposer au patient opéré un traitement complémentaire anti-infectieux ni anti-inflammatoire. Lorsque la suspicion clinique est forte, il peut être licite de proposer un traitement d'épreuve du reflux gastro-œsophagien.

L'arrêt du tabac chez le patient fumeur doit être évoqué avec lui ; il doit y être fortement incité et les mesures médicales pouvant l'aider doivent être mises en route. Il n'est cependant pas licite de refuser un traitement chirurgical à un patient qui n'entend pas arrêter de fumer. De même, l'arrêt du tabac simultanément au repos vocal risque d'entraîner une frustration extrêmement forte, elle-même susceptible de diminuer les chances de réussite du sevrage tabagique. Dans certains cas, il est préférable de dissocier dans le temps l'arrêt du tabac et l'intervention elle-même.

Chirurgie des nodules

Après la mise en place du laryngoscope, le premier temps de l'intervention consiste en une exploration visuelle et la palpation des cordes vocales. Il s'agit de confirmer le diagnostic et de repérer d'éventuelles lésions associées telles des sulcus. L'objectif est également de repérer la limite profonde de la lésion nodulaire du côté du ligament vocal.

Le geste chirurgical lui-même consiste à saisir le nodule avec une pince adaptée et à l'écarter du plan du ligament vocal en profondeur, de manière à pratiquer l'exérèse en tissu sain la plus économique possible. Certains chirurgiens pratiquent une infiltration de l'espace de Reinke de manière à réaliser une « hydro-dissection ». L'exérèse est réalisée indifféremment par microchirurgie (figure 7.3A) ou au laser suivant les habitudes de l'opérateur (figure 7.3B).

Après exérèse, il n'est pas nécessaire de suturer les berges de l'exérèse. L'intervention ne saigne pratiquement pas. La pièce d'exérèse est systématiquement adressée en laboratoire d'histologie pour analyse. Au réveil, le patient ne souffre en général pas du tout et il lui est recommandé d'observer un repos vocal absolu jusqu'à la consultation post-opératoire de contrôle aux alentours du 7^e jour. Lors de sa sortie, aucun traitement médical systématique n'est prescrit.

La rééducation orthophonique peut être reprise dès que la cicatrisation a été vérifiée lors de la consultation post-opératoire. Le nombre de séances nécessaire est l'objet d'une décision collégiale entre le chirurgien et l'orthophoniste, associant également le patient lui-même.

La reprise du travail ne doit pas être trop précoce car les efforts vocaux survenant sur des cordes vocales insuffisamment cicatrisées sont susceptibles d'entraîner des difficultés vocales durables et dans certains cas, la récurrence des lésions. En pratique, il est conseillé de prévoir 5 à 7 semaines d'arrêt de travail après la date de l'intervention.

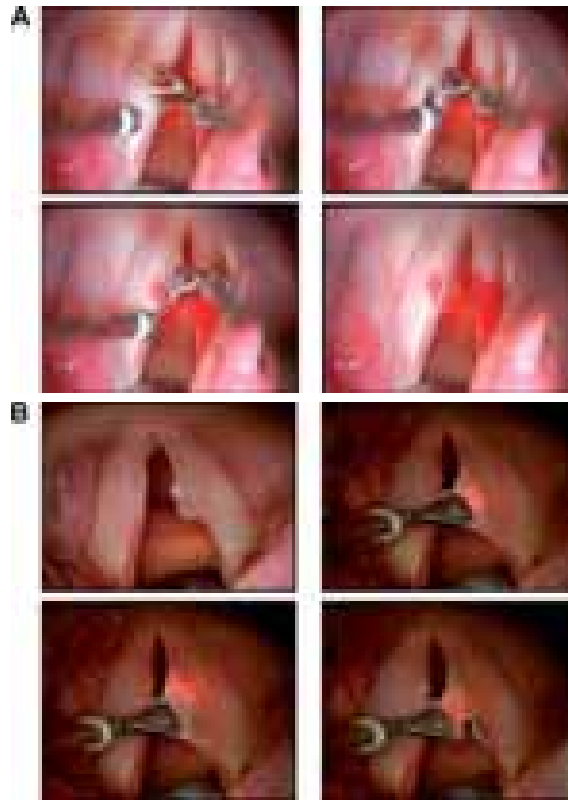


Figure 7.3 : Exérèse en microchirurgie d'une lésion nodulaire (A) et exérèse au laser d'une lésion polypoïde (B)

Chirurgie des polypes

Les principales règles à observer sont les mêmes que pour les nodules. La lésion est cependant souvent beaucoup plus volumineuse et son caractère angiomateux peut la rendre hémorragique lors de la section. C'est la raison pour laquelle certains opérateurs réservent la chirurgie au laser à ces cas plus hémorragiques (figure 7.3B).

Les suites sont approximativement les mêmes mais les délais de cicatrisation, et donc de reprise vocale, peuvent dans certains cas être raccourcis. Cependant, il s'agit d'une cicatrisation muqueuse qui obéit à un cycle d'environ trois semaines qui semblent être le minimum de ce que l'on peut raisonnablement proposer comme durée d'arrêt de travail.

Chirurgie de l'œdème de Reinke

Les œdèmes sont parfois très proches des polypes du point de vue de leur aspect et de leur consistance. L'exérèse en est alors réalisée selon les mêmes

règles. Dans d'autres cas, ils sont plus « fluides » et il est possible d'aspirer cet œdème après avoir réalisé une section longitudinale de la muqueuse au niveau de sa face supérieure (figure 7.4).

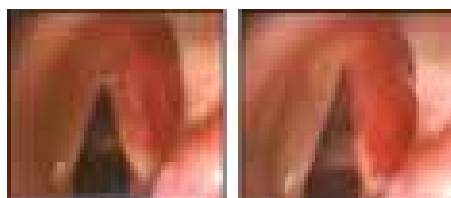


Figure 7.4 : Exérèse d'un œdème de Reinke

Les suites après chirurgie de l'œdème de Reinke sont les plus longues observées en microphonochirurgie du fait de l'importance du geste chirurgical réalisé à l'échelle des cordes vocales. C'est en effet la totalité de l'espace de Reinke, le plus souvent des deux côtés, qui a été décollé et traumatisé par l'aspiration et le geste chirurgical. La durée de la cicatrisation est donc longue et le patient devra être prévenu que l'amélioration de la voix ne doit pas être attendue avant 6 à 8 semaines et que, en attendant, la voix sera assez souvent très altérée. Les modalités de la rééducation orthophonique et de l'arrêt de travail doivent tenir compte de cette durée de cicatrisation.

Granulomes

Les granulomes de l'apophyse vocale sont la plupart du temps traités par exérèse laser et certains chirurgiens utilisent en fin d'intervention un procédé complémentaire d'attouchement avec de la mitomycine ou d'infiltration de cortisone *in situ* de manière à retarder la récurrence parfois extrêmement rapide.

Les indications chirurgicales en cas de granulome doivent être posées avec beaucoup de prudence car les récurrences sont parfois extrêmement rapides et parfois plus volumineuses que la lésion initiale. En cas de lésion « de première main », le recours à la chirurgie peut être inspiré par la nécessité d'obtenir une certitude histologique. En cas de récurrence, les indications doivent être encore plus parcimonieuses et faire une part importante au traitement d'épreuve du reflux gastro-œsophagien et à la rééducation orthophonique lorsque le bilan confirme l'existence d'un forçage important.

Conséquences vocales des traitements des affections laryngées

200 Certaines pathologies vocales n'ont pas de rapport direct avec la profession d'enseignant mais leur prise en charge médicale est susceptible d'entraîner

des difficultés vocales plus importantes chez eux. Nous présentons ici quelques une d'entre elles.

Lésions congénitales

Certains patients présentent, au niveau des cordes vocales, des sillons (ou sulcus) qui correspondent à une absence localisée de tissu sous-muqueux, un peu à la manière d'une vergeture cutanée. Lors de la phonation, cette perte de substance localisée entraîne une fuite d'air glottique. Les bords et le fond de ces lésions peuvent être rigides et entraîner une aggravation des difficultés vibratoires en phonation. Ces lésions sont très proches des kystes épidermiques des cordes vocales dont elles partagent sans doute la nature congénitale. Ces lésions peuvent être responsables de dysphonie importante caractérisée par une voix faible et soufflée.

Le traitement microchirurgical des sulcus est techniquement difficile car le principe est de décoller la muqueuse du ligament vocal à l'endroit précis où se trouve l'adhérence. Surtout, les suites sont particulièrement difficiles avec une dysphonie post-opératoire durable et des résultats vocaux toujours très inférieurs à une voix normale. Pour ces raisons, le traitement chirurgical est le plus souvent réservé aux formes les plus sévères mais ce type de situation est rarement rencontré chez l'enseignant.

On rencontre en réalité plus souvent, lors de l'examen des cordes vocales sous anesthésie générale ou lors d'une intervention pour nodule ou polype, des sulcus qui étaient passés inaperçus lors des examens phoniatriques. La responsabilité de ces sulcus dans la genèse des nodules et polypes a été évoquée et il a été proposé de traiter chirurgicalement ces lésions lors de leur découverte. Cependant, le consensus actuel en phonochirurgie est plutôt de se limiter, en cas de découverte d'une telle lésion, à la constater et à la documenter puis d'envisager secondairement avec le patient une éventuelle chirurgie en fonction des résultats obtenus par le seul traitement des nodules.

Paralysies laryngées unilatérales

Les paralysies laryngées unilatérales peuvent survenir dans différents contextes pathologiques mais il faut signaler la particulière fréquence des paralysies consécutives à la réalisation d'une thyroïdectomie uni- ou bilatérale. En effet, les nerfs moteurs des cordes vocales cheminent dans le cou au contact de la glande et peuvent être blessés lors des interventions chirurgicales, entraînant une immobilité d'une corde vocale, et une voix faible et soufflée ne permet pas la reprise de l'activité d'enseignement.

La rééducation orthophonique est le plus souvent proposée pour essayer d'obtenir, malgré la paralysie, un accolement satisfaisant des cordes vocales. 201

Cependant, en cas d'échec, un repositionnement de la corde vocale paralysée par voie chirurgicale, le plus souvent endoscopique, peut être proposé. Cependant, excepté dans des cas spécialement favorables, le résultat vocal reste toujours un peu insuffisant pour reprendre une charge d'enseignement normale.

Propositions

Les difficultés vocales chez l'enseignant nécessitent le plus souvent un repos vocal, aussi bien en phase aiguë qu'après microchirurgie. Sur le plan administratif, l'arrêt de travail est imposé par ce repos vocal mais il est certain que les capacités de travail intellectuel ne sont pas modifiées et il pourrait donc être envisagé pour l'enseignant des modalités intermédiaires entre le travail habituel et l'arrêt complet, comme des tâches administratives, de documentation, de gestion de site Internet... qui ne nécessitent pas de charge vocale spécifique et qui pourraient éviter à l'enseignant la coupure brutale avec son travail et ses élèves.

En conclusion, chez l'enseignant le traitement chirurgical est le plus souvent assorti d'un arrêt de travail avec arrêt de l'activité vocale pendant au moins 3 à 6 semaines en fonction du geste chirurgical effectué. La reprise de l'activité vocale professionnelle à temps complet ne peut intervenir qu'après un bilan de la qualité de la voix et de ses possibilités car il existe un risque sévère de rechute en cas de reprise trop précoce avant la guérison complète des cordes vocales. Dans certains cas, si cela est possible sur le plan professionnel, il est proposé une reprise de l'activité d'enseignement proprement dite à temps partiel.

BIBLIOGRAPHIE

- BENNINGER MS. Microdissection or microspot CO2 laser for limited vocal fold benign lesions: a prospective randomized trial. *Laryngoscope* 2000, **110** : 1-17
- BOOK DT, RHEE JS, TOOHILL RJ, SMITH TL. Perspectives in Laryngopharyngeal reflux: an international survey. *Laryngoscope* 2002, **212** : 1019-1024
- BOUCHAYER M, CORNUT G. Microsurgical treatment of benign vocal fold lesions: indications techniques and results. *Folia Phoniatr* 1992, **44** : 155-184
- CONSENSUS CONFERENCE. Gastroesophageal reflux in adults: diagnosis and treatment. *Gastroenterol Clin Biol* 1999, **23** : 56-65
- COUREY MS, STONE RE, GARDNER GM. Endoscopic vocal fold microflap: a three year experience. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1995, **104** : 267-273

- GIOVANNI A, REMACLE M, ROBERT D. Phonochirurgie des tumeurs bénignes des cordes vocales. Collection Techniques chirurgicales - Tête et Cou, Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS, Encycl Medi Chir, Paris, 2000 : 824p
- GUERRIER B, GIOVANNI A, REMACLE M. Pathologie de la corde vocale. Éditions de la Société Française d'ORL et Chirurgie Cervico-faciale, 2004
- KOUFMAN JA. The otolaryngologic manifestations of gastroesophageal reflux disease (GERD). *Laryngoscope* 1991, **53** : 1-18
- MOREN F, NEWHOUSE MT, DOLOVICH MB, NEWMAN SP. Aerosols in medicine: Principles, diagnosis and therapy. Elsevier Science Ltd, Paris, 1993 : 336p
- REMACLE M, LAWSON G, WATELET JB. Carbon dioxide laser microsurgery of benign vocal fold lesions: indications, techniques and results in 251 patients. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999, **108** : 156-164
- REMACLE M, FRIEDRICH G, DIKKERS FG, DEJONG F. Phonosurgery of the vocal folds: a classification proposal. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2003, **260** : 1-6
- SATALOFF RT. Professional Voice. The Science and Art of Clinical Care. 2nd edition. Singular Publishing Group, San Diego, 1997 : 1069p
- ZEITELS SM, CASIANO RR, GARDNER GM, HOGIKYAN ND. Management of common voice problems. Committee report. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2002, **126** : 333-348

8

Prise en charge rééducative

Les enseignants font partie des dix professions les plus exposées parmi les métiers qu'il est impossible d'exercer sans la voix : professeur d'aérobic, professeur de danse, instructeur militaire, responsable de dock, prêtre, annonceur d'aéroport, chanteurs et comédiens, téléphonistes, hommes d'affaires, avocats, juges, vendeurs sur les marchés... Sans oublier les acteurs de la sécurité civile pour lesquels la perte de la voix peut devenir dangereuse pour l'ensemble des personnes qu'ils contactent : infirmières, pompiers, agents de police (Martin, 2000).

Avec la perte de la voix, surgissent des risques de perte en cascades : perte de la communication, perte du travail et de l'insertion sociale (20 % d'arrêt maladie chez les enseignants contre 4 % dans les autres professions), perte financière, perte identitaire. « Quand la voix ne va plus, ce n'est pas seulement un organe qui est malade, c'est toute une vie qui bascule »¹². C'est en connaissant ces risques que l'on peut comprendre quels sont les enjeux d'une prise en charge vocale d'une personne dysphonique.

Ces enjeux appartiennent aux risques de la perte du travail et donc de l'insertion sociale, mais aussi et dans une large mesure aux aspects psychologiques. Le caractère de chaque individu se manifeste dans son comportement et donc, par l'intermédiaire de sa voix, dans sa communication verbale. On constate ainsi l'importance et l'impact que peuvent avoir les remarques faites sur la voix. Combien il est blessant de s'entendre dire « Ta voix ça ne va pas, elle m'écorche, c'est une horreur ! Parle plus fort, tu es pénible, à croire que tu ne sais pas ce que tu veux dire ! On dirait la voix d'un ogre qui meurt de faim !... »¹³. Remarques d'autant plus blessantes que cette voix ne correspond plus au caractère de la personne et qu'elle se sent impuissante à la retrouver.

La rééducation vocale va donc mobiliser des affects, parfois très simplement mais parfois puissamment, et qui surprennent alors le patient. Le thérapeute de la voix se doit de les connaître et de savoir y faire face et ainsi d'accompagner à son terme la récupération vocale dans cette traversée particulière.

12 et 13. Remarques de patients

Il y aura donc un travail mécanique lors de l'entraînement, conscient et volontaire. Ce sera le travail spécifique de la rééducation que de rendre ce travail conscient, attentif dans la dimension d'un geste proche des automatismes, intégré dans la dynamique du naturel d'une intention. La bascule de ce geste dans le naturel tient à la valeur que lui accorde le patient, à son impact non seulement sur son interlocuteur mais aussi l'effet que lui fait sa propre voix à lui-même. Cette voix pourra alors être utilisée dans la vie quotidienne, sans y penser, de façon automatique grâce au subconscient et aux jeux transférentiels.

C'est dire combien la rééducation vocale se doit d'être subtilement menée, d'autant plus quand la perte vocale est l'expression d'un malaise profond ou quand les enjeux sont importants.

Les encouragements et la confiance en un résultat à venir, prodigués par le thérapeute, sont des atouts majeurs. Les qualités que le rééducateur doit développer sont une grande patience, une ténacité et une écoute empathique, et sans doute la capacité à ne pas être troublé par la voix entendue, gardant confiance dans celle à venir. Les professeurs de chant ne sont pas des thérapeutes car la voix est trop importante pour eux. Ils seront d'un grand recours quand il convient d'équilibrer une voix, mais pas de la restaurer dans ce qui en est blessé, bien qu'ils nous aient appris l'essentiel : la voix est vitale. Ce que nous confirme toute personne ayant été aphone : la perte de la voix confine à la perte du dire ce qui dans notre monde de parlant équivaut à une mise à l'écart proche de la mort.

Prises en charge des symptômes vocaux et informations des enseignants

Les prises en charge des symptômes vocaux s'effectuent en général par des oto-rhino laryngologues (ORL), des phoniâtres et des orthophonistes qui sont des thérapeutes de la voix selon diverses orientations. Les ORL sont des médecins spécialisés ayant une formation essentiellement chirurgicale. Ils porteront un diagnostic étiologique et thérapeutique à visée organique.

Les phoniâtres sont pour la plupart ORL, ayant une formation complémentaire universitaire et clinique leur donnant une compétence pour toutes les pathologies de la voix, de la parole et de la communication ainsi que pour certains d'entre eux du langage parlé et écrit (Charpy, 1998 et 1999). Ils considèrent le patient dans sa globalité et sont capables d'articuler les facteurs organiques somatiques et plus particulièrement fonctionnels et psychologiques, (Paperman, 2002). Ils participent pour certains aux prises en charge rééducatives.

206 Les orthophonistes ont une formation spécifique (Bac+4), et sont des auxiliaires médicaux. Ils ne portent pas de diagnostic. Leur pratique est centrée

sur la rééducation pour laquelle ils reçoivent une formation spécifique lors de leurs études et en formation continue post-universitaire.

Une véritable prise en charge rééducative nécessite une maturité personnelle afin de respecter en priorité l'identité vocale et les exigences vocales du groupe social d'appartenance selon les principes psychiques des pulsions vocales et des principes de communication (Charpy, 2002). Cela nécessite des qualités d'écoute et d'empathie ainsi qu'une solide formation personnelle. Il s'agira donc d'effectuer une rééducation sur mesure, au rythme du sujet (Le Huche et Charpy, 2002) en respectant les indications diagnostiques et les orientations thérapeutiques médicamenteuses ou chirurgicales.

Les professeurs de chant ou les coaches prennent parfois en charge les troubles vocaux que peuvent rencontrer les enseignants. Il s'agit là non pas d'une thérapie mais d'une optimisation des possibilités vocales (Timmermans et coll., 2004). L'enseignement vise à améliorer un geste vocal dans un but esthétique, au rythme du groupe musical ou choral ou des exigences musicales d'une partition.

Gardeux-Zanotti (2002) pointe les dérives possibles de ces deux situations. Pour le professeur de chant, la voix est première, elle est sa préoccupation principale, le sujet risquant d'être « l'objet vocal » du professeur. Alors qu'en thérapie, le patient est au premier plan, le désordre vocal étant l'expression d'une souffrance dans un cadre général. Cette souffrance peut être l'objet d'interprétations diverses et parfois d'une psychothérapie « sauvage » c'est-à-dire d'interprétations sans l'accord du patient. Il faut donc rester vigilant lors d'une prise en charge thérapeutique vocale à bien respecter ces deux limites fondamentales sous peine de retentissement dramatique sinon dommageable.

Les informations prodiguées aux enseignants s'effectuent par l'intermédiaire des IUFM, des médecins du travail ou par des actions ponctuelles des spécialistes de la voix. Bien qu'elles soient de plus en plus nombreuses, elles restent encore trop rares. Les attentes des enseignants quant à cette formation vocale sont précisées par l'étude de Martin (2000). Parmi eux, 30 % attendent des informations générales et 28 % désirent apprendre à soigner leur voix. Un tiers des enseignants considèrent que leur voix interfère avec leur capacité à enseigner. Quatre vingt dix huit pour cent des enseignants sont persuadés du bienfait d'une formation vocale, d'autant que 60 % d'entre eux ont déjà eu des symptômes vocaux variés : fatigabilité, aphonie, perte de la voix forte, changement de tessiture, forçage (20 à 80 %) et le plus souvent sécheresse et fatigue. Ce surmenage est attribué pour 44 % à l'activité scolaire, 12 % au froid et 11 % au stress (Martin, 2000).

Grâce à l'étude des conséquences de ces formations, on a pu constater une amélioration vocale pour 58 % des participants. Cette amélioration restait stable pour 84 %. Ces bons résultats sont encourageants pour solliciter des formations en plus grand nombre.

Les recherches spécifiques vocales se multiplient depuis le début du XX^e siècle au travers de nombreuses sociétés savantes et des laboratoires de recherches en France, en Europe, aux États-Unis, en Australie, au Canada et au Japon.

Diagnostic et thérapie rééducative

Une thérapie rééducative se construit en fonction du diagnostic, de la situation personnelle, du contexte dans lequel se développe la dysphonie et de la problématique de la fonction vocale.

Projection vocale

La voix est non seulement produite mais aussi destinée à être entendue et avoir par l'intermédiaire de la parole une action sur l'interlocuteur. C'est ce qui est en œuvre lors de la projection vocale qui est un véritable acte projectif c'est-à-dire inscrit dans une intention d'agir.

Cela revient donc à poser le rôle de la voix dans la parole c'est-à-dire dans la relation d'un échange verbal et à définir la place de la projection vocale dans l'échange verbal. La parole étant un processus, elle participe à la dynamique psychique. Les grandes conceptions de la psychiatrie moderne permettent d'illustrer les fonctions psychiques de la voix qui la définissent comme fondateur d'une identité vocale.

Nous aborderons en premier les conditions de la projection vocale. L'interlocuteur, au premier plan, est tenu d'écouter sinon d'être intéressé. La voix est alerte ou active, d'intensité moyenne à forte. Ces conditions sont réunies préférentiellement dans les situations qui sont qualifiées de « situations de projection vocale » : celles d'informer, de poser une question, d'affirmer, de prendre part à une discussion intéressante mais également parler à un public, donner un ordre, appeler une personne ce qui fait appel alors à la voix forte. La voix de projection vocale ne nécessite pas forcément une forte intensité. La voix projetée n'est pas définie comme la voix forte ou d'appel, mais la voix adressée à un interlocuteur avec l'intention d'agir ou de partager une situation d'échange.

Dans cette situation de projection vocale est alors mise en jeu la dynamique de la projection vocale composée de quatre éléments principaux :

- la certitude d'efficacité de sa voix dans la situation donnée. Toute perte de la confiance d'efficacité vocale génère des compensations généralement du type de la voix d'insistance pour secourir la voix (premier pallier vers le forçage) ;

- la verticalité du corps : on doit distinguer l'axe du corps et la verticalité rachidienne ;
- l'orientation du regard ;
- la respiration abdominale, cette dernière étant fondamentale dans la production vocale.

Selon le niveau d'intention et la distance physique et psychique de son interlocuteur, on pourra définir plusieurs types de projection vocale. Les exercices rééducatifs se basent pour la plupart sur ces notions. Quand l'une de ces conditions est déviante, des mécanismes de compensation se mettent en place.

Le forçage est une compensation mal adaptée ou de mauvaise qualité. Généralement, quand la voix est nécessaire alors qu'elle vient à manquer, la personne « poussera » sur sa voix, insistera, ce qui est un mouvement naturellement adapté aux situations d'insistance, mais qui commence à être le premier stade du forçage voire du cercle vicieux du forçage quand la situation est celle d'une projection banale sans nécessité d'insister.

Différents types de lésion

Une thérapie rééducative se construit en fonction du diagnostic organique et/ou fonctionnel dans la mesure où la rééducation aura des traits spécifiques adaptés à la pathologie en cours.

Les principales lésions organiques auxquelles sont exposés les enseignants sont des lésions de forçage : nodules, polypes, œdèmes. Pour chaque lésion, la rééducation tiendra compte de son étiopathogénie (la cause de la pathologie est là, fonctionnelle le plus souvent), la rééducation n'étant pas tout à fait la même selon les lésions en cours.

La pathologie nodulaire est la conséquence d'un geste inadapté ou « forçage » dont les signes constitutifs sont une hypotonie laryngée avec affrontement cordal incomplet prédominant au tiers antérieur des plis vocaux, associée à une utilisation respiratoire démesurée. La réaction lésionnelle muqueuse à cette agression de type frottement de surface est une formation épithéliale pavimenteuse nommée communément nodule. La rééducation visera donc à réduire l'amplitude et le débit respiratoire tout en ajustant la tonicité cordale.

La pathologie polypoïde (si l'on peut réduire simplement sous cette appellation les multiples lésions cordales d'aspect œdémateux) est généralement due à une dynamique vocale associant une attaque vocale en force secondée d'un relâchement et associée à des respirations de type variable mais ayant toutes des tensions étagées ou associées cervico-scapulaires et/ou thoraco-dorsales. La rééducation sera alors orientée vers la réduction des tensions, un

apprentissage respiratoire afin d'égaliser les pressions phono-respiratoires lors de la vocalisation.

Les œdèmes constitués provoquent en réflexe par la présence de leur masse, un défaut d'affrontement ainsi qu'une mise en tension cordale qui a tendance à rester insuffisante par rapport au geste vocal engagé. Les multiples tensions et forçage qui s'y associent, renforcent la constitution de l'œdème et complètent le cercle vicieux étiopathogénique.

Les dysphonies d'origine fonctionnelle sans atteinte organique peuvent être qualifiées de dysfonctionnelles dans la mesure où la personne ne peut plus retrouver une dynamique vocale adaptée sans intervention extérieure qu'elle soit médicamenteuse ou rééducative. Elles se traduisent par des fatigabilités vocales, des changements de timbre ou des incapacités à la voix forte, voire des aphonies avec les conséquences que cela comporte sur l'activité professionnelle et personnelle.

Aphonies psychogènes et représentations psychiques de la voix

Une place particulière doit être réservée aux aphonies psychogènes en raison du cadre de leur survenue et de leur prise en charge spécifique.

Pour mieux comprendre cette spécificité ainsi que celles de toute rééducation vocale, il est important de connaître les représentations psychiques de la projection vocale. Les stades de développement psychique de la voix ont été abordés par les plus grands fondateurs de la psychologie et de la psychiatrie et sont encore actuellement élaborés et théorisés.

La voix est le premier lien primaire, archaïque, pulsionnel avant la parole. Elle apparaît cependant après les mimiques faciales qui sont innées et la respiration qui bien sûr est automatique et vitale. Mais pour la voix, il ne suffit pas d'avoir tout ce qu'il faut pour voiser et parler, faut-il encore apprendre socialement à l'utiliser.

La bouche et la langue sont les deux organes constitutifs du stade oral décrit par Freud¹⁴. Ils nous permettent d'avoir une expérience de l'interne et de l'externe, amorçant la notion de plaisir et les fondations des pulsions et leurs corollaires. La voix est pour le nourrisson aussi structurante et participe à sa construction psychique au même titre que la bouche et la langue. Elle est intriquée dès le premier cri ou la première vocalisation de la naissance au stade oral. La voix peut être considérée à ce stade au rang d'organe fondateur, autour et à travers lequel s'organise notre psychisme. La voix est donc une des expériences les plus archaïques de l'interne et de l'externe.

14. Alain Delbe relate les stades vocaux. Voir : Delbe A. Le stade vocal. Éditions L'Harmattan, Paris, 1995 : 186p

En développant les cris, en modulant les appels, le bébé « parle ». Avant la parole, la voix parle au travers des écholalies, des jeux de bruits en réponse dans laquelle la mère introjecte le sens, des pseudo-syllabations augurant de l'articulation à venir de l'échange verbal. La voix orientée vers un interlocuteur témoigne à elle seule d'une capacité à penser.

La perturbation du stade oral chez les autistes, selon la théorie psychanalytique, témoigne du forçage vocal avec hémme (raclement pharyngo-laryngé) fréquent ou encore des manifestations vocales si particulières des psychotiques dont la voix n'est plus source d'une différenciation mais d'une association à l'identique, toujours stupéfiante quand on entend la vocalisation non plus en imitation d'un mot mais d'une porte qui grince.

Selon Freud, le stade anal est en relation avec les « stratégies » de rétention et de régulation, de présence et d'absence. C'est une amorce d'autonomie vis-à-vis du monde extérieur ; le contrôle vocal n'échappe pas à ce stade et il est particulièrement manifeste lors des dysphonies des anorexiques par exemple. Lors du stade génital, les fantasmes et l'imaginaire se déploient en association à la « réalité » vocale. Les structures physiques et psychiques se complexifient en même temps que les sensations de puissance attachées à la voix.

Lacan, lors de ses séminaires, a apporté sa contribution à la compréhension de la voix comme objet de perte. Cette perte est particulièrement illustrée dans les musiques actuelles : la voix est détachée du corps du chanteur pour être mise, transformée, dans une cassette précieuse, elle est la quête du son du prochain disque (Poizat, 1986). La voix devient un objet de troc, mimée en play-back, prêtée en voix off et nommée en premier avant le nom du héros du dessin animé qu'elle double. Nous entrons certainement dans une autre ère de la voix et de la personnalité (Charpy, 2004).

Paul-Laurent Assoun (2001) apporte sa contribution par sa réflexion sur les croisements de la pulsion vocale « ce qui pousse à voiser ou à parler » avec la pulsion scopique « ce qui pousse à voir ». Être vu en parlant, dire et être écouté (le deuxième œil), ce qui dans la voix donne de la valeur à la parole (valeur sensori-dramatico-psychique de la hauteur, du timbre, de l'intensité).

La voix avant d'être entendue c'est-à-dire d'arriver dans l'oreille de celui qui écoute, passe par un espace réel physique vibratoire et un espace psychique, lieu transitionnel de ce qui s'organise dans l'objet référentiel de l'échange verbal (OREV) (Le Huche, 2002). Cet espace transitionnel a été décrit (sans être rapporté à la voix) par Winnicott (1986-1971) et peut être assimilé à ce qui est décrit dans la triangulation de la parole.

On pourrait ainsi décliner la voix selon les stades qu'elle traverse :

- amniotique ;
- maternante ;
- prosodique langagière pré-verbale ;
- rythmique de la parole paternelle ;

- timbrale, identitaire, personnelle et sociale.

Tous ces stades restant en strates sont présents chez tout individu et intégrés selon son histoire personnelle et familiale.

On retrouve naturellement des interactions entre les atteintes psychologiques et les altérations vocales organiques ou dysfonctionnelles. Ainsi, des tensions cervicales sont présentes chez tous les patients et les émotions modifient la respiration (Butcher, 1995). La sensation de vulnérabilité vocale est selon les cas une cause ou une conséquence des difficultés vocales (Goldman et coll., 1996).

Stress et voix

Le stress est un facteur récurrent et prédominant chez les enseignants. Une enquête auprès de 257 enseignants montre que 20 % considèrent leur métier comme très, voire extrêmement stressant (Butcher, 1995).

On retrouve quatre facteurs prédominants générant le stress :

- la démotivation scolaire de leurs élèves ;
- la détérioration des conditions de travail ;
- l'augmentation des pressions temporelles ;
- le manque de soutien de l'école (Kyriacou et Sutcliffe, 1978).

Les hauts niveaux de stress sont répertoriés par Butcher (1995). Il s'agit principalement des conflits relationnels interpersonnels : les anxiétés familiales ou les conflits de couple, une perte de l'estime de soi et un sentiment d'incapacité, le fardeau de responsabilités associé au sentiment de manquer d'aide dans son milieu professionnel, la survenue d'un ou plusieurs événements difficiles à vivre, ainsi que la difficulté à dire leurs sentiments et leurs opinions (véritable « conflit de paroles »). Le thérapeute doit le plus possible tenir compte de ces facteurs de stress qui sont particuliers pour les enseignants. Il doit veiller dans la mesure du possible à leur résolution.

Les conséquences du stress sur l'expressivité émotionnelle ont été étudiées par Laukkanen et coll. (1996). L'expression vocale des émotions et l'action du stress agissent simultanément sur la fréquence fondamentale F0, la pression intra-orale et la colonne d'air. La fréquence fondamentale F0 et la pression laryngée SPL (*Sound Pressure Level*) reflètent des composantes psychophysiologiques et changent selon le type de stress et les conditions d'émotion (neutre, surprise, triste, enthousiaste, colère). La colonne d'air semble plus indépendante de F0 et de SPL.

Laukanen et coll. (1996) proposent un modèle de « réactions psychologiques en cascade » constitué de trois phases :

- phase 1 : « L'impasse » souvent associée à des problèmes sociaux et économiques ;
- phase 2 : « Le trou » avec l'abandon du combat et l'acceptation du désordre vocal (chronicité) ;
- phase 3 : « L'espoir » d'un changement et la guérison.

Ainsi, les stratégies de la rééducation vont tenir compte : du niveau de conscience du patient des trois phases du modèle en cascade, de sa dépendance (peut-il agir par lui-même ou coopérer, quelle est sa ténacité ou sa flexibilité, sa coopération ?), de sa capacité d'extériorisation (les causes et les solutions sont-elles sous son contrôle ?).

Les facteurs de chronicité associent des facteurs socioéconomiques et psychologiques. Pour ce qui est des facteurs socioéconomiques, il s'agit des pressions de l'employeur, des frustrations par manque d'efficacité, d'une perte financière ou encore des pressions des assurances et du corps médical pour un retour au travail (consultations d'autres médecins ou encore d'avocats). Les facteurs psychologiques sont classiquement l'anxiété, la peur ou carrément la terreur d'échouer, l'épuisement et l'isolement, la dépression.

La rééducation doit donc s'adapter à la situation personnelle de l'enseignant et au contexte de dysphonie (maternelle, collège, université, locaux bruyants, élèves turbulents...).

Parmi les professionnels de la voix, les enseignants sont majoritaires. Pour Jonsdottir et coll. (2001a), ce ne serait pas l'intensité vocale qui serait en cause mais les conditions de travail :

- interlocuteurs plus ou moins attentifs voire bienveillants ;
- salles très longues, mal sonorisées ;
- effet négatif de la dysphonie sur l'impact du message transmis.

En raison de l'effet Lombard, l'intensité vocale augmente de 3 dB quand le bruit ambiant s'élève de 10 dB simultanément à l'augmentation de la fréquence fondamentale et de la pression laryngée. Des aides immédiates peuvent être proposées comme l'amplification vocale particulièrement efficace.

Il existe plusieurs procédés d'amplification vocale. Le premier est naturel, directement utilisé lors de la rééducation. Il consiste à placer ses mains en chambre d'écho ce qui permet d'entendre plus subtilement sa propre voix et donc d'en renforcer le contrôle audio-phonatoire. On peut en même temps demander au patient de varier l'intensité et la hauteur vocale pour un interlocuteur imaginaire situé à une distance réelle.

Le procédé d'amplification instrumental est destiné à l'interlocuteur avec ou sans retour pour le phonateur. Son usage immédiat, dès l'apparition de la dysphonie de l'enseignant, est une très bonne alternative en attente d'un traitement des problèmes vocaux (Jonsdottir et coll., 2001a, 2002 et 2003). Le *Chater Vox* système (McCormick et Roy, 2002) permet une réduction du niveau de pression vocale (*sound pressure level*) mesurée à la bouche de

6,03 dB alors qu'en fond de classe on constate une augmentation de 2,55 dB du niveau d'audition.

Les études comparatives entre amplification vocale (*Vocal Amplifier* : VA) versus rééducation (*Resonance Therapy* : RT) et entraînement respiratoire (*Respiratory Muscle Training* : RMT) (Roy et coll., 2002 et 2003) prouvent clairement l'utilité clinique de l'utilisation d'une aide par amplification vocale lors de la dysphonie d'un enseignant. En effet, la voix parlée et la voix chantée sont plus claires. On constate une amélioration de la voix d'intensité forte et surtout de meilleures possibilités en faibles intensités ce qui est un critère de maîtrise vocale (Jonsdottir et coll., 2003). Il y a ainsi plus d'aisance à la production vocale : stabilité de la fréquence fondamentale F0, diminution de la pression laryngée SPL et diminution de la nasalité (Jonsdottir et coll., 2001b). Le soulagement rapide du patient, bien que partiel, l'amène à une meilleure participation au programme thérapeutique ce qui est une aide précieuse pour le rééducateur.

Orientation thérapeutique de la prise en charge vocale

Les objectifs de la rééducation vocale seront donc bien différents selon qu'il s'agit d'une prise en charge pré- ou post-opératoire d'une dysphonie dysfonctionnelle isolée, pour laquelle on envisage d'emblée une thérapie rééducative courte ou longue. Une dysphonie dysfonctionnelle associée à une laryngopathie pour laquelle la rééducation s'inscrit au sein d'un protocole thérapeutique médicamenteux et/ou chirurgical (Heuillet-Martin et coll., 1992).

Pour la prise en charge des dysphonies psychogènes, il faut adapter l'orientation thérapeutique selon l'importance de l'atteinte (Butcher, 1995 ; Baker, 2002 et 2003) :

- psychologique (psychanalytique) lors de traumatismes récents ou expériences refoulées, et comportementale lors de gestion du stress ;
- psychiatrique si association à des pathologies psychiatriques lourdes (5 % d'hystérie) ;
- mécanique lors des perturbations vocales dues à des tensions cervicales et laryngées ou à des perturbations respiratoires isolées.

L'évaluation de l'atteinte dysphonique permet de guider le programme thérapeutique qui sera défini avec le patient. L'élaboration du programme thérapeutique se réfère à quelques concepts généraux : éducation du patient, présentation d'une hygiène vocale avec réduction des excès vocaux, accord commun des buts et des attentes, capacité du patient à apprécier les changements vocaux, présentation de la technique thérapeutique par le rééducateur (Casper et Murry, 2000). Les informations et les conseils donnés au patient

des conditions de travail dues à l'environnement font partie du premier temps thérapeutique.

Les informations et conseils sont essentiellement fondés sur : un programme de repos vocal (Prater et Swift, 1984) et d'hygiène vocale (Wilson, 1987) ; l'éducation du patient (Aronson, 1985) et l'exposition du problème (Olsen, 1972) ; l'analyse hiérarchique (Wolpe, 1973 ; Boone, 1983) ; la réassurance (Green et Mathieson, 1989) et les conseils (Aronson, 1985 ; Brumfit, 1986) ; l'élimination des facteurs irritants laryngés (Greene et Mathieson, 1989) ; la vigilance quant à l'environnement (Prater et Swift, 1984) ; l'élimination des abus de mauvaises utilisations (Boone, 1982 ; Johnson, 1985) ; le journal des abus vocaux (Prater et Swift, 1984).

Les thérapeutes vont évaluer la voix de leur patient (Behrman, 2005) en se servant des outils suivants :

- l'échelle GRBAS (grade, raucité, souffle, asthénie, serrage) avec laquelle ils apprécient la qualité vocale grâce à l'étude de la posture ;
- l'appréciation de la capacité du patient à modifier sa production vocale ;
- l'auto-appréciation de sa voix par le patient ;
- la relation du sujet à sa propre voix est capitale car elle témoigne de l'intégration de la voix à son identité, de la correspondance de la voix à son caractère. Ce qui nous fait dire « c'est ma voix », essentiel pour se sentir être en tant qu'entité pensante, vivante et parlant en son nom. Il faut souligner que ces éléments ne sont dissociés que dans le cadre d'une étude ou dans l'expression d'une pathologie alors qu'habituellement on ne penserait même pas à les séparer. Ainsi à la question : « Comment trouvez-vous votre voix, vous plaît-elle comme elle est ? », les réponses seront d'ordre personnel. Tandis qu'à la question : « Qu'en pense votre entourage, vous fait-on des remarques ? », les réponses nous renseigneront sur les relations sociales ou collectives attribuées à la voix. Par exemple, celles que l'on retrouve communément dans les expressions qualifiant la voix de « voix d'ange » ou de « voix de crapaud ».

Les mesures acoustiques servent principalement à renforcer l'auto-appréciation du patient et lui permettent d'apprécier l'évolution, le rassurer et l'encourager. Ces enregistrements sonores servent également à prouver l'état de la voix et constituent des documents médicolégaux.

L'examen stroboscopique apporte des renseignements cruciaux pour le thérapeute en confirmant le diagnostic et en visualisant le geste des cordes vocales. Il sert également de support visuel contribuant à la compréhension de la dysphonie pour le patient.

L'examen du comportement phonatoire est un des temps cruciaux de l'examen clinique d'un dysphonique. C'est le temps de l'analyse des signes de forçage : serrages, tensions ou hypotonies de tous ordres qui s'observent au niveau des régions bucco-pharyngées et laryngées, étude de la posture, projection du menton vers l'avant, perte de la verticalité, dissociation de la synchronisation phono-respiratoire.

Le mot « forçage » est un terme horticole qui signifie d'après le dictionnaire Larousse « hâter la croissance ». Il est utilisé quotidiennement dans sa métonymie de force. Celle qui passe outre les lois de la nature ou des forces en jeu habituellement utilisées. La voix résulte d'un équilibre de forces dans un système plurifonctionnel à marges de contraintes réduites. La voix se construit grâce au fonctionnement conjoint de plusieurs systèmes : vibreur cordal au sein du pharyngo-larynx, système respiratoire, corps vibrant et postural et psycho-dynamique de l'intention. C'est ainsi que chacun de ces systèmes pourra être « forcé » et contribuer à la dysphonie.

Le travail de pose de voix s'articule autour de deux axes dynamiques : d'une part la dynamique laryngo-pharyngo-buccale qui régit la pression cordale vibratoire ainsi que la mise en jeu articulaire introduisant la voix dans la parole (margelle laryngée, langue, voile du palais, constricteurs du pharynx), et d'autre part la dynamique respiratoire pour laquelle on doit distinguer deux phases : les temps fonctionnels respiratoires de la voix et les temps respiratoires de la respiration. Durant les premiers, l'inspiration pré-phonatoire est buccale passive et le temps expiratoire sur lequel est modulé le voisement est actif. Durant les temps respiratoires de la respiration qui nous oxygène, l'inspiration plutôt nasale est active sous la commande active et motrice du diaphragme et l'expiration est passive. La pose de la voix tient compte du souffle respiratoire et de sa mise en jeu lors de la phonation. Le travail de pose de voix tient donc compte de la dynamique corporelle générale : laryngo-pharyngo-buccale, lieu de la vibration, de la mise en pression et de la mise en articulation.

Il s'agit ici des deux pôles principaux : triangle de tension supérieur (cervico-thoracique) et triangle de tension inférieur (sacro-abdominale) qui seront particulièrement concernés lors du forçage vocal. Le recours à la relaxation est bien souvent nécessaire pour réguler et rééquilibrer ces tensions lorsqu'elles sont fixées. Elle est quasiment incontournable lors des atteintes chroniques.

Le travail de la voix chantée en rééducation est un bon tremplin vers la voix parlée. La voix chantée permet de travailler plus facilement la stabilité de la vocalisation ainsi que les formes intonatives discrètes ou déroulées et les espaces larges dans lesquels la voix chantée se déploie habituellement et où l'interlocuteur est indirectement convié. Ce travail permet d'aborder avec souplesse ce qui est plus constitutif de la voix parlée : soit la labilité des voyelles entrecoupées de consonnes, l'intonation du phrasé qui s'associe obligatoirement à une intention, à une émotion. L'espace est alors canalisé vers un interlocuteur défini à une distance particulière. Le travail projectif inscrit dans l'échange verbal est alors pleinement mis au travail.

On abordera les conditions de la projection vocale, ses situations et sa dynamique, ainsi que ce qui détermine les différents styles de voix liée à l'intention : voix de réflexion et voix confidentielle, voix de projection

vocale (contenant la parole spontanée ainsi que la parole préparée), la voix d'opposition, d'insistance et de détresse.

Les axes principaux de la rééducation vocale peuvent être résumés selon les domaines suivants (Heuillet-Martin, 1992 ; Dejonckere et Lebacqz, 2001 ; Giovanni et coll., 2004) :

- respiration ;
- relaxation ;
- équilibre postural ;
- position laryngée, massages vocaux et manipulations laryngées ;
- articulation et résonateurs ;
- contrôle audio-phonatoire (effet Lombard-Tarneau) ;
- pose de la voix et projection vocale.

Mise en œuvre du programme thérapeutique

La mise en œuvre du programme thérapeutique peut reposer sur les thérapies holistiques ou sur les thérapies fragmentaires.

Selon un protocole précis, les thérapies unifient le geste vocal à sa dynamique communicationnelle abordant tour à tour puis ensemble la respiration, l'attitude et le geste vocal, sa dynamique psychoaffective intégrée au sein de la parole dans la relation d'un échange verbal ce qui est le plus souhaitable dans la prise en charge vocale des enseignants.

Les thérapies généralistes ou holistiques regroupent :

- la voix de projection vocale et l'intention (Cornut, 1984 ; Le Huche et Charpy, 2002) ;
- la méthode d'accentuation définie par l'imitation du thérapeute associant la voix à des mouvements rythmiques et expressifs de la main et du corps avec une augmentation progressive d'un contenu émotionnel complexe (Smith et Thyme, 1976 ; Bassiouny, 1998) ;
- la phonation dans un tube (Amy de la Brétèque, 1995 ; Laukkanen et coll., 1995) ;
- la méthode Alexander ou Feldenkrais ;
- le jeu de rôle et d'habileté en communication verbale (Rustin, 1995).

Thérapies fragmentaires

De multiples entraînements rééducatifs sont également proposés, ciblant de façon fragmentaire les différents composants de la voix en les considérant sur un plan mécaniste ou isolément fonctionnel. Ils sont utilisés comme des exercices facilitants. Les traitements directs, c'est-à-dire agissant sur le patient lui-même (et non sur son environnement) sont présentés dans le tableau 8.I.

Tableau 8.I : Traitements directs

Traitements	Références
Entraînement de l'écoute	Boone, 1983 ; Fawcus, 1986
Relaxations spécifiques	Jacobsen, 1934 ; Martin, 1987 ; Goldman et coll., 1996 ; Le Huche, 2002
Respiration diaphragmatique	Greene, 1980 ; Martin, 1987
Coordination phono-respiratoire	Martin, 1987
La voix confidentielle	Casper et Murry, 2000
La voix résonnante	Verdolini et coll., 1995
Techniques respiratoires ou phonation inspiratoire	Le Huche, 2002
Modification de la hauteur vocale en <i>feedback</i> instantané	Laukkanen, 1994

Les traitements focalisés s'attachent à des éléments isolés de la production vocale (tableau 8.II).

Tableau 8.II : Traitements focalisés

Traitements	Références
Gestion de la hauteur et des intensités	Prater et Swift, 1984
Élimination des attaques dures et optimisation de la hauteur	Cooper, 1973 ; Moncur et Brackett, 1974 ; Boone, 1983 ; Martin, 1987
Placement vocal	Perkins, 1981 ; Boone, 1983
Optimisation des résonateurs	Zailouk, 1963 ; Fawcus, 1986
Différentes techniques rééducatives	Carding et Horsley, 1992
<i>Easy phonatory onset</i> : soupir et bâillement	Boone, 1982
Méthode du mâchonnement (<i>shewing method</i>)	Froeschels, 1952
Positions linguales	Fisher, 1975 ; Boone, 1983
Massages et manipulations laryngées	Morrison et Ramage, 1994 ; Aronson, 1995
Échauffement vocal	Stemple et coll., 1994

Les exercices facilitants sont diversement utilisés par les thérapeutes : bourdonnements (77 %) ; manipulations laryngées (60 %) ; vibrations labiales (60 %) ; soupirs voisés (52 %) ; indications de détentes (38 %) ; modifications posturales (37 %) ; repositionnement lingual (33 %) ; respiration pré-phonatoire et phonatoire (25 %) ; résistance au flux d'air (23 %) ; parler léger (13 %) ; vocalise (8 %) ; surarticulation (6 %) (Behrman, 2005).

Les durées de la rééducation sont estimées de façon concordante quelque soit les modalités thérapeutiques : 90 % des réponses oscillent entre 2 à 12/16 séances d'une heure, soit 1 à 2 séances d'une demi-heure par semaine (rarement 3) pendant environ 6 mois.

La rééducation est parfois plus longue, notamment lors d'atteinte chronique et peut alors se poursuivre pendant 2 ans voire plus (McCrory, 2001).

Évaluation des techniques thérapeutiques

Les effets de la thérapie sont estimés en tenant compte de l'ancienneté de l'atteinte, de la motivation du patient et de sa façon de comprendre et d'apprendre qui tiennent à sa réceptivité et à son caractère (visuel, auditif, affectif) (Martin, 2000).

On inclut bien sûr les problèmes associés à la pathologie vocale (psychologiques ou sociaux).

Les trois critères de résolution de la dysphonie sont les suivants :

- la voix doit être présente à tout moment et en toutes circonstances de la vie permettant de faire ce qui est habituel avec la voix : parler de doux à fort, crier, appeler, chanter ;
- la fatigabilité vocale doit être occasionnelle et être rapidement et spontanément résolutive ;
- la voix doit permettre de se faire comprendre sur les plans syntaxique, sémantique et pragmatique : la voix témoigne du sentiment éprouvé grâce à la prosodie qu'elle confère à la parole.

Une étude portant sur les résultats thérapeutiques des traitements rééducatifs des nodules objective l'apport positif sinon curatif de la prise en charge rééducative (McCrory, 2001).

Cette évaluation effectuée par des ORL porte sur 85 % des patients présentant des nodules bilatéraux (dont 15 % unilatéraux, 12 % chroniques et 19 % récents). Grâce à la rééducation, 70 % des patients atteints de nodules n'ont pas nécessité une intervention chirurgicale.

L'analyse par perception auditive de l'altération vocale selon le GRBAS, confirme que sur les 80 % d'atteinte modérée à sévère en pré-traitement, 90 % récupéraient une voix normale à modérée en post-traitement.

Les patients qui désignaient leur atteinte vocale pour 70 % d'atteinte modérée à sévère en pré-traitement étaient 80 % à considérer après traitement leur voix comme étant normale ou avec une atteinte modérée.

L'évaluation de l'efficacité thérapeutique des techniques rééducatives se fonde sur de multiples études utilisant la confrontation des résultats de différents examens tels que le GRBAS, le phonétogramme, la laryngostroboscopie, les données acoustiques et aérodynamiques, l'autoévaluation du handicap, les tests d'écoutes.

Les méthodes utilisées pour évaluer l'efficacité des thérapeutiques sont :

- groupe témoin ou groupe placebo *versus* groupes avec traitements rééducatifs (Stemple et coll., 1994) ;
- autoévaluation du handicap (VHI, EVA ou échelle visuelle analogique de 3 questions, DSI ou *Dysphonia Severity Index*) ;
- tests d'écoutes (jury naïf et d'experts) ;
- spectre moyen à long terme (LTAS ou *Long Stage Average Spectrum*) (Kitzing et Akerlund, 1993) ;
- endoscopie et stroboscopies ;
- études acoustiques et aérodynamiques, GRBAS ;
- temps maximum de phonation (TMP) et test S/Z (remis en cause par Tréole et Trudeau, 1997) ;
- voyelles tenues, lecture ou parole spontanée (Fex et coll., 1994) ;
- phonétogramme (Dejonckere et coll., 2003 ; Speyer et coll., 2002, 2003, 2004a et b).

Ces évaluations confirment toutes l'intérêt de la rééducation vocale lors d'atteintes symptomatiques, fonctionnelles et/ou organiques de la voix dues aux mécanismes de forçage.

Ainsi, l'efficacité thérapeutique de la rééducation a été largement prouvée ces dernières années par de multiples études de cas (Rossiter et coll., 1995), randomisées (MacKensie et coll., 2001 ; Roy et coll., 2001), contre groupe placebo (Stemple et coll., 1994), ou encore multicentriques (Speyer et coll., 2002). Les études internationales en Europe, aux États-Unis et au Japon ont largement contribué à confirmer cet intérêt. On ne peut qu'encourager sa mise en œuvre en étroite collaboration avec tous les intervenants professionnels de la voix.

En conclusion, bien qu'il y ait une volonté de la part de l'Éducation nationale de développer les formations vocales pour aider les enseignants à professer, ces formations restent très insuffisantes en nombre, pour la plupart optionnelles et limitées à 2 ou 3 heures pour toute une carrière. Un plan interprofessionnel engageant tous les acteurs concernés par la prise en charge vocale pourrait être envisagé.

Un travail d'élaboration entre psychologues, psychanalystes, psychiatres et phoniâtres permettrait d'associer une réflexion clinique à une théorisation de la voix qui fait actuellement défaut. Cette collaboration contribuerait à l'amélioration de la prise en charge des dysphoniques.

BIBLIOGRAPHIE

- 220 AMY DE LA BRETEQUE B. Rehabilitation of disorders of the breaking of voice.
Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord) 1995, **116** : 271-272

- ARONSON A. Clinical Voice Disorders, 2nd ed. Thième, New York, 1985
- ASSOUN PL. Le regard et la voix. Leçons de psychanalyse, 2^e éd. Anthropos/Economica, Paris, 2001
- BAKER J. Psychogenic voice disorders--heroes or hysterics? A brief overview with questions and discussion. *Logoped Phoniatr Vocol* 2002, **27** : 84-91
- BAKER J. Psychogenic voice disorders and traumatic stress experience: a discussion paper with two case reports. *J Voice* 2003, **17** : 308-318
- BASSIOUNY S. Efficacy of the accent method of voice therapy. *Folia Phoniatr Logop* 1998, **50** : 146-164
- BEHRMAN A. Common practices of voice therapists in the evaluation of patients. *J Voice* 2005, **19** : 454-469
- BOONE D. The Boone Voice Programme for adults. CC Publications, Oregon, 1982
- BOONE D. Voice and voice therapy, 3rd ed. Prentice hall, London, 1983
- BUTCHER P. Psychological processes in psychogenic voice disorder. *Eur J Disord Commun* 1995, **30** : 467-474
- CARDING PN, HORSLEY IA. An evaluation study of voice therapy in non-organic dysphonia. *Eur J Disord Commun* 1992, **27** : 137-158
- CASPER JK, MURRY T. Voice therapy methods in dysphonia. *Otolaryngol Clin North Am* 2000, **33** : 983-1002
- CHARPY N. La phoniatrie à la fin du XX^{ème} siècle. *La lettre d'ORL*, 1998
- CHARPY N. Profil de la phoniatrie à la fin du 20^{ème} siècle en France. *Bulletin d'audiophonologie* 1999, **15** : 381-391
- CHARPY N. Dynamique du langage parlé. *Revue de laryngologie*, 2002
- CHARPY N. Colloque « Voix et sexualité ». Paris, 2004
- COOPER M. Modern techniques in vocal rehabilitation. Charles C. Thomas, Springfield, IL, 1973
- CORNUT G. Rehabilitation of dysphonia. *J Fr Otorhinolaryngol Audiophonol Chir Maxillofac* 1984, **33** : 443-452
- DEJONCKERE PH, LEBACQ J. Plasticity of voice quality: a prognostic factor for outcome of voice therapy? *J Voice* 2001, **15** : 251-256
- DEJONCKERE PH, VAN WIJCK I, SPEYER R. Efficacy of voice therapy assessed with the Voice Range Profile (Phonetogram). *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 2003, **124** : 285-289
- FAWCUS M. Voice disorders and their management. Croom Helm, London, 1986
- FEX B, FEX S, SHIROMOTO O, HIRANO M. Acoustic analysis of functional dysphonia: before and after voice therapy (accent method). *J Voice* 1994, **8** : 163-167
- FISHER HB. Improving voice and articulation, 2nd ed. Houghton-Mifflin, New-York, 1975

- FROESCHELS E. Chewing method as therapy. *Archives of Otolaryngology* 1952, **56** : 427-434
- GARDEUX-ZANOTTI V. The patient, his guides, his therapists. Role of the orthophonist. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 2002, **123** : 334-336
- GIOVANNI A, DUFLO S, ROBERT D. Principal techniques of rehabilitation. Referral to physiotherapy and speech therapy. *Rev Prat* 2004, **54** : 97-102
- GOLDMAN SL, HARGRAVE J, HOLMBERG E, GRESS C. Stress, anxiety, somatic complaints and voice use in women with vocal nodules: preliminary findings. *Am J Speech Lang Pathol* 1996, **5** : 44-54
- GREENE M. The voice and its disorders, 4th ed. Pitman Medical, Tunbridge Wells, 1980
- GREENE M, MATHIESON L. The voice and its disorders, 4th ed. Whurr Publishers, London, 1989
- HEUILLET-MARTIN G, DANOY MC, THOMASSIN JM. Vocal dysfunctions: bases for rehabilitation. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 1992, **113** : 313-317
- JACOBSEN E. You must relax. McGraw, New York, 1934
- JOHNSON TS. VARP – Voice Abuse Reduction Programme. Taylor & Francis, New York, 1985
- JONSDOTTIR V, RANTALA L, LAUKKANEN AM, VILKMAN E. Effects of sound amplification on teachers' speech while teaching. *Logoped Phoniatr Vocol* 2001a, **26** : 118-123
- JONSDOTTIR V, LAUKKANEN AM, ILOMAKI I, ROININEN H, ALASTALO-BORENIUS M, VILKMAN E. Effects of amplified and damped auditory feedback on vocal characteristics. *Logoped Phoniatr Vocol* 2001b, **26** : 76-81
- JONSDOTTIR V, LAUKKANEN AM, VILKMAN E. Changes in teachers' speech during a working day with and without electric sound amplification. *Folia Phoniatr Logop* 2002, **54** : 282-287
- JONSDOTTIR V, LAUKKANEN AM, SIIKKI I. Changes in teachers' voice quality during a working day with and without electric sound amplification. *Folia Phoniatr Logop* 2003, **55** : 267-280
- KITZING P, AKERLUND L. Long-time average spectrograms of dysphonic voices before and after therapy. *Folia Phoniatr (basel)* 1993, **45** : 53-61
- KYRIACOU C, SUTCLIFFE J. Teacher stress: prevalence, sources, and symptoms. *Br J Educ Psychol* 1978, **48** : 159-167
- LAUKKANEN AM. Artificial pitch changing in auditory feedback as a possible method in voice training and therapy. *Folia Phoniatr Logop* 1994, **46** : 86-96
- LAUKKANEN AM, LINDHOLM P, VILKMAN E. Phonation into a tube as a voice training method: acoustic and physiologic observations. *Folia Phoniatr Logop* 1995, **47** : 331-338
- LAUKKANEN AM, VILKMAM E, ALKU P, OKSANEN H. Physical variations related to stress and emotional state : a preliminary study. *J Phonetics* 1996, **24** : 313-335

LE HUCHE F. Pedagogy of inspiration. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 2002, **123** : 338-339

LE HUCHE F, CHARPY N. Echo reading and stuttering. *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 2002, **123** : 332-333

MACKENZIE K, MILLAR A, WILSON JA, SELLARS C, DEARY IJ. Is voice therapy an effective treatment for dysphonia? A randomised controlled trial. *Bmj* 2001, **323** : 658-661

MARTIN S. Working with dysphonics. Winslow Press, Oxon, 1987

MARTIN S. Voice care for the professional voice user, 3rd ed. In : Voice disorders and their management. FREEMAN M, FAWCUS M (eds). Whurr Publishers, London, 2000 : 283-300

MCCORMICK CA, ROY N. The ChatterVox portable voice amplifier: a means to vibration dose reduction? *J Voice* 2002, **16** : 502-508

MCCRORY E. Voice therapy outcomes in vocal fold nodules: a retrospective audit. *Int J Lang Commun Disord* 2001, **36** Suppl : 19-24

MONCUR JP, BRACKETT IP. Modifying vocal behaviour. Harper & Row, New York, 1974

MORRISON M, RAMAGE L. The management of voice disorders. Singular Publishing, San Diego, 1994

OLSEN BD. Comparisons of sequential interaction patterns in the therapy of experienced and inexperienced clinicians in the parameters of articulation, delayed language, prosody and voice disorders. Unpublished Doctoral dissertation, University of Denver, 1972

PAPERMAN M. The phoniatriest-orthophonist relationship: a team of 2 or a team of 3? *Rev Laryngol Otol Rhinol (bord)* 2002, **123** : 336-337

PERKINS WH. Preventing functional dysphonia. ASHA Convention. Center for Study of Communication Disorders, Los Angeles, 1981

POIZAT M. L'Opéra ou le cri de l'ange. A-M Métaillé, Paris, 1986

PRATER RJ, SWIFT RW. Manual of voice therapy. College-Hill, Boston/Toronto, 1984

ROSSITER D, HOWARD DM, COMINS R. Objective measurement of voice source and acoustic output change with a short period of vocal tuition. *Voice* 1995, **4** : 16-31

ROY N, GRAY SD, SIMON M, DOVE H, CORBIN-LEWIS K, STEMPEL JC. An evaluation of the effects of two treatment approaches for teachers with voice disorders: a prospective randomized clinical trial. *J Speech Lang Hear Res* 2001, **44** : 286-296

ROY N, WEINRICH B, GRAY SD, TANNER K, TOLEDO SW, DOVE H, CORBIN-LEWIS K, STEMPEL JC. Voice amplification versus vocal hygiene instruction for teachers with voice disorders: a treatment outcomes study. *J Speech Lang Hear Res* 2002, **45** : 625-638

ROY N, WEINRICH B, GRAY SD, TANNER K, STEMPEL JC, SAPIENZA CM. Three treatments for teachers with voice disorders: a randomized clinical trial. *J Speech Lang Hear Res* 2003, **46** : 670-688

- RUSTIN L. Parents and families of children with communication disorders. *Folia Phoniatr Logop* 1995, **47** : 123-139
- SMITH S, THYME K. Statistic research on changes in speech due to pedagogic treatment (the accent method). *Folia Phoniatr (Basel)* 1976, **28** : 98-103
- SPEYER R, WEINEKE G, HOSSEINI EG, KEMPEN PA, KERSING W, DEJONCKERE PH. Effects of voice therapy as objectively evaluated by digitized laryngeal stroboscopic imaging. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002, **111** : 902-908
- SPEYER R, WIENEKE GH, VAN WIJCK-WARNAAR I, DEJONCKERE PH. Effects of voice therapy on the voice range profiles of dysphonic patients. *J Voice* 2003, **17** : 544-556
- SPEYER R, WIENEKE GH, DEJONCKERE PH. Self-assessment of voice therapy for chronic dysphonia. *Clin Otolaryngol* 2004a, **29** : 66-74
- SPEYER R, WIENEKE GH, DEJONCKERE PH. Documentation of progress in voice therapy: perceptual, acoustic, and laryngostroboscopic findings pretherapy and posttherapy. *J Voice* 2004b, **18** : 325-340
- STEMPLE JC, LEE L, D'AMICO B, PICKUP B. Efficacy of vocal function exercises as a method of improving voice production. *J Voice* 1994, **8** : 271-278
- TIMMERMANS B, DE BODT M, WUYTS F, VAN DE HEYNING P. Voice quality change in future professional voice users after 9 months of voice training. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2004, **261** : 1-5 Epub
- TREOLE K, TRUDEAU MD. Changes in sustained production tasks among women with bilateral vocal nodules before and after voice therapy. *J Voice* 1997, **11** : 462-469
- VERDOLINI-MARSTON K, BURKE MK, LESSAC A, GLAZE L, CALDWELL E. Preliminary study of two methods of treatment for laryngeal nodules. *J Voice* 1995, **9** : 74-85
- WILSON DK. Voice problems in children, 3rd ed. Williams & Wilkins, Baltimore, 1987
- WOLPE J. The practice of behaviour therapy, 2nd ed. Pergamon Press, New York, 1973
- ZAILOUK A. The tactile approach in voice placement. *Folia Phoniatr (Basel)* 1963, **15** : 147-154

9

Programmes de prévention

Un tiers de la population active a besoin de la voix pour effectuer sa profession. Le risque d'avoir des troubles de la voix est réel, surtout pour les enseignants (de Jong et coll., 2005). L'étude de Van de Heyning et coll. (1996) montre que les trois premières années d'exercice professionnel sont des années critiques pour la voix.

Au niveau de la législation européenne, les différentes organisations soulignent les risques pour la santé et insistent sur les mesures de vigilance. L'*Occupational Safety and Health* (OSH), le *Committee for Standardisation* (CEN) et l'*European Agency for Health and Safety at Work* (EAHSW) sont trois organisations qui essaient de réguler la sécurité au travail :

- le OSH identifie et contrôle les risques pour la santé. Cette organisation s'occupe de la reconnaissance et du contrôle des maladies professionnelles ;
- le CEN décrit les critères ergonomiques qui peuvent être appliqués au domaine de la voix et de la parole. Le terme de *Vocoergonomics* désigne un domaine multidisciplinaire aussi bien scientifique que pratique ;
- le EAHSW préconise que l'employeur prenne des mesures pour assurer la sécurité et la santé de l'employé (Vilkman, 2001).

Malgré l'existence de ces organisations et les recommandations de la législation, les mesures de prévention n'existent pas. Cette situation demanderait une solution bien structurée. Suite à la progression du nombre des problèmes vocaux engendrant des absences fréquentes, la prise de conscience augmente et les premiers programmes de prévention font leur apparition.

État de la recherche dans les différents pays

Une étude approfondie de la littérature montre qu'à plusieurs endroits dans le monde, des recherches sur les troubles vocaux existent afin de constituer des programmes de prévention. Le soin pour les troubles vocaux est plutôt récent. Sur le plan historique, le poids non négligeable de l'idéologie favorisait l'articulation au détriment de la voix (et en laissant ainsi de côté l'étude des phénomènes intonatifs, pourtant si riches de sens).

Pour prouver l'efficacité des nouveaux programmes de prévention, il est important que cette recherche ait une structure scientifique et utilise des données objectives aussi bien que subjectives (Carding, 2000). Une étude scientifique nécessite un nombre représentatif de sujets étudiés pendant une période suffisamment longue et la distinction entre un groupe d'observation et un groupe témoin. Les données objectives sont fondées sur des mesures acoustiques et les données subjectives se fondent sur les impressions des personnes concernées et leurs auditeurs. Le tableau 9.I donne un aperçu des programmes de prévention dans les différents pays. Toutes les études ne répondent pas aux critères scientifiques. Cet aperçu montre que les programmes de prévention peuvent comporter différentes approches : certains programmes se limitent à l'approche indirecte et d'autres combinent une approche directe et indirecte.

Tableau 9.I : Programmes de prévention à travers le monde

Références	Lieu	Méthode	Population concernée
Kaufmann et Johnson, 1991	Utah*	Description du programme	Enseignants
Ohlsson, 1993	Suède**	Données subjectives et objectives	Enseignants
Chan, 1994	Hong Kong*	Données objectives	Enseignants
Comins, 1998	Angleterre*	Description du programme	Enseignants
Lynch et Watkins, 2000	Australie*	Données subjectives	Enseignants
Murry et Rosen, 2000	Pennsylvanie*	Description du programme	Chanteurs
Broaddus-Lawrence et coll., 2000	Caroline*	Données subjectives	Chanteurs
Berlinger et Bergin, 2002	Floride*	Données subjectives	Enseignants
Lehto et coll., 2003	Finlande**	Données subjectives	Standardistes
Timmermans et coll., 2004	Belgique**	Données subjectives et objectives	Acteurs et présentateurs
Simberg, 2004	Finlande**	Données subjectives	Enseignants
Duffy et Hazlett, 2004	Irlande**	Données subjectives et objectives	Enseignants
Schneider et Bigenzahn, 2005	Vienne**	Données subjectives et objectives	Enseignants

*Approche indirecte

**Approche indirecte et directe

Approches indirecte et directe

La différence entre les deux approches réside dans le fait que l'approche indirecte tente d'éliminer les causes des problèmes vocaux en proposant des mesures à prendre, tandis que l'approche directe met l'accent sur les exercices vocaux.

Approche indirecte

L'approche indirecte met l'accent sur l'hygiène vocale et sur la compréhension de l'anatomie et de la physiologie du larynx et des cordes vocales. L'hygiène vocale consiste en une énumération de directives pour éviter les troubles vocaux. Dans la littérature, on insiste sur une liste de «*don't*» et «*do*» : ce qu'il ne faut pas faire («*don't*») et ce qu'il faut faire («*do*») pour prendre soin de sa voix. Cependant, l'accent est plus souvent mis sur ce qu'on ne peut pas faire (Irving et coll., 1997; Murry et Rosen, 2000).

La liste des «*don't*», présentée par le tableau 9.II, n'est pas exhaustive et comporte surtout des conseils pour conserver sa voix et des mesures pour éviter le reflux gastro-œsophagien.

Tableau 9.II : Les «*don't*» pour éviter les troubles vocaux et le reflux gastro-œsophagien («*ce qu'il ne faut pas faire*»)

Conserver la voix en évitant de :	Éviter le reflux gastro-œsophagien en éliminant :
Crier, rugir, vociférer	Le tabac
Parler très fort dans l'autobus	L'alcool
Éternuer bruyamment	Le café avant le travail, ou avant le sommeil
Bâiller bruyamment	Les vêtements trop serrés à la taille
Passer une nuit blanche	La corpulence
Chanter en plein air sans amplification	La position allongée après le repas
Tousoter chroniquement	Le repos après le repas
Se racler la gorge fréquemment	Les jus de fruits très tôt le matin ou très tard le soir
Chanter en ayant des maux de gorge	Les aliments à base de tomates
Parler ou chanter quand on est enrhumé	La nourriture épicée
Chanter trop haut ou trop bas	Les boissons gazeuses
Chuchoter excessivement	Les repas volumineux et gras
Respirer de façon stressée (en utilisant les épaules)	Les exercices fatigants après le repas
Changer de voix (imitation des voix)	
Parler trop	
Prendre des médicaments sans l'avis d'un médecin	
Prendre des psychotropes	
Prendre des stéroïdes	
Consommer des produits laitiers avant le travail	

La liste des «*do*» est très courte et trop vague (tableau 9.III). Des prescriptions comme «*bien manger, contrôler le stress et se reposer beaucoup*» ne sont pas assez précises.

Tableau 9.III : Les « do » pour prendre soin de la voix (« ce qu’il faut faire »)

Il faut essayer de :
Contrôler le stress
Beaucoup se reposer
Être épanoui
Rire beaucoup mais avec un appui du diaphragme
Utiliser la respiration abdominale
Bien manger
Traiter son corps avec respect
Humidifier sa chambre à coucher
Sélectionner son contraceptif avec un ORL
Boire beaucoup d’eau : « <i>pie pale, sing clear</i> » (2 à 3 litres/jour)

Il est important de donner des conseils très précis et surtout des conseils positifs ainsi que d’expliquer de façon approfondie les recommandations afin d’améliorer leur compréhension et de stimuler le désir de les suivre («*voice care* » ; Timmermans et coll., 2005).

Par exemple, l’humidification de l’appareil vocal est primordiale pour soigner la voix : la muqueuse doit rester humide pour garantir sa souplesse. Il ne suffit pas de boire beaucoup. Il faut indiquer le moment et la quantité requise. Il vaut mieux boire un verre toutes les heures que boire la même quantité à un moment concentré dans la soirée. L’humidification de la muqueuse doit se faire de façon continue pour garantir une bonne qualité vocale. En milieu professionnel, les chanteurs connaissent bien la locution «*pie pale, sing clear* » c’est-à-dire « Plus on boit, plus on produit une urine claire, et mieux on chante ». Il faut aussi veiller à un degré d’humidité suffisant dans l’habitation (entre 25-40 %). Le degré d’humidité peut être réglé par une installation professionnelle mais il est aussi possible de recourir aux petits réservoirs d’eau qu’on fixe aux radiateurs. Une aération régulière, l’époussetage de l’espace de vie et de sommeil contribue également à créer un environnement propice à la santé de la voix.

Manger sain est un bienfait pour tous. Mais à celui qui dépend professionnellement de sa voix, il est conseillé de veiller particulièrement à certaines habitudes nutritionnelles, surtout s’il est soumis à des horaires irréguliers et des situations de stress. Ces deux facteurs sont souvent à l’origine du reflux gastro-œsophagien. Pour prévenir le reflux, il faudrait laisser un laps de temps de deux heures entre le repas et l’heure du coucher. On évite ainsi que les sucs gastriques refluent vers l’œsophage. En position allongée, sous l’effet de la gravité, certains sucs peuvent parvenir jusqu’aux cordes vocales. Les personnes sensibles à ce phénomène ressentent des aigreurs et peuvent souffrir de laryngite causée par le reflux. On peut y remédier en prenant certaines

mesures en collaboration avec un médecin. Il existe des oreillers anti-reflux ou des lits qui permettent de rehausser la tête pour contrecarrer l'effet de la gravité en position allongée et éviter le reflux. Un choix équilibré de certains mets et boissons permet également d'éviter le reflux. Si on a une profession où l'usage fréquent de la voix est indispensable, il faut renoncer à des excès de café, de sodas, de mets très épicés ou à base de tomates. Il est déconseillé de consommer des produits laitiers, du chocolat et des noix pour garder une muqueuse saine et souple. La consommation de ces produits doit uniquement être limitée en cas de prestations vocales. Ces mesures concernent des professions où la qualité vocale est vitale. Elles sont excessives dans d'autres cas.

L'influence des contraceptifs est un sujet encore controversé. Certains auteurs prétendent qu'ils dessèchent la muqueuse, d'autres réfutent cet argument étant donné que les produits récents ne présentent plus ce genre d'effets secondaires. La ménopause pourrait avoir une influence sur la voix : dans les professions de chant, on signale que la portée de la voix diminue et que la qualité vocale change. Dès lors, une consultation chez un ORL et un gynécologue s'impose (Amir et Kishon-Rabin, 2004 ; Timmermans et coll., 2005).

L'influence du stress sur la voix est connue depuis longtemps. La sagesse populaire nous a livré bon nombre de locutions : être sans voix, parler d'une voix blanche, avoir une boule dans la gorge, avoir la gorge serrée, nouée... Le *Voice Handicap Index* (VHI) mesure l'impact psychosocial sur la voix avec 40 expressions. Le VHI explore les domaines fonctionnel (VHI F), émotionnel (VHI E) et physique (VHI P). Les résultats présentés dans la figure 9.1 montrent que les prestations sont moins bonnes si les exigences vocales sont élevées (Jacobson et coll., 1997 ; De Bodt et coll., 2000 ; Dauw et coll., 2004 ; Timmermans et coll., 2004). Probablement, des résultats semblables sont trouvés pour les instructeurs sportifs et les enseignants d'éducation physique.

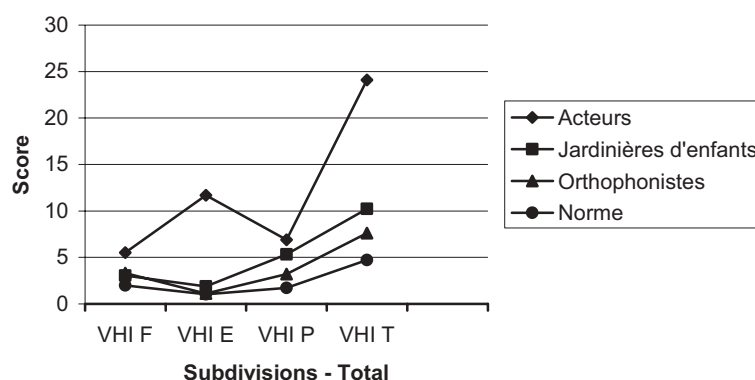


Figure 9.1 : Résultats du VHI (*Voice Handicap Index*) pour les professionnels de la voix (VHI F : VHI fonctionnel ; VHI E : VHI émotionnel ; VHI P : VHI physique ; VHI T : VHI total)

L'enseignement de l'anatomie et de la physiologie du larynx et des cordes vocales doit être accessible à un public non spécialisé. Dans ce but, on utilise des programmes audiovisuels pour représenter le fonctionnement du système vocal d'une manière compréhensible. On ne dispose pas encore de beaucoup de programmes informatiques. De plus, ceux-ci sont créés pour le monde médical. Une maquette du larynx dont les parties distinctes sont amovibles peut être très instructive. Des images sur vidéo, CD ou DVD peuvent éclairer beaucoup. Il est aussi fait appel à des images stroboscopiques pour montrer les vibrations des cordes vocales et à des radiographies où on voit clairement le rôle du diaphragme. Il est impératif d'expliquer aux enseignants comment fonctionne l'appareil vocal et comment il faut en prendre soin.

L'approche directe que nous développons ci-dessous fait un travail plus ciblé : elle est fondée sur des exercices qui apprennent à employer correctement l'appareil vocal.

Approche directe

L'approche directe comporte les exercices vocaux. Pour répondre à des exigences élevées – ceci est le cas pour les enseignants – la fonctionnalité de la voix est augmentée et fortifiée. Un entraînement vocal est proposé avec des exercices vocaux qui sont axés sur les différents paramètres : position du corps, respiration (apprentissage des différentes techniques), résonance, articulation, voix (qualité, hauteur, intensité) et projection de la voix.

À l'origine de l'entraînement vocal, on retrouve trois principes qui ont été développés dans l'antiquité : le positionnement de l'articulation et de la voix dans le masque, le franchissement d'obstacles perturbant l'émission vocale, des mises en situation utilisant les ressources de l'imagination. Les exercices sont adaptés au contexte et à la technologie d'aujourd'hui (Timmermans, 2004).

Le positionnement de l'articulation et de la voix « dans le masque » est une expression qui nous vient de l'antiquité. Les acteurs de théâtre uniquement masculins employaient des masques (figure 9.2) pour indiquer le sexe du personnage qu'ils interprétaient. Ils utilisaient aussi un code de couleur pour indiquer l'émotion : le rouge symbolisait la colère, le vert la haine... À la différence du théâtre d'aujourd'hui, les acteurs de l'antiquité avaient un jeu gestuel très marqué et déclamaient leurs textes. Les représentations se déroulaient en plein air dans un amphithéâtre et les acteurs étaient obligés de parler fort (Habermann, 1996). Bon nombre d'auteurs soutiennent l'idée que le masque était conçu pour amplifier la voix. Les masques avaient une ouverture au niveau de la bouche. Dans cette ouverture, il y avait un tube en ivoire qui servait à projeter le son de la voix dans une direction précise. D'autres suggèrent que l'espace devant la bouche permettait un meilleur rayonnement de la voix. Il existe toute une controverse sur l'existence de ce

tube et les fonctions du masque. Toutefois, le masque sensibilisait l'acteur sur la direction de la voix (Alström, 2004). De là vient l'expression « mettre l'articulation et la voix dans le masque ». De telles expériences sont intéressantes pour les professionnels de la voix afin de mieux comprendre ce que signifie parler à l'avant de la bouche ou projeter la voix.



Figure 9.2 : Masque de théâtre

Un autre exercice pour localiser le masque est l'exercice célèbre de Démosthène qui essayait d'optimiser sa voix et son articulation en leur faisant surmonter des obstacles. Au lieu des gravillons de Démosthène, on utilise des bouchons de liège pour améliorer les compétences articulatoires (figure 9.3). Un bouchon de liège est serré verticalement entre les dents et on parle en articulant le mieux possible. Cet obstacle agrandit la bouche et fortifie les muscles de la joue. L'étude de Spaenhoven et Vogels (2004) prouve que l'intelligibilité s'améliore après un tel exercice : on se concentre mieux sur les mouvements articulatoires, la parole est plus claire et plus ferme. Mais cette compensation provisoire tend à disparaître lorsque les perturbations des conduites articulatoires habituelles cessent. Malgré l'effet plutôt de nature provisoire, cet exercice est bien stimulant pour une articulation ouverte.

Démosthène recherchait le vacarme d'un torrent ou de la mer pour expérimenter le volume de sa voix et essayer de couvrir le bruit du torrent. Avec un peu de créativité, il est possible de créer des environnements difficiles et de chercher des obstacles pour améliorer différents paramètres de la voix.



Figure 9.3 : Exercice avec un bouchon de liège pour améliorer les compétences articulatoires

Dans l'apprentissage des différentes techniques, il est possible de faire appel à l'imagination et à des sensations déjà connues pour faire prendre conscience de certaines techniques comme par exemple le mouvement inspiratoire (Linklater, 1976). Ce dernier peut être représenté par un parapluie ouvert qui symbolise les côtes : il faut maintenir les côtes un moment dans cette position pour que tout l'air ne s'échappe pas au premier mot prononcé. La comparaison avec une sensation connue comme l'inhalation du parfum d'une rose peut aider à trouver le mouvement respiratoire adéquat.

Ces principes sont à la base de l'entraînement. Une position correcte, l'articulation en avant, une respiration s'appuyant sur le diaphragme, une voix bien posée sont des attitudes qui font partie de cet entraînement. Les buts principaux sont d'économiser le souffle, d'améliorer l'intelligibilité et d'employer efficacement l'appareil vocal.

Pendant l'entraînement, il est important de différencier la tonalité et le volume. Les variations de tonalité et de volume peuvent être indépendantes, ce dont on n'est pas toujours conscient. L'étude de la physiologie du larynx montre que l'augmentation de volume va de pair avec une consommation plus élevée d'air tandis que la variation en tonalité réside en une contraction des muscles intrinsèques du larynx. Si l'on n'a pas conscience de cette différence, on va augmenter à la fois le volume et la tonalité alors qu'on veut seulement parler plus fort. C'est un réflexe néfaste pour la voix car cela la fatigue de parler longtemps en forçant sur la tonalité. Si l'on différencie tonalité et volume, on apprend à faire correspondre tonalité naturelle – qui dépend du sexe, de l'âge et de la taille – et tonalité habituelle. Parler fort à une intensité élevée n'est pas évident et doit être appris correctement.

La combinaison de l'approche indirecte et directe est la meilleure solution. Il n'est pas suffisant d'expliquer le fonctionnement du larynx ou de promouvoir l'hygiène vocale. Une assistance individuelle ou en groupe est nécessaire pour maîtriser les différentes techniques. Les études de Ohlsson (1993), Lehto et coll. (2003), Timmermans et coll. (2004), Schneider et Bigenzahn (2005), montrent qu'une assistance en groupe est efficace.

Programmes de prévention

Pour la prévention des problèmes vocaux, une approche systématique est souhaitable au niveau de la formation professionnelle des futurs enseignants, et dans les écoles pour les enseignants en poste. Au niveau de la formation professionnelle, la matière « entraînement vocal » doit être incluse. Au

niveau des écoles, il faudrait un dispositif global qui tienne compte de toutes les personnes concernées. Les programmes de prévention et leur évaluation scientifique sont encore rares.

Programme TTTT au niveau de la formation professionnelle des futurs enseignants

Les programmes récents de prévention qui combinent les approches indirecte et directe présentent une subdivision qui repose sur les quatre lettres T : « Test, Théorie, Training et Transfert » (Timmermans et coll., 2005). Ces quatre « T » se déroulent l'un après l'autre et sont complémentaires (tableau 9.IV).

Tableau 9.IV : Phases de la prévention des troubles vocaux dans la formation professionnelle des futurs enseignants

Les quatre T	Contenu	Période
Test	Analyse objective et jugement subjectif	Au début de la formation et à la fin de chaque année
Théorie	Hygiène vocale et explication du fonctionnement du larynx	Le premier mois de la formation
Training	Entraînement vocal	Après le stage
Transfert	Mise en pratique ou <i>coaching</i>	Avant, pendant ou après le stage

Au début de la formation d'enseignant, les « tests » sont indispensables pour identifier les caractéristiques de la voix. La « théorie » correspond à l'approche indirecte, le « training » à l'approche directe. Au niveau du « transfert », on contrôle la pratique de l'hygiène vocale et l'application des techniques vocales dans la classe et dans la vie quotidienne pour s'assurer du maintien des acquis. Le « transfert » est la phase la plus difficile et il est nécessaire de faire un suivi régulier des enseignants.

Duffy et Hazlett (2004), Schneider et Bigenzahn (2005), Ohlsson (1993) et Timmermans et coll. (2004 et 2005) ont tous démontré avec des données objectives (mesures acoustiques et aérodynamiques) et subjectives (analyse perceptive) que leur stratégie, c'est-à-dire la combinaison de l'approche indirecte et directe, a un effet sur la fonctionnalité et la qualité de la voix (figures 9.4 et 9.5). Une autre étude établit que 90 % des enseignants qui ont eu des troubles vocaux pendant leur formation ont des troubles vocaux durant leur carrière ; trente pour cent des absences sont liées à des problèmes vocaux (de Jong et coll., 2005).

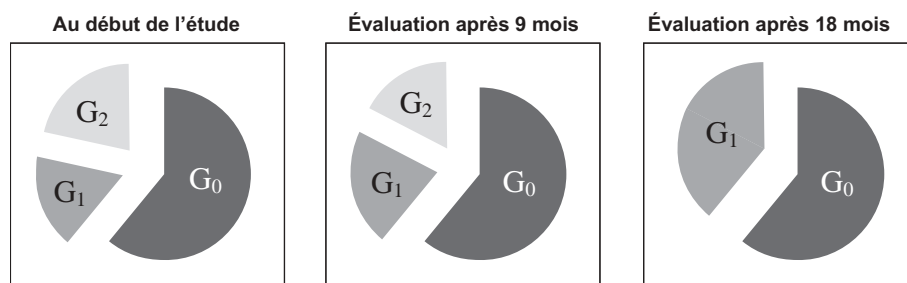


Figure 9.4 : Évolution du paramètre G de l'échelle GRBAS* d'un groupe observé (n = 23) après entraînement de 9 et 18 mois (d'après Timmermans et coll., 2004 et 2005). G = grade de l'impression globale de la qualité de la voix ou degré d'altération ; G0 (normal) à G2 (très altéré)

* GRBAS : grade, roughness, breathiness, asthenicity, *strained*

L'entraînement en groupe aboutit à un effet positif sur le fonctionnement et la qualité de la voix. Après un entraînement de 18 mois, une différence significative ($p < 0,001$) dans la qualité de la voix est démontrée. Un groupe qui a reçu un entraînement obtient un DSI (*Dysphonia Severity Index*) de 4,3 alors que le DSI est de 3,2 pour le groupe qui n'a pas reçu l'entraînement. Le DSI est un indice acoustique qui renseigne sur la qualité de la voix : un score de -5 caractérise une voix de mauvaise qualité, un score de +5 une voix de bonne qualité. Le DSI informe sur l'évolution de la qualité de la voix. Il est le résultat d'un calcul des mesures acoustiques et aérodynamiques : *jitter* en %, la fréquence plus haute (F0H-Hz), l'intensité plus basse (ILow-Db) et temps maximum de phonation (TMP-sec).

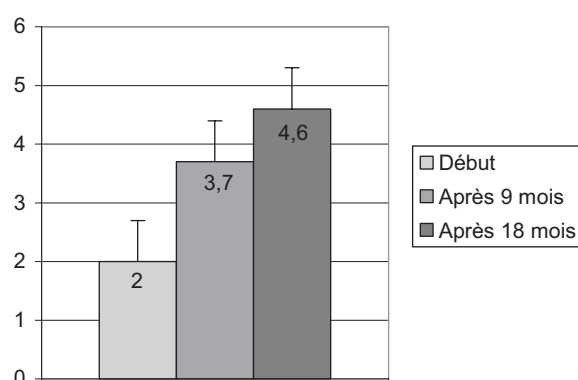


Figure 9.5 : Résultats du *Dysphonia Severity Index* (DSI) après un entraînement de 9 et 18 mois chez un groupe observé (n = 23) (d'après Timmermans et coll., 2004 et 2005)

Programme TGV pour les enseignants en poste

Le programme de Lynch et Watkins (2000), le programme TGV (*Training Guide Video*), contient quatre parties. Il implique évidemment le matériel pour l'entraînement mais aussi un guide pour la direction de l'école, un guide avec le planning des évaluations de la voix et une vidéo instructive (tableau 9.V). Les auteurs insistent sur la propagation de l'information sur le kit d'entraînement ; il est important d'impliquer l'équipe entière de l'école. Le film vidéo est orienté spécifiquement pour les enseignants. Sa fonction est éducative et explique le fonctionnement du larynx et l'hygiène vocale. Il donne des exemples d'exercices et des conseils pour conserver la voix dans la classe. Le témoignage des enseignants avec des troubles vocaux doit motiver les spectateurs. Le training se déroule à travers les mêmes phases TTTT, décrites précédemment.

Tableau 9.V : Phases de la prévention des troubles vocaux chez les enseignants

Le programme TGV	Domaine	Contenu
Training	Thérapie directe	Description des exercices
Guide	Tests et information	Pour la direction et pour les enseignants
Vidéo instructive	Thérapie indirecte	Fonctionnement du larynx et pathologie + hygiène vocale

Les conditions de base pour effectuer ce programme doivent être réunies (tableau 9.VI) : dans un premier temps, le soutien de la direction est indispensable pour lancer ce programme. La mise en place des activités suivantes est souhaitable : une réunion de toute l'équipe pour présenter et expliquer le programme de prévention, la vision collective de la vidéo suivie d'une discussion, une appréciation des salles de classe, une identification des différents problèmes avec des propositions pour limiter les risques pour la voix et finalement une évaluation de la voix de chaque enseignant par un orthophoniste, et en cas de pathologie vocale la consultation d'un médecin. Chaque membre de l'équipe est invité à suivre un cours sur l'hygiène vocale et à participer à un travail pratique d'entraînement vocal. L'aide d'un orthophoniste est indispensable. Le suivi du groupe à risque, une discussion sur le progrès et une évaluation annuelle des voix des enseignants sont ensuite proposés.

Tableau 9.VI : Conditions de base pour effectuer le programme de prévention

Conditions de base	
Soutien de la direction	Réunion de toute l'équipe pour lancer le programme + discussion sur la vidéo
Appréciation du local de la classe	Contrôle de la pollution acoustique, évaluation de l'humidité atmosphérique
Identification des problèmes	Propositions pour limiter les risques pour la voix
Évaluation de la voix de chaque enseignant	Contacteur un orthophoniste et un médecin

L'accent est mis sur la prévention des troubles vocaux par des actions très concrètes : l'apprentissage des différentes techniques pour garder la voix en bonne santé, l'adaptation de l'acoustique de la salle de classe, la répartition des leçons pour éviter de parler trop longuement, une bonne humidité atmosphérique et la possibilité d'utiliser un amplificateur si besoin. Simberg (2004) indique que l'utilisation d'un amplificateur doit devenir habituelle mais que ceci n'est pas un substitut pour l'hygiène vocale. En revanche, Titze (2001) met l'accent sur l'entraînement car il est persuadé que l'amplificateur aggrave les mauvaises habitudes et il indique que la voix est moins expressive. L'amélioration de l'acoustique de la salle de classe est primordiale.

Ces dernières années, la recherche a mis en évidence une augmentation de la pollution acoustique parce que les élèves bavardent bruyamment. De plus, le nombre d'élèves a augmenté dans les classes. Des études sur une période de 12 ans prouvent que les symptômes vocaux des enseignants se sont aggravés à cause de cette évolution.

En conclusion, la prévention est primordiale et les différentes études confirment qu'elle a un effet positif. La législation européenne préconise ces actions de prévention.

Une action de prévention au début de la formation professionnelle des futurs enseignants est un moyen de prévenir d'éventuels troubles de la voix. Une recherche structurée pour évaluer l'effet de cette prévention est nécessaire. Celle-ci aura certainement des répercussions sur l'organisation de l'enseignement.

Au niveau des enseignants en poste, on peut recourir à un programme pour les problèmes existants. L'évolution des classes plus surchargées avec une tolérance plus grande au bavardage des élèves renforce la nécessité d'un programme de prévention qui implique toute l'équipe de l'école.

Une recherche approfondie sur l'effet de l'utilisation d'un amplificateur dans la salle de classe et des mesures pour améliorer l'acoustique reste à faire.

L'amélioration de la voix est un travail quotidien du respect de l'hygiène vocale, de sensibilisation et d'entraînement.

BIBLIOGRAPHIE

- ALSTRÖM T. The voice in the mask. *The Drama Review* 2004, **48** : 133-138
- AMIR O, KISHON-RABIN L. Association between birth control pills and voice quality. *Laryngoscope* 2004, **114** : 1021-1026

BROADDUS-LAWRENCE PL, TREOLE K, MCCABE RB, ALLEN RL, TOPPIN L. The effects of preventive vocal hygiene education on the vocal hygiene habits and perceptual vocal characteristics of training singers. *J Voice* 2000, **14** : 58-71

BERLINGER S, BERGIN C. How to use good vocal behaviors in the classroom: an instructional videotape for teachers. Delray Beach, FL, Minds i No Limits Inc, 2002

CARDING PN. Evaluating voice therapy. Measuring the effectiveness of treatment. Whurr Publishers, London and Philadelphia, 2000

CHAN RW. Does the voice improve with vocal hygiene education? A study of some instrumental voice measures in a group of kindergarten teachers. *J Voice* 1994, **8** : 279-291

COMINS R. Helping people to keep their voices healthy and to communicate effectively. *Int J Lang Commun Disord* 1998, **33** : 310-315

DAUW S, THIJS K, VERMEIRSCH B. Mate van (subjectieve) stembeleving bij leerkrachten uit het basisonderwijs gemeten aan de hand van de VHI en in het bijzonder bij leerkrachten uit het kleuteronderwijs. Thesis Bachelor Logopedie en Audiologie Lessius Hogeschool Antwerpen, 2004

DE BODT MS, JACOBSON B, MUSSCHOOT S, ZAMAN S, HEYLEN L, et coll. De Voice Handicap Index. Een instrument voor het kwantificeren van de psychosociale consequenties van stemstoornissen. *Logopedie* 2000, **13** : 29-33

DE JONG F, KOOIJMAN PGC, THOMAS G, HUINCK WJ, GRAAMANS K, SCHUTTE HK. Epidemiology of voice problems in Dutch teachers. *Folia Phoniatica*, 2005 (in press)

DUFFY OM, HAZLETT DE. The impact of preventive voice care programs for training teachers: a longitudinal study. *J Voice* 2004, **18** : 63-70

HABERMANN G. Stimme und Mensch. Beobachtungen und Betrachtungen. Median-Verlag von Kilisch-Horn GmbH, 1996

IRVING RM, EPSTEIN R, HARRIES ML. Care of the professional voice. *Clin Otolaryngol* 1997, **22** : 202-205

JACOBSON BH, JOHNSON A, GRYWALSKI C, SILBERGLEIT A, JACOBSON G, BENNIGER MS. The Voice Handicap Index (VHI): development and validation. *AM J Speech Lang Pathol* 1997, **6** : 66-67

KAUFMAN TJ, JOHNSON TS. An exemplary preventative voice program for educators. *Semin speech Lang* 1991, **12** : 40-48

LEHTO L, RANTALA L, VILKMAN E, ALKU P, BACKSTROM T. Experiences of a short vocal training course for call-centre customer service advisors. *Folia Phoniatr Logop* 2003, **55** : 163-176

LINKLATER K. Freeing the natural voice. Drama Publishers, New York, 1976

LYNCH D, WATKINS I. Voice care for teachers program. Helping teachers to maintain vocal health. Department of Education, Employment and Training, Victoria, 2000

MURRY T, ROSEN CA. Vocal education for the professional voice user and singer. *Otolaryngol Clin North Am* 2000, **33** : 967-982

OHLSSON AC. Voice forum: preventative voice care for teachers. *Voice* 1993, **2** : 112-115

SIMBERG S. Prevalence of vocal symptoms and voice disorders among teacher students and teachers and a model of early intervention. Department of Speech Sciences, 2004 : 56p

SCHNEIDER B, BIGENZAHN W. How we do it: voice therapy to improve vocal constitution and endurance in female student teachers. *Clin Otolaryngol* 2005, **30** : 64-78

SPAENHOVEN V, VOGELS E. Invloed van mondopening op verstaanbaarheid en articulatorische precisie. Lic. Thesis Logopedie en Audiologie UGent Fac. Geneeskunde en Gezondheidswetenschappen, 2004

TIMMERMANS B. Klink klaar. Uitspraak- en intonatiegids voor het Nederlands (met CD). Davidsfonds/Leuven, 2004

TIMMERMANS B, DE BODT MS, WUYTS FL, VAN DE HEYNING PH. Training outcome in future professional voice users after 18 months of voice training. *Folia Phoniatr Logop* 2004, **56** : 120-129

TIMMERMANS B, VANDERWEGEN J, DE BODT MS. Outcome of vocal hygiene in singers. *Current Opinion in Otolaryngol & Head and Neck Surgery* 2005, **13** : 138-142

TITZE IR. Criteria for occupational risk in vocalization. In : Occupational voice: care and cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, 2001 : 1-10

VAN DE HEYNING PH, REMACLE M, VAN CAUWENBERGHE P. Functional assessment of voice disorders. Part II: research work of the Belgian Study Group on Voice Disorders (BSGVD). *Acta Oto-Rhino-Laryngologica Belgica* 1996, **50** : 321-396

VILKMAN E. A survey on the occupational safety and health arrangements for voice and speech professionals in Europe. In: Occupational Voice: care and cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, 2001 : 129-137

Synthèse

Les troubles de la voix sont fréquents chez les enseignants. Un tiers d'entre eux considère que ces troubles interfèrent avec leur capacité à enseigner. Une approche d'épistémologie historique de la parole et de la voix a donc trouvé naturellement sa place dans cette analyse de la littérature.

Les troubles de la voix sont les conséquences ressenties, perceptibles ou audibles d'une anomalie ou d'une lésion organique acquise ou congénitale des plis vocaux. Il peut s'agir également d'un contrôle déficient de la respiration ou de l'articulation laryngée ou encore d'une difficulté psychologique. Les lésions organiques acquises peuvent témoigner d'un malmenage ou surmenage vocal. Les agents physiques, chimiques ou infectieux de l'environnement jouent un rôle important sur le bon ou mauvais fonctionnement des plis vocaux.

Les pathologies de la voix font l'objet d'un traitement médical ou chirurgical et nécessitent le plus souvent un arrêt de l'activité vocale. La rééducation, partie intégrante du traitement, doit s'adapter à la situation personnelle et au contexte de la dysphonie. La démarche de prévention comporte des actions d'information, de sensibilisation et des exercices d'entraînement. Elle peut également s'intéresser aux conditions de l'environnement acoustique, en particulier pour les enseignants, et agir sur cet environnement pour améliorer l'efficacité de la communication.

Les analyses de la parole et de la voix s'enracinent dans une longue histoire

Comment l'homme parlant, qui a l'impression de faire corps avec son langage, a-t-il pu se détacher de son utilisation pour en faire un objet de connaissance ou pour agir sur lui ? La réflexion a-t-elle précédé l'action ou l'inverse ? La nécessité de répondre à ces questions auxquelles s'ajoute la prise en compte, à l'heure actuelle, de l'existence simultanée d'analyses scientifiques originales et d'un savoir-faire transmis par les générations précédentes légitime tout à fait cette démarche d'épistémologie historique. Quel peut en être l'objet ?

La parole, par les références matérielles qui lui sont associées, paraît être un fil conducteur approprié. Cependant, la revendication d'une analyse matérielle des phénomènes linguistiques par des méthodes adaptées ne dispense pas de replacer les études de la parole dans les contextes théoriques qui les

sous-tendent. Plus encore, le terme générique de « parole » devra être, lui-même, mieux défini afin de rendre compte de la différenciation, historiquement précoce, entre parole et voix.

Les premières sépultures humaines, la parure et les peintures rupestres témoignent de l'émergence de la pensée symbolique chez l'homme et, peut-être, est-elle liée, de manière indirecte, à l'existence d'un langage. Avec la naissance des écritures, au moins 25 000 ans plus tard, apparaissent les premières preuves directes d'une réflexion et/ou d'une action sur le langage. Mais cette réflexion se précise, quelques siècles av. J-C, avec les analyses articulatoires réalisées sur le sanscrit par les grammairiens hindous dans le but de préserver leur langue à fonction sacrée (et synthétisées au IV^e siècle av. J-C par Panini). C'est aussi dans un contexte religieux, celui de l'apparition de la première religion du Livre avec la Bible, que se manifeste, dès les premiers versets de la Genèse, une conception du langage comme nomenclature : la création du monde par la parole de Dieu.

Les philosophes grecs développent une réflexion approfondie sur le langage mais à partir d'une curiosité limitée à leur seule langue. On leur doit, en particulier, les premières définitions de la voix et de la parole. Ainsi, Aristote (384-322 av. J-C) distingue bien la voix produite dans la région de la trachée artère et qui est « le signe des passions de l'âme » (il constate qu'on la trouve aussi chez d'autres animaux). En revanche, « l'homme est le seul animal que la nature a doté du don de la parole », et il précise même « la parole est naturelle à l'homme qui est par nature un animal politique ou civil ». Galien, bien plus tard (130-200), en philosophe-médecin apportera des précisions anatomiques et physiologiques supplémentaires en associant la voix au fonctionnement des « organes vocaux » et la parole aux organes tels que « la langue [...] le nez, les lèvres et les dents ».

Les Grecs n'en restent pas à une analyse partielle mais vont développer une véritable synthèse, une théorie générale du raisonnement, à partir de deux grandes techniques, la dialectique, art de la discussion controversée (dont les maîtres demeurent Socrate et Platon), et surtout la rhétorique, art du discours public (si important dans une démocratie).

L'argumentation objective réunit les arguments logiques destinés à faire adhérer un auditeur à des propositions nouvelles présentées par l'orateur en partant du sens commun ou *doxa*. Pour la seconde argumentation, subjective, au choix des mots et des arguments s'ajoutent le ton de la voix, le débit de la parole mais aussi les gestes, les mimiques, la posture. Elle comprend l'*ethos*, image morale que l'orateur donne de lui-même par son discours, et le *pathos*, passions que l'orateur fait naître chez ses auditeurs et par lesquelles il entraîne leur adhésion.

L'adaptation à l'auditoire fait intervenir les genres judiciaire (à l'origine de la rhétorique), délibératif (lorsqu'on s'adresse aux citoyens) et épидictique (pour louer ou blâmer). Ce dernier genre sera affecté à la littérature.

Dans les différentes phases d'élaboration du discours, l'*heuresis* (*inventio*) et la *taxis* (*dispositio*) concernent la recherche et la mise en ordre des arguments, l'organisation du discours, la *lexis* (*elocutio*), le style, les figures de rythme et aussi la période. Celle-ci, véritable partition actualisée par l'intonation, présente à l'auditeur une argumentation qu'il peut suivre de bout en bout, à l'oreille, favorisant une continuité de la parole, elle-même soutenue par une sorte de *legato* vocal. Ce qui correspond bien à cet idéal de fluidité verbale cher aux orateurs grecs. Il les conduit à stigmatiser, à l'aide d'un vocabulaire détaillé, tous les cas de dysfluence constitutifs ou accidentels. Enfin, l'*hypocrisis* (*actio*) se réfère à l'oralisation d'une parole préalablement élaborée par écrit et mémorisée avant d'être soigneusement prononcée. La voix est alors valorisée au sein de tout un ensemble moteur où la mimo-gestualité joue aussi son rôle.

L'apport des Romains, dans un contexte sociopolitique différent, va surtout s'appliquer à l'amélioration de techniques visant à exploiter au mieux les possibilités vocales et gestuelles des orateurs. La *pronuntiatio* concerne plutôt la voix et l'*actio* le geste. Ce sont des praticiens d'une parole efficace dont l'aspect esthétique est privilégié : le « bien dire » (*bene dicere*). Ainsi, Quintilien (30-100) dans « De l'institution oratoire » développe un véritable programme d'enseignement. Plusieurs passages de ce texte sont consacrés au travail de la voix, du souffle, des mimiques du visage, de la gestualité du corps, sans oublier l'hygiène et l'entraînement de la *memoria* qui conditionnent une bonne restitution du discours.

L'enseignement de la rhétorique va assurer tout à la fois la transmission de connaissances acquises sur le fonctionnement de la parole et de la voix (en particulier de la voix projetée) mais aussi le transfert ininterrompu d'une expérience accumulée, d'abord par les « phonasques » ou maîtres de déclamation puis par les éducateurs et les rééducateurs (tant pour la voix parlée que chantée), et ainsi cette expérience traversera les siècles et restera à la disposition des professionnels de la voix : chanteurs, acteurs, avocats, prédicateurs et enseignants.

Toute cette réflexion philosophique de l'antiquité gréco-latine, mise en œuvre dans les traités de rhétorique et les grammaires (avec leurs classifications phonétiques), sera reprise et développée sans interruption jusqu'au XVIII^e siècle compris et même plus tard mais de manière plus critique.

Le Moyen Âge chrétien essaiera de concilier cet héritage transmis par les latins avec le message christique. La première phrase de l'évangile selon Saint Jean « Au commencement était le Verbe et le Verbe était avec Dieu et le Verbe était Dieu » sera à l'origine de toute une réflexion sur le langage, d'abord chez les Pères de l'Église (ainsi Saint Augustin élabore toute une théorie du signe) puis chez les théologiens du Moyen Âge. Au XIII^e siècle, Saint Thomas d'Aquin met en place une distinction entre les processus intellectuels : « le mot du cœur » et « le mot qui comprend l'image de la voix »

(le mot pensé avec les syllabes) différenciés des processus moteurs de la parole : « le mot de la voix » (le mot prononcé avec ses syllabes).

La poésie assume aussi, au début du Moyen Âge, les fonctions que remplit la voix parlée dans les cultures à oralité primaire. L'autre forme orale, l'art oratoire, est mise en œuvre en chaire par le prédicateur qui doit obéir à des contraintes nouvelles : il met sa voix au service de la parole de Dieu pour entraîner l'adhésion de son auditoire (et aussi pour l'impressionner lorsqu'il est question des dangers encourus par les pécheurs).

C'est par l'intermédiaire des lettrés arabes que va se faire l'accès plus direct aux textes des philosophes grecs. Mais les grammairiens arabes vont aussi développer une étude de leur langue, l'arabe classique, qui, comme dans le cas du sanscrit, est une langue sacrée, celle du Coran. Il convient donc de bien la prononcer et toute une analyse fine des lieux d'articulation est destinée à contrôler cette prononciation. L'importance accordée à la psalmodie du Coran conduit à un recensement des catégories vocales dont certaines sont considérées comme incompatibles avec l'oralisation du Texte saint. En particulier il faut veiller, lorsque l'on adoucit le son, à ne pas perdre la ligne mélodique.

À la Renaissance, l'imprimé va peu à peu s'imposer mais la lecture à haute voix et l'art de bien prononcer continuent d'être valorisés dans les pratiques culturelles où l'oralité est nécessaire : oraison, poésie, théâtre. Une certaine suspicion transparait : si un texte bien prononcé touche son auditoire, les effets vocaux ne doivent pas prendre le pas sur son contenu.

L'intérêt se porte davantage sur les « langues vulgaires » même si le latin reste le modèle de description grammaticale. Les premiers grammairiens phonéticiens sont stimulés par les projets de réforme de l'orthographe. D'autre part, la curiosité vis-à-vis de l'anatomie du corps humain se développe : Léonard de Vinci dessine une série de planches du larynx. La recherche sur le langage, à la Renaissance, tend à prendre ses distances par rapport aux spéculations des siècles précédents et ainsi une importance plus grande est accordée à l'analyse de faits concrets.

Au XVII^e siècle, si l'éloquence continue de s'exprimer à l'église et au théâtre, les premiers salons s'ouvrent où la parole s'échange dans l'intimité d'une relation qui concerne un petit nombre de personnes choisies. L'art de la conversation se développe alors dans un milieu social privilégié par la naissance ou par l'argent. Il convient de respecter les bienséances et le bon usage de la langue est réglementé : il y a un art du bien parler. La prononciation de la langue est toujours étudiée dans les grammaires (bien que l'une des plus prestigieuses, celle de Port Royal, innove peu dans ce domaine). Les analyses phonétiques « pour elles-mêmes » et les classifications, tant des voyelles que des consonnes, sont modifiées et s'affinent. Ainsi, Dangeau publie en 1694 un classement des consonnes qui en fait un précurseur de la phonologie française. Plus encore, le XVII^e siècle est celui des débuts d'une étude scientifique de la voix que Marin Mersenne propose d'appeler la « phoniscopie ».

Comme le souligne Patrick Dandrey, « l'analyse de la voix au XVII^e siècle est confiée au physicien et au médecin d'un côté, de l'autre au grammairien et au prêtre, au spécialiste des corps et à celui des esprits ou des âmes, unissant leurs qualités complémentaires dans la personne de l'orateur qui cultive sa voix pour la mettre au service de Dieu ou du monde ».

Le XVIII^e siècle est marqué par une très grande curiosité vis-à-vis du langage et en particulier de son origine. La réflexion philosophique est primordiale et les travaux les plus influents sur « l'origine de l'entendement » sont ceux de Locke, Hobbes, Hume, Leibniz et, en France, Condillac qui formule de manière nette, en 1746, la théorie de l'arbitrarité du signe linguistique. La distinction tranchée entre voix parlée et voix chantée, pourtant étayée d'arguments solides, est remise en question par Jean-Jacques Rousseau auteur d'une véritable conception anthropologique de la voix : la musique et plus précisément le chant seraient à l'origine du langage parlé.

Les salons continuent de jouer le rôle de « caisse de résonance » pour les artistes et les savants mais ces derniers peuvent aussi se retrouver dans les Académies qui sont presque toutes créées (la dernière, l'Académie de médecine, sera créée au début du siècle suivant).

La recherche linguistique progresse avec la parution de grammaires d'un nombre croissant de langues. Ce qui entraîne aussi les premières grandes tentatives d'appariement des langues (Gyarmathi fonde la parenté du hongrois et du finnois). La discussion persistante concernant les réformes de l'orthographe continue de stimuler les analyses phonétiques qui s'autonomisent davantage par rapport aux grammaires.

Les études anatomiques et surtout physiologiques du larynx progressent. La production de la voix humaine est décrite par analogie avec des instruments de musique par Dodart, en 1700, et Ferrein (à qui l'on doit les termes de « cordes vocales »), en 1741.

Les premiers travaux de phonétique expérimentale voient le jour avec la construction des « machines parlantes » de l'abbé Mical et de Von Kempelen, premières grandes simulations mécaniques des phénomènes de production de la parole humaine associant source vocale et résonateurs supraglottiques.

La parole et la voix au banc d'essai de la spécialisation

Au XIX^e siècle, la parole et la voix deviennent objets d'études scientifiques spécifiques. Deux grands modèles d'analyse interagissent d'abord puis finiront par s'opposer. Le premier, le modèle historique, assurera l'autonomisation de la linguistique comme science historique. Le second, le modèle physiologique, d'abord exploité dans de nombreuses disciplines différentes, dont la grammaire comparée, est à l'origine des grandes spécialités médicales

qui prendront en charge l'hygiène puis la pathologie des troubles de la parole et de la voix (sans oublier les troubles du langage).

C'est le siècle de la réflexion profonde sur l'histoire, menée dans le cadre de la philosophie allemande (citons Hegel et les interprétations différentes de ses thèses). Toujours en Allemagne, se succèdent deux grands courants de recherche issus de la « découverte » du sanscrit. Celui de la grammaire comparée aboutira au regroupement d'un certain nombre de langues dans la famille indo-européenne. Il sera suivi par celui des néo-grammairiens qui dégageront, dans cette évolution, des « lois phonétiques sans exception ». Profondément influencé par la théorie de l'évolution de Charles Darwin (« L'origine des espèces » parue en 1859), un spécialiste de grammaire comparée, August Schleicher, en vient à considérer toute langue comme un organisme et la linguistique comme une science naturelle. Mais l'opposition à ce point de vue ne cessera de grandir tout au long du siècle pour aboutir finalement à l'idée que « la seule méthode d'étude scientifique du langage est la méthode historique » (selon l'affirmation péremptoire d'Herman Paul).

Le XIX^e siècle est aussi celui de la physiologie. Dans les domaines de la parole et de la voix, un nouveau terme, phonation, d'orientation physiologique, va entraîner une réévaluation de la voix en tant que première étape indispensable de la production de la parole. Celle-ci n'est plus réduite à l'articulation mais mise en relation avec la pensée et, par là-même, avec le fonctionnement du cerveau. Les grandes localisations cérébrales pour le langage sont définies par Broca (en 1861) et, pour la compréhension du langage oral et écrit, par Wernicke (en 1874), en relation avec différents types d'aphasie. Ainsi, une nouvelle voie de recherche est ouverte, celle de la neurolinguistique, qui va mettre en relation, à partir de l'examen d'un nombre croissant de cas, les caractéristiques cliniques des troubles acquis de la parole et du langage et leurs répercussions sur le plan linguistique. Dans une perspective complémentaire, l'étude de l'hystérie conduit un neurologue, Sigmund Freud, à l'issue d'une collaboration avec le docteur Breuer, à la mise au point de « la cure par la parole ». En tenant compte de la réflexion complémentaire de Freud sur le rôle joué par la sexualité et l'importance du transfert dans la cure, on peut dater de cette époque (les dernières années du siècle) la naissance de la psychanalyse.

En France, les grammairiens restent très attachés à la « grammaire générale » (sur le modèle de Port-Royal) et sont influencés par le courant des idéologues, encore très puissant au début du siècle. Ceci a pour effet de retarder l'engagement des grammairiens français dans des recherches comparatistes (surtout telles qu'elles sont menées en Allemagne). Ils préfèrent s'investir dans des tâches plus pratiques, telles que la réalisation de grammaires scolaires. C'est avec des préoccupations comparables que des recherches se poursuivent pour l'élaboration de transcriptions phonétiques. D'abord chez les « phonographes du vocabulaire », rédacteurs de dictionnaires désireux de préciser la prononciation des mots dont la graphie risque d'induire une pro-

nonciation fautive. Mais cette recherche sera plus poussée dans deux autres domaines : celui de l'enseignement des langues vivantes (en commençant par l'anglais), avec Paul Passy puis Daniel Jones, et celui de la dialectologie. Dans ce dernier cas, il s'agit de recueillir les formes parlées des langues régionales de la France, menacées de disparition surtout avec l'accélération du mouvement de centralisation politique consécutif à la révolution française de 1789. Deux alphabets de transcription phonétique sont alors créés, selon deux points de vue différents. Celui de l'Association phonétique internationale (créée en 1886), à vocation d'abord pédagogique, utilisant un nombre de caractères restreint et plus orienté vers la caractérisation d'unités invariantes, l'autre, celui des « romanistes », destiné à rendre compte de la variabilité des formes orales des « patois ». Ce nouvel « outil » va revaloriser une « phonétique à l'oreille » qui, d'une manière complémentaire à la recherche en linguistique historique, se consacre à la description phonétique des langues alors parlées en Europe, mais dans une perspective qui demeure orthoépique, en s'attachant à promouvoir une norme. La transcription phonétique se trouve alors investie d'un rôle (qui avait été pendant longtemps, en partie, celui de l'écriture orthographique) de conservation de données provenant des langues parlées. L'invention du phonographe, par Edison en 1878, remettra en question cette fonction de la transcription. La dialectologie, en recueillant la parole sur les lieux mêmes où elle a été émise (la campagne française), apparaît comme une linguistique « de terrain », fondée sur des observations concrètes d'individus parlants et se démarque ainsi de toute linguistique spéculative, souvent marquée idéologiquement. La question demeure, toutefois, de savoir si une accumulation de faits peut remplacer une théorie.

Tout au long du siècle, des innovations techniques vont permettre une meilleure analyse physique et physiologique des phénomènes de la parole et de la voix. C'est le cas, par exemple, du laryngoscope, miroir grâce auquel on peut procéder à l'examen, *in vivo*, des cordes vocales. Ce dispositif, utilisé en 1854 par Manuel Garcia, est surtout diffusé par Johan Nepomak Czermak grâce à l'apport complémentaire de la lumière artificielle. Dans le domaine de la production de la parole, le kymographe, inventé par Karl Ludwig en 1847, va renforcer le développement de la méthode graphique, en France, sous l'impulsion de Jules Étienne Marey.

Par ailleurs, les analyses acoustiques se perfectionnent dans deux directions qui ne cesseront de se concurrencer ; l'une, plus mathématique, issue des travaux de Joseph Fourier consacrés à la théorie analytique de la chaleur (1822) et l'autre, plus physique, avec les études de Von Helmholtz sur le timbre des sons de la musique, puis de la parole, à l'aide de résonateurs.

Ces avancées scientifiques et techniques sont favorables à la création de laboratoires de phonétique expérimentale dont l'un des tout premiers est celui de l'abbé Rousselot, d'abord hébergé à l'Institut catholique de Paris, puis au Collège de France en 1897. Ce laboratoire devient vite un lieu de

rencontre et d'échange entre phonéticiens, éducateurs, médecins et rééducateurs. Suzanne Borel-Maisonny, élève de l'abbé Rousselot, se spécialisera en rééducation des troubles du langage, de la parole et de la voix. Bien que le terme d'orthophonie ait été créé en 1828, il faudra attendre le XX^e siècle pour que la pratique rééducative orthophonique, en cabinet et sous contrôle médical, soit reconnue officiellement. Le terme de phoniatrie apparaîtra en Allemagne, toujours dans un contexte de recherches en phonétique expérimentale conduites sous la direction de H. Gutzman. Celui-ci sera nommé professeur de phoniatrie à Berlin en 1905.

L'abbé Rousselot, qui avait soutenu une thèse en dialectologie, solidement formé en linguistique historique, a toujours présenté la phonétique expérimentale comme un moyen d'accéder à une connaissance plus affinée des processus d'évolution phonétique des langues, alors même que la linguistique s'autonomisait comme science historique. Il arrivera à convaincre les dialectologues de l'intérêt des analyses expérimentales de leurs parlers mais les autres linguistes et même une partie des phonéticiens « à l'oreille », tel Paul Passy, se montreront très réticents et même critiques vis-à-vis de l'utilisation d'une instrumentation jugée superflue (l'oreille demeure pour eux le meilleur instrument d'analyse de la parole et de la voix). Même si l'abbé Rousselot ne cesse de plaider pour une phonétique linguistique, les différentes pratiques phonétiques apparaissent trop différenciées pour s'intégrer, en totalité, dans la linguistique (surtout telle qu'elle est conçue alors).

Une première scission est opérée par les deux représentants les plus prestigieux de « l'école de Kazan » (en Pologne), Baudouin de Courtenay et Krukowski. Ils proposent de scinder la phonétique en deux parties indépendantes : l'une, anthropophonique, considère les sons du point de vue objectif de la physique et de la physiologie, l'autre, la phonétique au sens strict ou encore morphologico-étymologique, s'occupe des sons en relation avec le sens des mots. Dans ce dernier cas, le terme de son lui-même est rejeté et Krukowski propose de le remplacer par celui de phonème (emprunté à Ferdinand de Saussure qui le tient lui-même de Dufriche-Desgenette, 1873).

En France et dans une perspective différente, Michel Bréal qui est à l'origine (avec Baudry) du terme de phonétique, « science des sons du langage », crée en 1897, en regard, le terme de sémantique, « science des significations ». Comme le constate G. Bergounioux dans son ouvrage « Aux origines de la linguistique française » (1994) : « du double statut du langage – matériel par sa composante sonore [...] et mental par son sens – [...] la linguistique a quelque difficulté à assumer l'hétérogénéité ».

Quoi qu'il en soit, les laboratoires de phonétique expérimentale, qui se développeront au siècle suivant en France et dans tout le monde, poursuivront l'exemple de leur illustre devancier, continueront à rassembler les différents spécialistes des analyses de la parole et surtout de la voix, phonéticiens, dia-

lectologues, enseignants, médecins, rééducateurs, ingénieurs. Tous se retrouveront avec une même volonté de recherche interdisciplinaire, d'autant plus méritoire qu'elle sera difficile à maintenir au siècle suivant avec le durcissement de l'autonomisation des disciplines, l'hyperspécialisation et leurs conséquences institutionnelles.

De nouveaux « outils de réflexion » et des développements technologiques accélérés contribuent à approfondir et élargir les connaissances sur la parole et la voix

L'autonomisation de la linguistique se poursuit avec l'apport déterminant de Ferdinand de Saussure, dont le « Cours » est publié en 1915. La linguistique, pour laquelle il distingue bien deux approches, l'une historique, diachronique, et l'autre actuelle, synchronique, a pour objet la « langue », phénomène social défini comme un code, alors qu'est placée en retrait la « parole », ensemble de phénomènes relevant plutôt de l'utilisation plus individuelle du langage (dans ce sens, la « parole » comprend aussi une grande partie des phénomènes vocaux). Cette insistance sur le caractère formel de l'objet linguistique sera reprise par Noam Chomsky avec la « grammaire générative » privilégiant la « compétence », préalable indispensable pour rendre compte de la « performance », c'est-à-dire de ce qui est directement observable dans les actes de parole concrets. Une grande partie des phonologues qui vont se succéder, de la phonologie structurale à la théorie de l'optimalité, considéreront comme acquise la séparation entre la phonétique, science (naturelle) de la substance, et la phonologie, science de la forme. Nicolas Troubetzkoy, qui est à l'origine de cette fracture (1939), avait ménagé un espace de recherche, la phonostylistique (développée plus tard et surtout par Yvan Fonagy), pour rendre compte des fonctions expressive et appellative du langage et non plus seulement de la fonction représentative. Ferdinand de Saussure lui-même, dont les thèses ont été réévaluées récemment (et en particulier la dichotomie langue/parole, après la découverte de nouveaux manuscrits), avait laissé une ouverture possible en faisant de la linguistique un domaine de la sémiologie, « science des signes au sein de la vie sociale ». C'est dans cette direction plus symbolique que s'orientent les recherches qui relèvent des sciences de la culture (Rastier).

Des essais de mise au point d'une typologie des voix (parlées et chantées), par l'ethnolinguistique et l'ethnomusicologie, ont permis d'élargir nos connaissances des mécanismes fondamentaux de la voix et de dépasser le cadre étroit des contraintes culturelles limitées aux seules civilisations occidentales.

Le XX^e siècle et le début du XXI^e vont connaître un essor sans précédent des recherches sur le langage, les différentes langues parlées dans le monde et

aussi la parole et la voix replacées dans le cadre plus général de la communication parlée. Toutes ces études se caractérisent par un approfondissement continu grâce à l'utilisation de moyens technologiques qui n'ont cessé de se perfectionner tout au long du siècle dernier et au début de celui-ci : les analyses mécaniques sont renouvelées par le développement de l'électronique, elle-même récemment supplantée par l'informatique. Les postes de travail informatiques, munis de logiciels continuellement remis à jour pour s'adapter, avec plus ou moins de bonheur aux besoins sans cesse changeants des chercheurs et des praticiens, ont profondément modifié le contexte des études scientifiques de la parole et de la voix ainsi que la diffusion des résultats tant au niveau des recherches fondamentales que des applications. Il serait fastidieux de recenser tous les moyens techniques d'analyses acoustiques et physiologiques qui se sont succédés. Soulignons, toutefois, qu'on leur doit une connaissance affinée des processus de la parole et de la voix. L'informatique a permis de regrouper sur une même représentation, en temps réel, des analyses synchrones provenant de sources différentes. Ceci a culminé avec le multimédia grâce auquel les gestes, les mimiques, les échanges de regards sont mis en relation avec l'analyse acoustique des signaux de parole elle-même complétée par la perception (donnant lieu à des transcriptions phonétiques fines). Ces analyses sont sous-tendues par des plans d'expérience rigoureux afin de contrôler l'extrême variabilité des phénomènes linguistiques. Mais on peut leur reprocher de porter sur une « parole (et une voix) de laboratoire » dont le caractère artificiel a été souvent critiqué. Toutefois, lorsque la valeur conférée à certains paramètres phonétiques est discutable, il est possible de simuler la parole et la voix grâce à la synthèse analogique du conduit vocal avec une source elle-même simulée. D'autre part, la reconnaissance analytique de la parole a été un remarquable moyen de compréhension des processus cruciaux du décodage acoustico-phonétique (du signal acoustique au sens). Les recherches sont poursuivies actuellement sur des bases plus mathématiques, dans un souci de fiabilité, pour les différentes applications de la reconnaissance de la parole.

La philosophie « continentale », restée largement influencée par la phénoménologie, développe une réflexion sur l'intentionnalité, concept souvent appliqué aux conduites langagières. Un élargissement des perspectives d'étude de l'activité langagière s'est produit à partir de la réflexion philosophique sur le « langage ordinaire » initiée par Wittgenstein et poursuivie par plusieurs représentants de la philosophie analytique surtout anglo-saxonne (avec Austin pour le courant pragmatique). Les analyses conversationnelles se consacrent à ce langage courant et étudient, par exemple, la succession des prises de parole dans des situations de communication habituelle. Elles font intervenir aussi la part relative des compétences individuelles et du contexte social dans l'organisation des échanges langagiers. L'objet de l'analyse des conversations est alors le discours dans l'interaction avec son système de tours de parole (l'auditeur est plus qu'un simple faire-valoir dans l'acte de communication). Ainsi, une description fine des

formes d'organisation propres aux conversations, en partant d'analyses détaillées d'interactions authentiques, conduit à la recherche (qui peut apparaître souvent mythique) d'une parole « spontanée » dont les éléments vocaux, les phénomènes prosodiques et surtout mélodico-rythmiques mais aussi gestuels retrouvent un rôle majeur dans la signification des énoncés. Ces études ont permis de prendre conscience de la dysfluente qui caractérise la parole conversationnelle avec ses pauses, ses hésitations, ses faux départs... qu'il serait peut-être bon de distinguer (mais est-ce toujours possible ?) de la dysfluente relevant, quant à elle, plutôt de la pathologie du langage.

D'autre part, la séparation entre parole et voix, comme deux étapes bien distinctes de la production des unités phoniques du langage, n'est plus aussi assurée. C'est d'ailleurs la conclusion à laquelle parviennent les rééducateurs lorsqu'ils se préoccupent du placement de la voix qui fait aussi intervenir largement des phénomènes supraglottiques. Dans la même perspective, un complément de l'Alphabet phonétique international a été réalisé en 1994 pour transcrire le langage pathologique. C'est non seulement la parole qui est concernée par cette extension (extIPA) mais aussi la qualité vocale grâce à l'utilisation de caractères spécifiques. Un système de balises étiquetées permet d'isoler, dans la transcription phonétique, des séquences vocales particulières de l'énonciation.

Une nouvelle étape a été franchie, surtout dans le dernier tiers du XX^e siècle, avec le développement des sciences cognitives qui analysent le fonctionnement du cerveau dans la production de la parole, à l'aide de l'imagerie cérébrale (elle s'ajoute de manière générale à l'utilisation *in vivo* de l'imagerie médicale qui n'a cessé de se perfectionner tout au long de ce siècle). Les recherches préalables en neurolinguistique avaient montré déjà toute la fascinante complexité du fonctionnement cérébral dans les modifications pathologiques du langage caractérisant les différents types d'aphasie.

La mise en relation entre les données issues d'une expérience cumulée (de nature souvent holistique), sur plus de 2 000 ans, des « phonasques » grecs aux orthophonistes et phoniâtres, et les analyses scientifiques de laboratoire, plus fragmentaires, demeure assez délicate. Cet approfondissement et cet élargissement des analyses de la parole et de la voix ne sont pas sans soulever de nouvelles questions épistémologiques : comment gérer cette complexité ? Par un recours à l'interdisciplinarité ? L'expérimentation permet bien de contrôler la variabilité des phénomènes linguistiques mais elle doit s'accompagner souvent d'une simulation ou plus généralement d'une modélisation plus synthétique (d'où le rôle crucial joué par la formalisation).

Qu'en est-il de la parole et de la voix dans la classe ? La position de l'enseignant vis-à-vis des apprenants a elle-même profondément changé comme on peut le constater en ce début du XXI^e siècle. Il paraît de plus en plus dif-

ficile d'imposer dans l'enseignement, à tous les niveaux, un cours de type « magistral ». La nécessité d'introduire une part importante d'interactions dans la communication parlée en classe est maintenant couramment admise. Elle commande une régulation des prises de parole et une organisation des débats elle-même judicieusement réglée. L'hétérogénéité des groupes d'apprenants peut engendrer, pour un nombre croissant d'entre eux, un sentiment d'insécurité linguistique et un malaise certain chez les enseignants souvent à la recherche de leur « public ». De ce fait, il convient de prendre en compte non seulement le rôle des facteurs sociolinguistiques, souvent mis en avant, mais aussi et surtout socioculturels, dans les nouvelles relations entre apprenants et enseignants.

Cette amorce d'épistémologie historique de la parole et de la voix laisse transparaître souvent un fort investissement idéologique : ce qui est en question c'est le propre de l'homme avec en arrière plan l'opposition entre nature et culture. Une autre grande séparation vient renforcer cette première dichotomisation : à la voix des passions répond la parole de la raison. Mais l'homme a-t-il toujours la maîtrise de sa parole et plus encore de sa voix ? Les résultats des recherches psychopathologiques et surtout de celles de ce « maître du soupçon » qu'a été Sigmund Freud permettent d'en douter. Mieux, c'est la voix qui caractérise, en propre, l'expérience humaine. N'a-t-on pas surestimé alors la signification de la parole au détriment de ce que, en reprenant la réflexion des philosophes du Moyen Âge, on pourrait appeler la signifiante ? Toute signification passe par un locuteur particulier dont la voix se charge des résonances personnelles de son vécu.

Du son vocal à la parole

Les cordes vocales ou plis vocaux désignent deux plis charnus composites situés à l'intérieur du larynx à la jonction entre la trachée et le pharynx. Ces plis sont orientés dans le sens antérieur-postérieur. Ils s'appuient vers l'avant sur le cartilage thyroïde (la pomme d'Adam) et vers l'arrière sur deux petits cartilages appelés aryénoïdes. Le locuteur contrôle l'écartement, la longueur, la forme et la tension des plis vocaux en les contractant et en changeant les positions des cartilages du larynx les uns par rapport aux autres. L'espace tridimensionnel compris entre les plis vocaux est appelé glotte.

Le son produit par l'écoulement pulsé de l'air à travers la glotte en oscillation s'appelle la voix. La voix est produite par la transformation de l'énergie aérienne en énergie acoustique. Cette transformation est sous la dépendance de plusieurs facteurs qui sont d'origine aérodynamique (pression sous-glottique) et biomécanique (masse, raideur, viscosité du vibreur, tension et con-

traction des muscles intrinsèques et extra-laryngés). Le son laryngé rayonne à travers un ensemble de cavités résonnantes. Les structures supraglottiques forment le conduit vocal. Ses caractéristiques morphologiques et pariétales (déperditions d'énergie, résonances) déterminent le timbre de la parole et contribuent à la qualité de la voix.

Le pli vocal est constitué par une muqueuse, un ligament et un muscle vocal. La muqueuse du pli vocal est séparée du ligament vocal par un espace de glissement appelé espace de Reinke. L'ondulation muqueuse est produite par le passage de l'air sous-glottique lors de l'expiration, à travers les plis vocaux fermés. Elle se fait selon trois axes : de bas en haut, antéropostérieur, latéral. La constitution chimique de l'espace de Reinke, en particulier la présence d'acide hyaluronique, joue un rôle important en favorisant la souplesse et le glissement de la muqueuse sur le ligament vocal et participe à l'efficacité du vibreur laryngé.

Les vibrations des plis vocaux sont auto-entretenues. Elles résultent d'une chaîne de causalité circulaire qui relie les forces élastiques et visqueuses générées par le mouvement des plis vocaux aux forces aérodynamiques dans la glotte. Celles-ci font suite à l'écoulement de l'air en provenance des poumons. En régulant la manière de vibrer des plis vocaux, le locuteur fixe le timbre ainsi que la hauteur et la sonie de son émission vocale, contrôle l'intonation des phrases, accentue les syllabes et bascule entre le voisement et le non-voisement des sons de parole.

Les troubles de la voix sont les conséquences ressenties, perceptibles ou audibles d'une anomalie ou d'une lésion organique acquise ou congénitale des plis vocaux. Il peut s'agir également d'un contrôle déficient de la respiration ou de l'articulation laryngée ou encore d'une difficulté psychologique. Les lésions organiques acquises peuvent témoigner d'un malmenage ou surmenage vocal.

Certains facteurs physiologiques et environnementaux peuvent contribuer à l'altération du vibreur. Une trop grande pression sous-glottique, en registre grave, à forte intensité, va augmenter l'amplitude de l'ondulation muqueuse qui peut devenir trop importante et être à l'origine de microtraumatismes responsables d'une modification tissulaire et de l'apparition de nodules. Le vieillissement affecte inégalement chaque individu et peut avoir un effet sur la souplesse des plis vocaux. L'entraînement vocal semblerait ralentir le vieillissement de la voix. Une déshydratation de l'air augmenterait la viscosité et la rigidité de la muqueuse avec, comme conséquence, une modification acoustique de la voix et de son efficacité (il faut produire plus d'effort pour un résultat identique). Une bonne hydratation contribue au bon fonctionnement laryngé. Enfin, l'environnement a un rôle sur le bon fonctionnement des plis vocaux : facteurs physiques (produits inhalés), agents biologiques (virus, bactéries), produits chimiques irritants, substances pharmacologiques (hormones, médicaments).

L'analyse acoustique de la voix contribue au bilan vocal

Les origines physiques des troubles de la voix sont diverses : modes vibratoires anormaux des plis vocaux, turbulence excessive de l'air, amplification du tremblement vocal ou de la « gigue » vocale (anglais *jitter*), vibrations parasites de structures du larynx qui normalement ne vibrent pas, transitions incontrôlées entre modes vibratoires différents. Quelle que soit la cause exacte, les perturbations rapides des durées et amplitudes des cycles de parole sont couramment désignées par les termes anglais *jitter* et *shimmer* (ou « *shimmy* ») respectivement. D'autres symptômes vocaux sont la dysprosodie et la coordination déficiente entre articulation et voisement.

Souvent, les effets des troubles de la voix sur la parole sont décrits à l'aide d'indices acoustiques, mécaniques ou aérodynamiques. Ces indices sont des données chiffrées obtenues à partir du signal de parole ou d'un autre signal (par exemple l'électrolaryngographie, le microphone de contact ou la mesure du débit aérien) enregistré de manière non invasive. Ils résument les propriétés de la parole qui sont cliniquement pertinentes. Les indices sont choisis en fonction des troubles laryngés visés, des symptômes vocaux qui sont décrits, des corrélations recherchées avec d'autres niveaux de descriptions, des tâches imposées aux patients, des performances linguistiques concernées, ainsi que de l'instrumentation et de la nature des signaux recueillis.

Le bilan vocal du patient comprend, entre autres, une analyse acoustique et une évaluation perceptive de l'émission vocale du patient. Souvent, les indices acoustiques sont obtenus à l'aide d'un logiciel dédié. Ces logiciels disponibles en clinique reposent sur des recherches qui ont été menées à bien il y a dix ou vingt ans. Ils ne comportent pas de méthodes d'analyse récentes qui répondent aux besoins actuels des cliniciens.

L'expertise vocale participe à l'évaluation du handicap vocal qui serait la conséquence d'un trouble de la voix lié à l'exercice d'une profession ou à l'exposition à un risque vocal. L'évaluation du handicap d'un locuteur professionnel peut être délicate car l'usage intensif et prolongé de la voix pendant l'exercice de la profession est difficile à simuler en clinique ou au laboratoire.

À l'heure actuelle, peu de systèmes d'analyse ambulatoires, utilisables sur le terrain, sont disponibles. Ceux qui existent ont été construits de façon artisanale. Par conséquent, l'expérience accumulée est faible et l'usage n'est pas répandu. Aussi, il n'existe pas de consensus sur les indices à mesurer.

Peu d'études existent sur l'usage direct pendant la rééducation des indices acoustiques de la qualité de la voix. Cet usage des indices acoustiques consisterait à informer le patient sur sa voix et sur l'évolution de sa qualité. L'usage en rééducation est justifié par l'observation que seuls les indices acoustiques véhiculent une information pertinente sur la voix du patient, qui serait la même pour le thérapeute et le patient (*biofeedback*). Le signal de parole propagé dans l'air est unique en ce sens qu'il est commun au locuteur

et à l'auditeur. Cependant, le locuteur perçoit sa propre voix différemment de l'auditeur. Par ailleurs, le locuteur ne peut, évidemment, pas observer directement son articulation vocale ou ses propres cordes vocales.

L'évaluation perceptive et l'analyse acoustique des troubles de la voix font partie du bilan vocal. En pratique, le clinicien s'attend à une corrélation modeste ou modérée entre l'évaluation perceptive, les indices acoustiques et l'autoévaluation par le patient. En général, les cliniciens se sont résignés à constater que le bilan vocal exige une représentation multi-niveaux de la voix avec une corrélation modérée entre traits perceptifs, indices acoustiques et indices subjectifs.

Cette situation prévaut actuellement en clinique. Mais il n'est pas facile de savoir dans quelle mesure elle reflète une réalité cognitive chez les auditeurs ou l'ignorance des indices acoustiques perceptivement pertinents. L'analyse combinée avec la synthèse acoustique vocale pourrait contribuer à une exploration systématique des perturbations acoustiques et des percepts cliniquement judicieux.

L'évaluation perceptive par le thérapeute et l'autoévaluation par le patient contribuent également au bilan vocal

La voix est multidimensionnelle et nécessite une évaluation multiparamétrique pour faire un diagnostic et orienter la prise en charge. Parmi les différentes mesures de la voix, l'évaluation perceptive a une place à part. Cette évaluation consiste à décrire d'une part le timbre de la voix et ses qualités esthétiques, d'autre part les comportements articulatoires et prosodiques et enfin l'intelligibilité de la parole. De nombreuses échelles perceptives existent selon les critères d'évaluation recherchés (timbre, intelligibilité, linguistique). L'échelle GRBAS (*grade, roughness, breathiness, asthenicity, strained*) évalue principalement le timbre et le comportement phonatoire. Elle est la plus répandue, facile à utiliser en clinique et ne dépend ni de la langue ni de la compétence professionnelle de l'examineur. Elle comprend 5 indices (grade ou degré de sévérité de la dysphonie, raucité, souffle, asthénie, serrage) et 4 grades de sévérité (0, 1, 2, 3). Un exemple de cotation d'une voix très dysphonique, assez rauque, légèrement voilée et assez serrée : G₃R₂B₁A₀S₂.

Outre l'évaluation perceptive, la notion du vécu des troubles vocaux par le sujet lui-même, du retentissement et des conséquences de la pathologie vocale au quotidien devrait faire partie de l'expertise vocale. Plusieurs outils d'évaluation de la qualité de vie sont actuellement à notre disposition, le plus utilisé étant le *Voice Handicap Index* (VHI) qui comprend 30 items regroupés en 3 sous-échelles : physique, émotionnelle, fonctionnelle. Une version raccourcie ne comprenant que 10 items est utilisée aux États-Unis.

Un trouble de la voix peut avoir un impact bien plus important que ne laisse présager la perturbation acoustique car il retentit sur la vie professionnelle et sociale d'un individu ; il retentit également sur le mental, le physique, l'émotionnel et la communication.

Les critères médicaux d'évaluation d'un trouble de la voix ne reflètent pas le degré de handicap de communication. Il est important de laisser la place à l'évaluation par le patient de son degré de handicap, ce dernier n'étant pas toujours corrélé à la réalité objective de la dysphonie.

La Classification internationale du handicap par l'OMS considère le handicap comme la conséquence d'un trouble qui limite les activités d'un individu et ceci autant à cause du trouble dit « objectif » que de facteurs personnels et environnementaux, qui peuvent modifier la perception que le patient a de son trouble. C'est une définition multidimensionnelle qui admet qu'à trouble similaire, deux personnes peuvent expérimenter des limitations différentes de leur activité, du fait de leurs différences personnelles et environnementales. « Cette classification prend en compte les aspects sociaux du handicap et propose un mécanisme pour établir l'impact de l'environnement social et physique sur le fonctionnement d'une personne. C'est l'environnement qui doit s'adapter à chaque personne et non le contraire. »

Aux États-Unis, le Ministère de la santé a estimé de 30 à 150 billions de dollars par an le coût des troubles de la voix en termes de perte de productivité, traitement et éducation. En France, il n'existe pas encore d'étude similaire de santé publique sur les conséquences financières des troubles vocaux chez les professionnels de la voix.

Différentes formes de pathologies sont associées à l'usage professionnel de la voix, en particulier chez les enseignants

Un certain nombre d'altérations laryngées, en particulier des plis vocaux, sont à mettre en rapport avec la notion de réaction tissulaire de surcharge biomécanique (conditions phonatoires supraphysiologiques, phonotraumatisme). Il s'agit, d'une part de l'érythème et de l'œdème des plis vocaux (notion de « laryngite ») ainsi que de polype vocal ou de formes polypoïdes (phonotraumatisme aigu), et d'autre part des nodules vocaux et dans une certaine mesure des ulcérations de contact et des granulomes dorsaux des plis vocaux (phonotraumatisme chronique). Toutefois, certaines de ces manifestations ne sont pas spécifiques, en ce sens que le phonotraumatisme n'est pas nécessairement l'unique agent étiopathogénique. Ainsi, l'érythème laryngé peut procéder en partie de facteurs environnementaux (poussière, air sec...) ; le polype vocal (en particulier la forme angiectasique) prend préférentiellement naissance dans une muqueuse déjà congestive (par exemple à cause de

la fumée de cigarette). Les ulcérations de contact et les granulomes dorsaux peuvent résulter en partie de reflux gastro-œsophagiens. Les nodules vocaux peuvent être considérés comme l'altération la plus spécifique de la pathologie à un stade débutant et encore paucisymptomatique. Ils sont identifiés avec une fréquence significativement plus élevée chez des institutrices maternelles que dans un groupe homogène apparié (infirmières). Pour quelques autres pathologies laryngées, l'usage vocal intensif (auquel peut s'ajouter un malmenage vocal) est considéré comme cofacteur étiologique possible : c'est le cas de l'œdème de Reinke (cordite polypoïde) et de la laryngite chronique hyperplasique, où tabagisme et éthylisme sont les agents étiologiques principaux. Des anomalies congénitales mineures (sulcus, micropalmure) pourraient jouer un rôle favorisant, de même que des facteurs de terrain (allergie des voies respiratoires supérieures et son traitement par stéroïdes inhalés) ou des pathologies chroniques comme le reflux gastro-œsophagien et le reflux gastro-pharyngé.

La pathogénie des nodules vocaux paraît associée à un mode vibratoire particulier des plis vocaux, qui limite le contact (collision puis décollement) entre les bords libres des plis vocaux à une localisation particulière : l'union du tiers antérieur et des deux tiers postérieurs. Ce mode vibratoire requiert trois conditions biomécaniques : une adduction dorsale incomplète ; une position de repos incurvée (plutôt que rectiligne), autour de laquelle se fait le mouvement oscillatoire ; et une amplitude d'oscillation suffisante (faute de quoi le contact n'a pas lieu).

La pathologie vocale en général, et les nodules vocaux en particulier, surviennent de façon très largement prépondérante chez la femme. Le principal facteur est la fréquence vibratoire moyenne de la voix parlée, et donc la fréquence du microtraumatisme éventuel (115 Hz chez l'homme et 210 Hz chez la femme). Par ailleurs, l'insuffisance d'occlusion glottique dorsale complète est presque à considérer comme physiologique chez la femme (2/3 des sujets normaux). L'incurvation du bord libre apparaît avec la fatigue vocale et l'amplitude d'oscillation suffisante requise pour provoquer le microtraumatisme accompagne naturellement la projection vocale et la nécessité d'élever le niveau sonore. Les réactions tissulaires sont réversibles au début, définitives ensuite.

Les facteurs d'environnement sont également importants : acoustique du local de classe, bruit de fond extérieur, bruit de classe, air trop sec... de même que la tension psychique (stress) qui accompagne le geste vocal. Ce stress exerce des effets physiologiques divers, généralement défavorables hormis quelques exceptions, notamment la sécheresse de la muqueuse, la rigidité posturale, l'augmentation indifférenciée du tonus des muscles intrinsèques laryngés, des modifications respiratoires...

Les techniques de dépistage et les tests d'aptitude sont encore peu développés. Quelques tentatives ont été réalisées en ce sens, basées sur l'anamnèse,

l'évaluation perceptive de la qualité vocale, l'examen clinique laryngoscopique, ou sur certains tests vocaux physiques, tels le temps maximum de phonation (TMP) ou l'étude de la dynamique de la fréquence fondamentale de la parole en fonction du niveau d'intensité sonore imposé. La sensibilité et la spécificité paraissent jusqu'à présent insuffisantes pour en faire conseiller la diffusion.

Les troubles de la voix surviennent fréquemment chez les enseignantes

La majorité des études, qui devraient permettre une estimation de la prévalence et de l'incidence, ont des limites d'exploitation et d'interprétation, en particulier du fait de l'absence de définition consensuelle de ce trouble fonctionnel qui ne renvoie pas à une classification nosologique médicale claire. Dans la Classification internationale des maladies (CIM), les troubles de la voix sont répertoriés dans plusieurs rubriques (ORL, neurologie, psychiatrie).

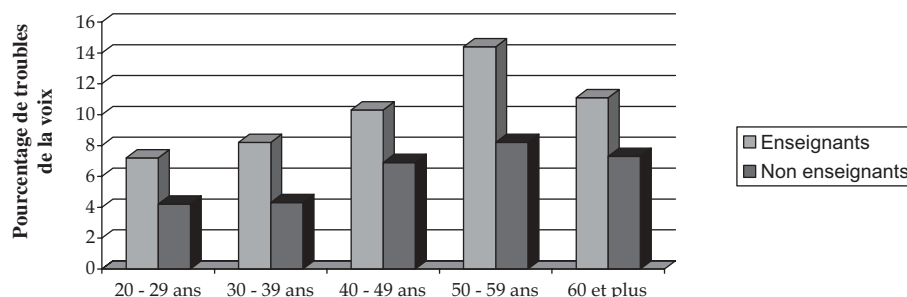
D'un point de vue méthodologique, la plupart des études sur les troubles de la voix sont fondées sur :

- des questionnaires d'autoévaluation (souvent différents d'une étude à l'autre) mais qui permettent un recrutement statistiquement suffisant ;
- des examens spécialisés (vidéolaryngoscopie, logiciel d'évaluation de la voix enregistrée) limitant alors la taille des échantillons et dont l'interprétation des résultats dépend des opérateurs. Ces difficultés expliquent peut-être la grande disparité des chiffres publiés.

En population générale aux États-Unis, la prévalence est estimée, d'après les études les plus récentes entre 3 à 9 %.

Chez les enseignants, des études épidémiologiques sur les troubles de la voix ont été réalisées dans des pays européens (Finlande, Angleterre), aux États-Unis et en Australie. Plusieurs études mettent en évidence que les problèmes vocaux surviennent plus fréquemment chez les enseignants que dans la population générale, et ceci de manière très significative. Ainsi aux États-Unis, la prévalence est d'environ 12 % chez les enseignants et de 6 % chez les non-enseignants. Une étude finlandaise récente montre que la prévalence des symptômes vocaux chez les enseignants a significativement augmenté en 12 ans (1988-2000).

Les études montrent également que chez les enseignants qui demeurent dans la profession, la prévalence des problèmes vocaux croît avec l'âge, pour atteindre un maximum dans le groupe d'âge 50-59 ans. La prévalence est très nettement supérieure chez les femmes.



Troubles de la voix en fonction de l'âge (d'après Roy et coll., 2004)

En France, les troubles de la voix n'ont pas été identifiés clairement comme une pathologie professionnelle malgré le nombre important des enseignants qui représentent 2,7 % de la population active du pays. Très peu d'études ont été menées dans ce secteur professionnel ; pourtant, les troubles de la voix commencent à être pris en compte dans les IUFM qui tentent de mettre en place des programmes de sensibilisation ou de prévention.

Dans une étude de la Mutuelle générale de l'éducation nationale (MGEN) menée en 2005, (10 288 répondants à l'enquête dont 3 904 enseignants en activité), parmi les enseignants, 26 % des hommes et 50 % des femmes déclarent avoir toujours ou souvent des troubles de la voix. Les tendances observées indiquent que les prévalences des troubles de la voix sont légèrement plus fortes chez les enseignant(e)s des classes de maternelle.

Dans le métier d'enseignant, une évolution des plaintes vocales est certaine depuis quelques dizaines d'années. Elle est probablement en rapport avec une grande féminisation du milieu éducatif, particulièrement dans les classes maternelles et primaires. Le genre féminin est un facteur de risque chez les enseignants. Certains types d'enseignement comportent un risque plus élevé (musique, classes maternelles, primaires, sport). Les études réalisées jusqu'à maintenant n'ont pas mis en évidence un risque plus important chez les enseignants de langue.

Aux États-Unis, les troubles de la voix ont pour conséquence 2 jours d'absentéisme par an et par enseignant avec un coût total estimé à 638 millions de dollars par an, et un coût de remplacement de l'enseignant pour un montant de 220 \$ par jour. En Finlande, 5 % des enseignants ont une capacité professionnelle remise en cause pour des troubles de la voix.

Les conditions environnementales constituent des facteurs de risque à prendre en compte

Des facteurs ergonomiques sont à prendre en compte dans les facteurs de risque des troubles de la voix. Notons en premier lieu la pollution acoustique dans les classes, les amphithéâtres, les gymnases, qui est un facteur majeur de forçage vocal. Des recommandations existent en France mais elles ne concernent que les bâtiments neufs et sont peut-être insuffisantes comparées aux recommandations de l'OMS. Fondées sur des recommandations acoustiques, elles ne prennent pas assez en compte les difficultés sensorielles de perception auditive fréquentes chez les enfants, voire la nécessité d'une surpuissance acoustique de la part du locuteur, nécessaire pour les enfants dont la langue maternelle serait différente de la langue enseignée (rapport signal/bruit d'environ 15 dB). Les pollutions acoustiques externes (milieu urbain, aéroport, autres) sont des facteurs reconnus de difficulté d'apprentissage chez les élèves les plus jeunes.

Normes acoustiques dans les classes d'enseignement

Normes ou recommandations	Bruit ambiant maximal en dB(A)	Temps de réverbération (secondes)
États-Unis <i>American Speech-language Hearing Association</i> (2005)	30 dB : salle vide 35 dB : $\leq 566 \text{ m}^3$ 40 dB : $> 566 \text{ m}^3$	$< 0,4$ sur bandes 500-2 kHz $0,4 < \text{Tr}60^* \leq 0,6$
ANSI S12-60 2002	Leq dB(A) sur 1 heure continue la plus bruyante	
Grande-Bretagne <i>Building Bulletin</i> 93	35 dB : salle de classe et salle de conférence < à 50 pers 30 dB : salle de conférence > 50 personnes Leq dB(A) sur 30 minutes	$< 0,6$ école élémentaire $< 0,8$ école secondaire < 1 salle de conférence > 50 personnes
OMS Recommandations WHO	35 dB Leq dB(A) sur le cours	$< 1 \text{ s}$ $< 0,6$ voire inférieur pour malentendants
France Arrêté du 25 avril 2003	Bruit continu 33 dB : bibliothèques, salle musique, salle repos, infirmerie 38 dB : locaux d'enseignements Bruit intermittent 38 dB : bibliothèques, salle musique, salle repos, infirmerie 43 dB : locaux d'enseignements Bruits dus aux équipements techniques du bâtiment	$0,4 < \text{Tr}60^* \leq 0,8$ salle $\leq 250 \text{ m}^3$ $0,6 < \text{Tr}60^* \leq 1,2$ salle $> 250 \text{ m}^3$

* $\text{Tr}60$: temps mis par l'énergie sonore pour décroître de 60 dB à l'extinction de la source sonore ; Leq : *level equivalent*

D'autres facteurs sont à prendre en compte :

- la durée de phonation de l'enseignant, avec plaintes vocales plus fréquemment l'après-midi ;
- l'hygrométrie de l'air des locaux, facteur très souvent évoqué dans les études, corrélée à une bonne hydratation pour avoir un mucus de bonne qualité nécessaire à la vibration correcte des cordes vocales ;
- la qualité de l'air pour assurer, dans des locaux de travail à pollution non spécifique, un renouvellement nécessaire en tenant compte du nombre d'élèves présents dans les classes ;
- les polluants dans l'air. Des dysphonies par des polluants chimiques (ammoniaque, fumées de soudure, solvants, fumées diesel, moisissure, ozone, formaldéhyde) sont retrouvées dans quelques études réalisées en milieu professionnel. Dans une seule étude récente, les enseignants de physique/chimie sont montrés comme à risque vocal. Les enseignants des lycées professionnels sont aussi possiblement à risque, surtout en insuffisance de ventilation des locaux.

Il existe aussi des enseignants qui ne se plaignent d'aucun trouble vocal, ce qui pose la question de différences interindividuelles pour la survenue des troubles. Cette variabilité peut être due à des facteurs constitutionnels mais peut être aussi au développement de stratégies d'adaptation vocale plus pertinentes dont la reconnaissance et la mise en œuvre seraient une piste de prévention simple. La nécessité d'adaptation à différentes catégories d'élèves et de locaux est une exigence du métier d'enseignant et peut expliquer la survenue des troubles de la voix chez des sujets sans antécédents vocaux, quelquefois en début de carrière, voire de façon sporadique dans leur cursus. La directive européenne 89/391/CEE du 12 juin 1989, directive cadre qui définit les principes fondamentaux de protection des travailleurs, est le canevas pour mettre en œuvre en priorité des solutions collectives : l'information nécessaire des enseignants sur le risque vocal (donner des instructions appropriées) ; l'évaluation a priori des facteurs de risques (risque acoustique, risque chimique) ; combattre les risques à la source par l'absence de dégradation, l'amélioration des qualités acoustiques des classes par l'implantation judicieuse des établissements (pollution acoustique externe), l'amélioration des ventilations, la substitution des produits dangereux (stylos feutres avec solvants, effacement à sec des tableaux). Des solutions de prévention individuelle peuvent être adoptées chez les enseignants souffrant de troubles de la voix, en adaptant le travail à la personne en tenant compte des avancées techniques (usage de systèmes d'amplification, création de salle de repos vocal pour les enseignants dysphoniques). Concernant la diminution des niveaux de bruit dans les salles de classe, il est possible d'atténuer les bruits intrusifs par un renforcement de l'isolation phonique, et de limiter la gêne relative aux équipements techniques en modifiant leur installation. Concernant le contrôle de la réverbération, il est possible de poser des panneaux acoustiques semi-absorbants en prenant soin de ne pas trop diminuer le temps

de réverbération. Ce type d'aménagement permet de plus une absorption du bruit généré par les élèves. Un dernier type de traitement, très important, est le renforcement des premières réflexions (dont le délai d'arrivée aux oreilles est inférieur à 50 ms), qui ont pour rôle de renforcer naturellement la voix et l'intelligibilité du message, et donc permettent de diminuer l'effort vocal du professeur.

Il faut signaler que dans d'autres situations professionnelles, différentes de l'enseignement, il existe aussi un risque vocal. Dans les sociétés modernes, pour un tiers des travailleurs l'usage de la voix est le premier outil tels les téléopérateurs de centres d'appels téléphoniques (*call-centers*), les personnels d'accueil, les travailleurs qui communiquent en milieu de pollution sonore.

Le diagnostic d'une altération de la voix parlée nécessite un bilan fonctionnel et un bilan étiologique

Le diagnostic d'une altération de la voix parlée ou dysphonie est fait lors d'un bilan de la phonation. Celui-ci comprend un bilan fonctionnel et un bilan étiologique.

Le bilan fonctionnel est clinique et instrumental. L'interrogatoire est sans doute la partie la plus longue, car il est important de s'enquérir des plaintes (fatigue vocale, forçage, difficultés respiratoires), résultats du surmenage vocal ou du malmenage, des contraintes professionnelles, des conditions de travail, de rechercher les symptômes associés et tous les facteurs « aggravants ». Cela permet d'évaluer l'état psychologique et le retentissement éventuel des troubles vocaux, d'apprécier le « comportement vocal » (technique respiratoire, posture, détente musculaire), de demander au patient d'autoévaluer la qualité de sa voix et d'en faire une analyse perceptive. L'échelle GRBAS est la plus utilisée.

Tous les paramètres acoustiques de la voix peuvent être altérés : hauteur (ou fréquence ou tonalité), intensité, timbre, débit, articulation. L'analyse acoustique objective permet de mesurer tous ces paramètres ; la difficulté réside dans l'absence de consensus quant à la pertinence des indices mesurés, leur corrélation avec l'évaluation subjective et les constatations anatomiques. Cela tient à l'instabilité de la voix en tant que signal d'un point de vue physique, à la manière dont on recueille le signal (acoustique ou microphonique, électrolaryngographique), au matériau phonétique analysé (voyelle ou parole continue), aux conditions d'émission vocale (intensité moyenne, forte intensité, fréquence usuelle, voix parlée, voix chantée...). Tous les systèmes d'analyse sont informatisés, avec des programmes dédiés, des plus simples aux plus sophistiqués, analysant de façon simultanée un ou plusieurs paramètres. C'est une question de choix et de moyens.

Les mesures acoustiques déterminent la hauteur ou fréquence fondamentale usuelle de la voix, ses irrégularités ou « *jitter* », l'intensité moyenne et ses irrégularités ou « *schimmer* ». Un examen fréquemment pratiqué par les phoniatres et les orthophonistes est le phonétogramme ou aire dynamique vocale, qui corrèle la mesure de deux paramètres acoustiques : la fréquence et l'intensité, dont le protocole de passation a été standardisé par l'Union des phoniatres européens.

L'analyse du timbre est plus complexe, l'interprétation des données de l'analyse spectrale est difficile, sauf pour des spécialistes entraînés.

Les mesures aérodynamiques apprécient les pressions et les débits d'air. Certaines sont simples à effectuer, comme le temps maximum de phonation ou TMP, d'autres nécessitent un appareillage plus sophistiqué avec des capteurs de débit.

Le bilan étiologique est fait par le médecin spécialiste, ORL ou phoniatre. L'examen clinique étudie la qualité des résonateurs (bouche, dents, langue, voile du palais, articulation temporo-mandibulaire). L'examen laryngé en est le moment essentiel et indispensable car il étudie l'aspect morphologique et la dynamique des cordes vocales. Il est réalisé avec des optiques souples (nasofibroscopie) ou rigides qui fournissent une image de grande qualité et permettent d'y coupler une stroboscopie. En général, un enregistrement vidéo numérique est effectué lors de l'examen. On étudie la morphologie des cordes vocales (couleur, longueur, existence de lésions), leur mobilité et en stroboscopie, la qualité de leur accolement, l'amplitude de l'ondulation muqueuse et sa symétrie. Il existe un protocole d'examen standardisé recommandé par la Société européenne de laryngologie.

Au terme de ce bilan vocal, qui doit comprendre au moins un bilan fonctionnel (fait par un phoniatre ou un orthophoniste), des mesures acoustiques (fréquence fondamentale, intensité), un TMP et une endoscopie laryngée, un diagnostic de dysphonie est le plus souvent établi : il s'agit notamment de dysphonie purement dysfonctionnelle avec cordes vocales anatomiquement normales, ou lésions des cordes vocales dans un cadre le plus souvent dysfonctionnel. Les nodules bilatéraux, le polype unilatéral ou l'œdème des cordes vocales sont les lésions que l'on retrouve le plus fréquemment, en particulier chez les enseignants.

Le pronostic est apprécié et la prise en charge est proposée : un traitement médical simple s'il s'agit par exemple d'une laryngite ou d'un reflux gastro-œsophagien, une rééducation orthophonique ou phoniatrice pour redonner un « bon geste vocal » dans le cadre dysfonctionnel, un traitement chirurgical si cela est nécessaire et qui sera encadré ou au moins suivi d'une rééducation, car c'est souvent la dysfonction qui, à la longue, a « créé » la lésion.

Il peut parfois être nécessaire d'avoir recours à d'autres examens pour préciser un diagnostic ou proposer une prise en charge particulière : bilan de

l'audition, épreuves fonctionnelles respiratoires, imagerie (scanner du larynx, IRM) devant un trouble de la mobilité ou un traumatisme, électromyographie laryngée s'il existe un trouble de la mobilité ou si l'on soupçonne une dysphonie spasmodique (dystonie laryngée), qui permet à la fois le diagnostic et le traitement par injection de toxine botulique.

Le repos vocal est le meilleur anti-inflammatoire dans les phases aiguës de la dysphonie

Dans les phases aiguës de la dysphonie, le plus souvent dans le cadre d'un refroidissement avec laryngite mais aussi d'une inflammation pharyngée ou broncho-pulmonaire, ou encore après un épisode aigu de forçage vocal, il est proposé un repos vocal qui est le meilleur anti-inflammatoire et qui nécessite donc chez l'enseignant un arrêt de travail de quelques jours. Il n'entre pas dans les attributions du groupe d'experts de se prononcer sur le traitement anti-infectieux éventuel qui dépend de la situation clinique. Dans certains cas de dysphonie sévère, ne cédant pas au repos vocal ou en cas d'exigences professionnelles particulières du patient, on peut être amené à prescrire un traitement anti-inflammatoire avec des corticoïdes par voie générale (prednisolone : 1 mg/kg/jour). Il s'agit d'un traitement en cure courte ne justifiant pas d'arrêt progressif. Les patients présentant un ulcère gastrique doivent recevoir simultanément une protection gastrique.

Les aérosols n'ont pas fait l'objet d'une démonstration de leur efficacité, notamment en cas d'association médicamenteuse. En ce qui concerne l'administration médicamenteuse par aérosols, conformément à l'usage recommandé par une conférence de consensus en pneumologie, il est donc préférable de n'utiliser que des aérosols de sérum physiologique (à visée d'humidification) avec éventuellement un corticoïde (à visée anti-inflammatoire). Les traitements à base de spray contenant des corticoïdes sont destinés au traitement des maladies broncho-pulmonaires, notamment de l'asthme, et ne sont pas adaptés aux cordes vocales. Leur usage est même suspecté d'entraîner dans certains cas une dysphonie liée aux gaz propulseurs eux-mêmes.

La chirurgie des cordes vocales est une des options du traitement des troubles de la voix

La chirurgie correspond au traitement de lésions installées de façon chronique. La plupart du temps, les lésions spécifiques consécutives au forçage vocal chez l'enseignant bénéficient d'une prise en charge rééducative et le traitement chirurgical n'intervient qu'en cas d'échec de celui-ci.

Le malmenage et le surmenage vocal sont au centre des processus d'apparition des lésions dysfonctionnelles. Leur prise en charge doit donc être avant tout axée sur le dysfonctionnement et la chirurgie des cordes vocales doit toujours être encadrée de mesures d'hygiène vocale, telles que le port d'un dispositif d'amplification, de traitements médicaux des pathologies associées et surtout de mesures rééducatives. Dans tous les cas, une rééducation orthophonique sera proposée au moins en post-opératoire. Il est toujours préférable que le patient rencontre l'orthophoniste avant l'intervention chirurgicale.

Dans les phases chroniques de la dysphonie, il n'existe pas non plus de traitement spécifique ayant fait ses preuves pour l'amélioration de la voix. Un certain nombre de patients doivent cependant être pris en charge pour des maladies représentant un facteur favorisant pour l'apparition d'une dysphonie. C'est le cas notamment des traitements à visée anti-acide gastrique chez les patients présentant un reflux gastro-œsophagien.

La chirurgie consiste en l'introduction d'un laryngoscope (tube métallique) dans la cavité buccale sous anesthésie générale, le plus souvent avec intubation oro-trachéale. Ce tube permet de visualiser les cordes vocales directement ou à l'aide d'un microscope opératoire. Il s'agit d'un geste bref mais le patient est la plupart du temps hospitalisé au moins pour la journée ou pour une ou deux nuits suivant le régime réglementaire de l'établissement. Comme tout geste chirurgical, le patient doit être prévenu des risques de ce type d'intervention.

La chirurgie est effectuée à l'aide d'instruments spécifiques permettant les gestes élémentaires de toute chirurgie : écartement, décollement, préhension, section. Certains chirurgiens utilisent un laser CO₂ dont le rayon, coaxial à la visée du microscope, permet de sectionner la muqueuse et de coaguler les micro-vaisseaux. Avec les lasers les plus récents, les effets thermiques non désirés (brûlure de la muqueuse autour de la zone de section) ont diminué et actuellement, il n'existe aucun argument documenté pour recommander une section en microchirurgie plutôt qu'une section par laser ou inversement.

Le traitement des lésions nodulaires et des polypes consiste alors à saisir le polype et à l'écarter du plan du ligament vocal en profondeur, de manière à pratiquer l'exérèse en tissu sain la plus économique possible. Certains chirurgiens pratiquent une infiltration de l'espace de Reinke de manière à réaliser une « hydro-dissection ». L'exérèse est réalisée indifféremment par microchirurgie ou au laser. Après exérèse, il n'est pas nécessaire de suturer les berges de l'exérèse. L'intervention ne saigne pratiquement pas. La pièce d'exérèse est systématiquement adressée en laboratoire d'histologie pour analyse. Au réveil, le patient ne souffre en général pas du tout. Malgré l'absence de consensus, il est généralement recommandé d'observer un repos vocal absolu de quelques jours.

Les autres traitements chirurgicaux sont des variantes. Les œdèmes sont parfois très proches des polypes du point de vue de leur aspect et de leur consistance. L'exérèse en est alors réalisée selon les mêmes règles. Dans d'autres cas, ils sont plus « fluides » et il est possible d'aspirer cet œdème après avoir réalisé une section longitudinale de la muqueuse au niveau de sa face supérieure. Les granulomes de l'apophyse vocale sont plutôt traités par exérèse laser et certains chirurgiens utilisent en fin d'intervention un procédé complémentaire d'attouchement avec de la mitomycine ou d'infiltration de cortisone *in situ*. Enfin, les autres techniques chirurgicales ne sont pas spécifiques aux enseignants et ne sont pas présentées ici.

Chez l'enseignant, le traitement chirurgical est le plus souvent assorti d'un arrêt de travail. Pour la période post-opératoire, les auteurs recommandent un arrêt de l'activité vocale pendant au moins 3 à 6 semaines en fonction du geste chirurgical effectué. La reprise de l'activité vocale professionnelle à temps complet ne peut intervenir qu'après un bilan de la qualité de la voix et de ses possibilités car il existe un risque sévère de rechute en cas de reprise trop précoce avant la guérison complète des cordes vocales. Dans certains cas, si cela est possible sur le plan professionnel, il est proposé une reprise de l'activité d'enseignement proprement dite à temps partiel.

La rééducation s'adapte à la situation personnelle et au contexte de dysphonie

L'organe laryngé qui assure la vibration vocale partage cette fonction avec d'autres rôles : un rôle sphinctérien de protection des voies aériennes supérieures, une participation à la déglutition et parfois à une certaine régulation du débit respiratoire.

La voix est destinée de plus à être entendue et à avoir par l'intermédiaire de la parole une action sur son interlocuteur (projection vocale et acte projectif). Cela revient à poser le rôle de la voix dans la parole c'est-à-dire dans la relation d'un échange verbal. Il faut donc définir la place de la projection vocale dans l'échange verbal. La parole participe à la dynamique psychique. Les grandes conceptions de la psychiatrie moderne permettront d'illustrer les fonctions psychiques de la voix qui la définissent comme fondatrice d'une identité vocale.

La voix se fabrique grâce au fonctionnement synchrone de plusieurs systèmes qui ont des fonctionnements habituellement indépendants : la cavité bucco-pharyngée et la langue, le larynx, le système respiratoire, le système musculaire abdomino-diaphragmatique. Ces systèmes lorsqu'ils sont conjoints subissent des contraintes dans l'exécution de leurs mouvements ou de leurs associations : si la respiration est démesurée et très énergique, il s'y associe une contraction musculaire cervicale qui va enserrer le larynx et

donc réduire sa mobilité, les pressions laryngées trop faibles ou trop fortes vont amoindrir l'efficacité vibratoire qui pourra être contre-balançée par une tonicité linguo-pharyngée ce qui modifiera le timbre vocal. Ces contraintes ont donc une marge d'adaptation réduite au-delà de laquelle les symptômes vont se manifester, cliniques puis organiques.

Quand la marge de contrainte de ce système est dépassée, il y a alors une dysphonie. On constate d'emblée que la voix n'est pas univoque et que sa prise en charge méritera d'être organique, fonctionnelle et psychique pour répondre entièrement à la place cruciale qu'occupe la voix chez l'être humain.

La prise en charge des symptômes vocaux s'effectue en général par des ORL, des phoniatres et des orthophonistes qui sont des thérapeutes. Ils considèrent le patient dans sa globalité et sont capables d'appréhender les facteurs organiques, somatiques, fonctionnels et psychologiques. Cela implique des qualités d'écoute et d'empathie ainsi qu'une solide formation personnelle. Une véritable prise en charge rééducative nécessite une maturité personnelle du rééducateur afin de respecter en tout premier lieu l'identité culturelle et les exigences vocales du groupe social d'appartenance en tenant compte de la dimension psychique propre à la voix et aux principes de communication. Il s'agira donc d'effectuer une rééducation sur mesure, au rythme du sujet, en respectant les indications diagnostiques et les orientations thérapeutiques médicamenteuses ou chirurgicales.

Les professeurs de chant ou les coaches prennent en charge les problèmes vocaux que peuvent rencontrer les enseignants. Il s'agit là non pas d'une thérapie mais d'une optimisation des possibilités vocales. L'enseignement vise à améliorer un geste vocal dans un but esthétique, au rythme du groupe musical ou choral, ou des exigences musicales d'une partition.

Les recherches spécifiques vocales se multiplient depuis le début du XX^e siècle au travers de nombreuses sociétés savantes et de laboratoires de recherches. Les formations sont dispensées auprès des enseignants grâce aux Instituts universitaires de formation des maîtres (IUFM) mais restent encore trop rares bien que les enseignants soient persuadés du bienfait d'une formation vocale, d'autant que 60 % d'entre eux ont déjà eu des symptômes vocaux (fatigabilité, aphonie, perte de la voix forte, changement de timbre).

Une thérapie rééducative se construit en fonction du diagnostic organique et fonctionnel dans la mesure où la rééducation aura des traits spécifiques adaptés à la pathologie en cours. Les principales lésions organiques auxquelles sont exposés les enseignants sont des lésions de forçage : polype, nodule, œdème. Les dysphonies d'origine fonctionnelle comportent les fatigabilités vocales, les changements de timbre et les incapacités à la voix forte, les aphonies. Une place particulière doit être réservée aux aphonies psychogènes dans le cadre de leur survenue et dans leur prise en charge spécifique.

La rééducation doit s'adapter à la situation personnelle de l'enseignant et au contexte de dysphonie (collège, école maternelle ou université, locaux

bruyants, élèves turbulents...). Des aides immédiates seront proposées comme l'amplification vocale particulièrement efficace. Le thérapeute doit également tenir compte des facteurs de stress qui sont particuliers pour les enseignants. Il doit veiller dans la mesure du possible à leur résolution. Les objectifs de la rééducation vocale tiendront compte du cadre nosologique : pré- ou post-opératoire, dysphonie dysfonctionnelle isolée ou associée à une laryngopathie, dysphonie d'origine psychogène.

Pour guider leur « programme thérapeutique », les thérapeutes se servent d'outils particuliers. Ils vont donc en premier lieu définir le but thérapeutique avec leur patient en appréciant la qualité vocale (échelle GRBAS, étude de la posture, capacité du patient à modifier sa production vocale, auto-appréciation de sa voix par le patient). Les mesures acoustiques servent principalement à renforcer l'auto-appréciation du patient et lui permettent d'apprécier l'évolution, le rassurer et l'encourager. Elles servent également à prouver l'état de la voix et constituent des documents médico-légaux. L'examen stroboscopique apporte des renseignements cruciaux pour le thérapeute mais également sert de support visuel à la compréhension de la dysphonie pour son patient. Le premier temps thérapeutique porte sur les informations et conseils donnés au patient relatifs à l'éviction des facteurs irritants, les abus vocaux et la responsabilité des conditions de travail dues à l'environnement.

Sont ensuite abordées les conditions de la projection vocale, ses situations et sa dynamique, ainsi que ce qui détermine les différents styles de voix liée à l'intention : voix de réflexion et voix confidentielle, voix de projection vocale (contenant la parole spontanée ainsi que la parole préparée), la voix d'opposition, d'insistance et de détresse. Le travail de pose de voix tient donc compte de la dynamique corporelle générale : laryngo-pharyngo-buccale, lieu de la vibration, de la mise en pression et de la mise en articulation. La pose de voix tient également compte du souffle respiratoire et de sa mise en jeu lors de la phonation. Il s'agit ici des deux pôles principaux : triangle de tension supérieur (région laryngo-pharyngo-buccale) et triangle de tension inférieur (base du dos et région abdominale) qui seront particulièrement concernés lors du forçage vocal et nécessiteront le recours à la relaxation selon les cas pour réguler et rééquilibrer ces tensions.

Les entraînements rééducatifs sont de deux ordres :

- lors de la rééducation, on peut apprendre ou préciser la façon d'articuler ou de mettre en résonance un son, une syllabe. Cette étude isolée du contexte de communication, uniquement centrée sur la technique de réalisation, sera qualifiée de mécanique ;
- quand il s'agit de réintégrer la réalisation mécanique à la production vocale au sein d'une chaîne verbale, on aborde l'aspect véritablement fonctionnel, c'est-à-dire réassocié au contenu sémantique, aux valeurs linguistiques, à l'intention d'agir du locuteur sur son interlocuteur. Le code vocal et socio-phonatoire modifie le mode de réalisation qui de mécanique devient fonctionnel.

Traditionnellement, en France, les thérapeutes proposent en moyenne 30 séances d'une demi-heure une fois par semaine avec souvent deux séances par semaine au début. D'après la littérature internationale, le nombre de séances est souvent plus réduit. Il n'existe pas à ce jour d'évaluation comparative d'efficacité de différentes durées de rééducation pour un même trouble.

Les critères de résolution de la dysphonie sont les suivants :

- une voix présente à tout moment et en toute circonstance de la vie permettant de faire ce qui est habituel avec la voix : parler de doux à fort, crier, appeler, chanter ;
- une absence de fatigabilité vocale ou sinon rapidement et spontanément résolutive ;
- une compréhension sur les plans syntaxique, sémantique et pragmatique des auditeurs : la voix témoigne, grâce à la prosodie qu'elle confère à la parole, du sentiment éprouvé ;
- une voix considérée par celui qui l'utilise comme faisant partie intégrante de sa personnalité et de son identité.

L'évaluation de l'efficacité thérapeutique des techniques rééducatives se fonde sur de multiples études utilisant la confrontation des résultats de différents examens tels que le GRBAS, le phonétogramme, la laryngostroboscopie, les données acoustiques et aérodynamiques, l'autoévaluation du handicap, les tests d'écoute. Ces évaluations confirment l'intérêt de la rééducation vocale lors d'atteintes symptomatiques de la voix dues aux mécanismes de forçage.

La rééducation vocale utilise une attention volontaire afin de transformer le geste vocal pathologique. Il s'agit d'acquérir, grâce à cet apprentissage, un automatisme vocal, un bon geste vocal.

L'entraînement est l'élément essentiel d'un programme de prévention

Au niveau de la législation européenne, différentes organisations s'occupent de l'identification des déficiences vocales. Elles prennent en considération les risques pour la santé et envisagent si ceux-ci pourraient mener à une reconnaissance comme maladie professionnelle. L'*European Committee for Standardisation* décrit les critères ergonomiques qui peuvent être appliqués au domaine de la voix et de la parole. L'organisation propose le terme «*Vocoergonomics* » pour un domaine multidisciplinaire qui unit aussi bien l'aspect scientifique que pratique. L'*European Agency for Health and Safety at Work* (EAHSW) préconise que l'employeur doit prendre des mesures pour assurer la sécurité et la santé de l'employé. Il s'agit de la directive européenne 89/391/CEE qui a été transposée dans le droit du travail français.

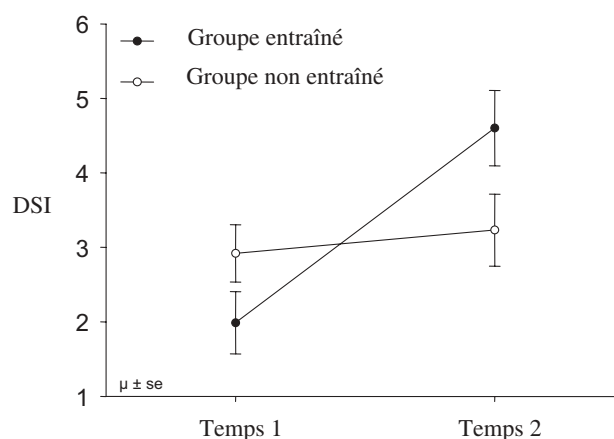
Pourtant, les mesures de prévention n'existent pas. Cependant, aujourd'hui, différentes nations s'occupent de recherche sur les troubles vocaux afin de constituer des programmes de prévention.

Les programmes de prévention comportent deux approches : l'approche indirecte et l'approche directe. L'approche indirecte met l'accent sur l'importance de l'hygiène vocale et la compréhension de l'anatomie et de la physiologie du larynx et des cordes vocales. L'hygiène vocale consiste en une énumération de directives pour éviter les troubles vocaux. Dans la littérature, on insiste sur une liste de «*don't* » (ce qu'il ne faut pas faire) et «*do* » (ce qu'il faut stimuler) pour prendre soin de sa voix. L'accent est souvent mis sur ce qu'il ne faut pas faire. L'explication de l'anatomie et de la physiologie du larynx et des cordes vocales doit être accessible à un public non spécialisé. Dans ce but, on utilise des programmes audiovisuels pour représenter le fonctionnement du système vocal d'une manière compréhensible.

L'approche directe met l'accent sur les exercices vocaux mais insiste également sur l'application de l'hygiène vocale. Les exercices vocaux sont axés sur différents paramètres : la position du corps, la respiration (apprentissage des différentes techniques), la résonance, l'articulation, la voix (qualité, hauteur, intensité) et la projection de la voix. Pour répondre à des exigences élevées, on augmente et on fortifie la fonctionnalité de la voix. On retrouve trois techniques qui ont été développées dans l'antiquité : le positionnement de l'articulation et de la voix dans le masque, le franchissement d'obstacles perturbant l'émission vocale et des mises en situation utilisant les ressources de l'imagination. Il apparaît que la combinaison de l'approche directe et indirecte est la bonne solution pour obtenir les meilleurs résultats possibles.

Différents programmes d'entraînement ont été conçus pour prévenir les troubles de la voix. Ces programmes commencent à être mis en place dans la formation des enseignants et autres professionnels de la voix comme par exemple les animateurs radio.

Les programmes récents de prévention utilisent l'approche directe et présentent une subdivision qui repose sur les quatre lettres TTTT : *Test*, *Theory*, *Training* et *Transfer*. Les «*tests*» sont indispensables pour identifier les caractéristiques de la voix. La «*theory*» correspond à l'approche indirecte, le «*training*» aux exercices vocaux. Le «*transfer*» (mise en application) contrôle la pratique de l'hygiène vocale et l'application des techniques vocales dans la vie quotidienne. L'entraînement en groupe aboutit à un effet positif sur le fonctionnement et la qualité de la voix. Après un entraînement de 18 mois, une différence significative ($p < 0,001$) dans la qualité de la voix est démontrée. Le groupe qui a reçu un entraînement obtient un DSI (*Dysphonia Severity Index*) de 4,3 alors que le DSI est de 3,2 pour le groupe qui n'a pas reçu l'entraînement. Le DSI est un indice acoustique qui renseigne sur la qualité de la voix : un score de - 5 caractérise une voix de mauvaise qualité, un score de + 5 une voix de bonne qualité. Le DSI informe sur l'évolution de la qualité de la voix.



Évolution de la qualité de la voix de deux groupes d'individus, l'un entraîné et l'autre non entraîné (d'après Timmermans, 2003)

Quelques expériences relatent comment un programme TTTT, inclus dans la formation des (futurs) enseignants, participe à une prévention structurée. Au début de l'année scolaire, les étudiants doivent être soumis à une évaluation perceptive (*test*) et en cas de trouble vocal, le médecin, l'orthophoniste ou le phoniatre sont contactés. La *theory* est exposée après les tests et avant le stage. Le *training* se déroule en groupe en deux phases, l'une avant le stage et l'autre après le stage : la motivation pour appliquer les techniques vocales est plus forte après le stage, une fois que les étudiants ont senti les difficultés pour répondre à une « voix enseignante ». Le *transfer* est nécessaire pour consolider la nouvelle technique vocale avant, pendant ou après le stage.

Pour les enseignants en poste, le programme TGV (*Training, Guide, Video*) inclut le matériel pour l'entraînement, un guide pour la direction de l'école, un guide avec le planning des évaluations de la voix et une vidéo instructive présentant le fonctionnement du larynx et sa pathologie ainsi que les recommandations d'hygiène vocale. Le programme se déroule selon les quatre étapes TTTT.

Les facilités de base font partie de la prévention : une bonne acoustique de la salle de classe et la présence des amplificateurs de son. Ceux-ci sont de plus en plus nécessaires car la pollution acoustique augmente : les comportements des élèves (qui bavardent de plus en plus bruyamment) et le style de l'enseignement ont changé. De plus, selon les études, le nombre d'élèves a augmenté dans les classes.

Il est donc très important de prévenir des problèmes potentiels avant qu'ils se manifestent par un travail quotidien d'hygiène vocale, de sensibilisation et d'entraînement.

Recommandations

De nombreux travaux révèlent que les enseignants ont fréquemment, au cours de leur carrière, des troubles de voix qui sont fortement liés à l'exercice de leur profession. Ce constat devrait conduire à mieux informer et former les enseignants sur les possibilités de prévention et de prise en charge de ce type de troubles.

Dans le cadre de leur formation, un module d'enseignement sur la physiologie vocale, les pathologies et traumatismes vocaux, les effets du stress et de l'anxiété pourrait être une première approche de l'outil que représente la voix. De même, un entraînement à l'utilisation correcte de l'appareil vocal en contexte didactique (faire face à une classe, capter l'attention sans augmenter l'intensité vocale, désamorcer l'agressivité...) et une connaissance des règles d'hygiène vocale (hydratation, échauffement, pauses vocales lors des efforts de phonation prolongée) et des facteurs de risque (tabagisme, caféine, mauvaise acoustique des salles...) s'inscrivent parfaitement dans une démarche de prévention. Les futurs enseignants devraient ainsi pouvoir apprendre à mieux connaître leur capacité vocale et ses limites. L'idéal serait le recours à une orthophoniste pour bénéficier d'une aide précoce personnalisée. Bien que des programmes de prévention existent, leur mise en application chez les enseignants demanderait à être adaptée à ce type de professionnels en France.

En poste dans leur établissement, les enseignants devraient également avoir accès aux informations concernant l'acoustique de leur salle de classe et être consultés sur d'éventuels aménagements qui pourraient améliorer la qualité de leur environnement de travail.

Fréquents chez les enseignants, les troubles de la voix restent néanmoins méconnus, mal pris en charge par les professionnels de santé et souvent responsables d'absentéisme. Les modalités de leur traitement sont encore très hétérogènes et justifieraient d'une réflexion sur l'harmonisation des pratiques médicales et l'efficacité des rééducations orthophoniques sous l'égide de la Haute autorité de santé (HAS).

Le travail d'analyse et de synthèse de la littérature scientifique réalisé par le groupe d'experts a permis d'identifier un certain nombre de lacunes dans les connaissances épidémiologiques et cliniques sur les troubles de la voix et également de mettre en lumière des hypothèses de travail pour l'amélioration des performances des appareils destinés à évaluer la voix en situation professionnelle et de même pour l'amélioration de l'environnement acoustique.

Développer des recherches

DÉVELOPPER DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES

Très peu d'études sur le coût lié à l'absentéisme et aux traitements mis en œuvre ont été réalisées. Aux États-Unis, on estime ce coût à 2,5 billions de dollars par an et à 2 jours par an l'absentéisme lié aux troubles de la voix par la pollution liée au bruit dans les classes, avec un coût de remplacement de l'enseignant pour un montant de 220 \$ par jour. Ces valeurs sont loin d'être négligeables.

Le groupe d'experts recommande que soient effectuées des études afin d'estimer l'efficacité et le coût de la prise en charge médicale et orthophonique des troubles vocaux et d'évaluer le coût-bénéfice des programmes de prévention.

DÉVELOPPER LA RECHERCHE ÉPIDÉMIOLOGIQUE SUR LES TROUBLES VOCAUX DES ENSEIGNANTS

En France, on ne dispose que de données partielles concernant les troubles de la voix chez les enseignants.

Afin de mieux connaître la situation en France, le groupe d'experts recommande d'initier une étude multicentrique auprès des enseignants en utilisant le *Voice Handicap Index* ou une autre échelle, ce qui permettrait de recueillir des informations sur le nombre de dysphonies avec ou sans consultation (plainte), le nombre d'arrêts de travail, leur fréquence, leur durée, leurs motifs et de suivre l'évolution de la prévalence de ce type de problème pour améliorer la prévention. Il suggère aussi de réaliser une étude prospective sur 5 ans puis 10 ans ; cette étude concernerait des étudiants qui ont eu une information vocale en IUFM *versus* ceux qui n'en ont pas eu pour étudier la fréquence de survenue de troubles vocaux dans l'exercice de leur profession d'enseignant. Il est possible que l'information, durant la formation initiale, soit suffisante pour les protéger.

DÉVELOPPER DES RECHERCHES SUR LES SYSTÈMES D'AMPLIFICATION DE LA VOIX

Divers essais ont été rapportés dans la littérature concernant soit l'usage de petits amplificateurs individuels portatifs, soit l'usage d'un système d'amplification faisant partie de l'infrastructure du local. Ces systèmes sont rapportés comme très performants, en particulier pour ce qui concerne la réduction de l'intensité vocale de l'enseignant et l'amélioration du rapport signal/bruit. Par ailleurs, un système à haut-parleurs judicieusement répartis évite les effets défavorables d'un gradient d'intensité (problème du dernier rang).

Les résultats d'essais-pilotes réalisés aux États-Unis, mais uniquement évalués à court terme, sont décrits comme extrêmement intéressants, avec des bénéfices tant pour les enseignants que pour les enseignés. La notion de confort pour l'enseignant est ressentie de façon évidente par les intéressés.

Le groupe d'experts recommande de développer des recherches sur des prototypes d'amplificateurs de la voix. Les problèmes principaux qui restent à résoudre semblent d'ordre technique (amélioration de la qualité, nécessité d'éviter à l'enseignant des réglages pendant son activité, optimisation du placement/maintien du microphone sans fil, type et placement des haut-parleurs, ajustement optimal du rapport signal/bruit...). Une fois le prototype réalisé, il pourrait être installé dans un certain nombre de classes-pilotes.

DÉVELOPPER DES TECHNIQUES PERFORMANTES PERMETTANT UNE ÉVALUATION FONCTIONNELLE DE LA VOIX

L'évaluation fonctionnelle et la documentation de la voix d'un patient à l'aide d'un faible nombre d'indices numériques sont courantes. L'évaluation fonctionnelle repose sur des signaux de parole ou d'autres signaux qui sont captés de façon non-invasive. Leur enregistrement ne gêne pas, par conséquent, la performance du locuteur. Des méthodes d'analyse récentes sont plus flexibles et plus fiables que celles qui sont disponibles sous forme de logiciels dédiés qui reposent sur des méthodes heuristiques développées il y a 20 ans. Les méthodes cliniques courantes, par exemple, sont souvent exclusivement vouées à l'analyse de sons de parole soutenus.

Aussi, il est soupçonné que le suivi quasi-permanent de la voix de locuteurs à risque dans leur environnement professionnel pourrait à la fois contribuer à la prévention et à l'expertise des troubles de la voix. À l'heure actuelle, il ne s'agit que d'une hypothèse plausible car les analyseurs existants ne sont pas ambulants et ils sont limités au niveau des données de parole qu'ils peuvent traiter.

Par conséquent, le groupe d'experts recommande de promouvoir des projets de recherche dont les objectifs sont les suivants :

- le développement de prototypes de stations de travail cliniques comprenant des méthodes d'analyse récentes qui sont des réponses aux critiques formulées vis-à-vis des analyses disponibles. Le but est de faire bénéficier la pratique clinique des progrès réalisés ces dernières années en laboratoire ;
- le développement de prototypes d'analyseurs ambulants qui permettent de suivre la parole d'un locuteur lors de ses activités quotidiennes et d'accumuler des données pertinentes quant à sa production vocale. Le but est de mettre à l'épreuve la conjecture selon laquelle la dosimétrie vocale est un outil de prévention et d'expertise des troubles de la voix chez les locuteurs professionnels.

DÉVELOPPER DES RECHERCHES SUR LES CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES ET L'ADAPTABILITÉ SITUATIONNELLE DE LA VOIX EN CLASSE

Les moyens technologiques d'analyse de la voix, dans ses différentes composantes acoustiques, et les moyens informatiques de traitement des données permettent, maintenant, d'envisager une recherche spécifique pour répondre à cette question : y-a-t-il une adaptabilité différente de la voix, dans le temps, en fonction des caractéristiques individuelles des locuteurs enseignants ? Pour répondre à cette question, on pourra suivre l'évolution des phénomènes prosodiques de la parole pendant une tâche d'enseignement d'une assez longue durée : les paramètres acoustiques de l'accent, de l'intonation, du rythme (succession des durées et martèlement syllabique), le débit, le tempo et la vitesse d'élocution, la distribution des pauses, seront tour à tour envisagés.

Afin de permettre un bon enregistrement de l'intonation, il conviendra d'utiliser un micro de contact (type laryngophone) dont on équipera les enseignants volontaires. Un micro d'ambiance sera aussi nécessaire pour favoriser une bonne intelligibilité des paroles prononcées.

Un aspect de la question, qui mériterait d'être approfondi, concerne les modifications de la fonction syntaxique de l'intonation, dans des situations d'usage prolongé de la voix devant un public d'apprenants.

Le groupe d'experts recommande des études qui apporteront des données de référence sur l'utilisation de la voix projetée, dans la durée, pendant l'accomplissement d'une tâche d'enseignement.

DÉVELOPPER DES RECHERCHES D'INTERFACE ENTRE ACOUSTIQUE DES SALLES ET TROUBLES DE LA VOIX

Une augmentation progressive du niveau de bruit environnant autour d'un locuteur provoque un accroissement naturel de son niveau de voix. L'effort vocal de l'enseignant est donc lié au niveau de bruit dans la salle de classe occupée. Il veut offrir un niveau de voix qui permette une compréhension claire de son message. Les environnements bruyants et réverbérants provoquent non seulement la limitation de la compréhension du message, mais aussi celle de l'endurance des auditeurs et des locuteurs. En conséquence, les chances de réussite scolaire sont diminuées dans les environnements acoustiques d'enseignement défavorables, et tous les occupants, enseignants comme élèves, souffrent de cette situation.

Le groupe d'experts recommande d'étudier la relation entre les conditions acoustiques des salles d'enseignement et la survenue de troubles de la voix. Toute amélioration acoustique envers l'enseignant a des répercussions sur l'écoute des enfants.

Communications

Objet inconscient de la voix, la perte, le savoir et le corps

« Un enseignant perd la voix ». Voici un énoncé qui vaut comme un constat – il arrive en effet à ces « professionnels de la voix » d'en voir la profération altérée, voire compromise – mais aussi bien comme une conjoncture qui mérite l'examen, voire le phrasé d'une formation symptomatique ou fantasmatique. Quel lien y-a-t-il entre la voix et l'enseignant, qui engage son désir propre d'« enseigner » et les déboires de ce que l'on appelle son « organe » ?

C'est en ce point que la référence au « savoir de l'inconscient » est requise. Comment caractériser l'apport de la psychanalyse à cette question de la voix pour mieux y situer les enjeux de cette question particulière, soit la conjoncture de la voix enseignante ? Car la voix enseigne sur l'inconscient, ce dont nous avons présenté ailleurs les attendus (Assoun, 2001) sur lesquels nous nous appuierons ici.

La voix au risque de la perte

Ceux que l'on appelle « professionnels de la voix », terme bien imprudent, car faire profession de sa voix est bien présomptueux, compte tenu de ce que la voix, on va voir pourquoi, ne se « possède pas », et ceux qui en font un usage vital et quotidien – les chanteurs et les enseignants, mais aussi les hommes politiques, les avocats – sont aussi ceux qui vivent dans la crainte larvée de la perdre ou de la voir endommagée. Faire profession de sa voix expose à un danger, « risque du métier », celui de la voir se dérober à son usage. Que vaut un chanteur inapte aux concerts, un avocat incapable de mener sa plaidoirie ou un politique en panne de discours ? La panne de voix met au chômage. Mais en ces moments, se révèle, avec les déboires de la profération, que l'on avait tort de se croire propriétaire de « sa » voix. Que doit-elle être pour qu'on puisse la « perdre » ?

Pour mesurer le sens de cet événement, il nous faut d'abord fixer cet objet « voix » – en ses coordonnées acoustiques et physiologiques – et ce que la psychanalyse peut apporter à son intelligibilité, par la prise en compte de sa fonction inconsciente.

La voix dans le corps

La voix est une réalité sonore, définie à travers les paramètres du timbre, de la hauteur et de l'intensité. Une voix est timbrée : c'est là son élément qualitatif, le « son laryngé fondamental » et la « couleur vocalique » qui la fait reconnaître. Sa hauteur détermine son degré de « grave » ou « aigu », selon la fréquence d'ouverture/fermeture de la glotte : elle est mesurable (en hertzs). Reste l'intensité, soit l'amplitude, qui est également quantifiable (en décibels), ce qui rappelle que la voix est aussi du bruit.

Cette réalité sonore est dotée d'un organe : la voix est enracinée dans la mécanique organique et obéit à un mécanisme physico-physiologique. Pas de voix sans larynx, sans glotte, « cordes vocales » qui vibrent, ce que leur découvreur Antoine Ferrein (1741) désigne joliment comme les « lèvres de la glotte ». Pas de voix sans la soufflerie pulmonaire : ouverture du larynx, dilatation de la glotte. La voix est donc liée à la respiration même. Encore faut-il que la voix remonte dans ces caisses de résonance, ce que l'on appelle le « tube additionnel » (sous-glottique, buccal, cavum, fosses nasales) avant de se faire entendre.

La voix, ancrée dans cette machinerie complexe, est le produit de cette distillation.

Le sujet et sa voix : le corps et la langue

Que montre la psychanalyse, de nouveau et au fond de déroutant ? La voix est, selon l'expression de Lacan, ce qui approche le plus de « l'expérience de l'inconscient » (Lacan, 1966).

La réalité sonore, si importante soit-elle, dissimule ce qui se joue, par et au-delà d'elle, soit l'opération pulsionnelle qu'elle soutient. Qu'est-ce à dire ? Dans quel rapport suis-je à ma voix ? Ma voix, c'est « moi », soit ma place dans le circuit pulsionnel. Par où il faut entendre cette dimension du *Trieb*, de cette poussée psychique qui a son origine dans la « zone somatique » et cherche à se satisfaire au moyen d'un objet, trouvé au décours de l'évolution libidinale.

D'une part, la voix est ce qui est le représentant le plus intime du sujet, la condition corporelle de la profération. C'est ce qui est à la frontière du corps et de la langue. D'autre part, elle renvoie à une altérité dont le locuteur a la révélation, quand il l'entend de l'extérieur (par exemple, sur un magnétophone), souvent surpris d'avoir à s'entendre parler à travers ses inflexions, sa prosodie, son timbre, ses variations de hauteur et d'intensité. La voix pointe donc une altérité intime au cœur du sujet. Comme si c'était l'autre qui parlait, quand je « donne de la voix ».

Si la voix est physiquement impossible sans le corps, elle est aussi hors-corps, dans la mesure où on peut désigner comme « voix » tout ce qui réalise une opération d'appel à l'autre : ainsi de « la voix » d'un texte. La voix vient de la glotte, certes, mais elle n'y séjourne pas. La preuve : elle peut manquer à l'appel. C'est en ce sens que le symptôme peut constituer un moment de vérité de la fonction inconsciente de la voix.

Le sujet a-phone

L'aphonie consomme un divorce ponctuel et critique entre le sujet et sa voix (*phonè*) puisque le sujet se sépare alors pour un temps de sa voix... à moins que sa voix ne fasse une fugue, qui fait qu'elle abandonne le lieu où elle est censée séjourner.

La glotte est cette grotte dans laquelle le sujet pense que sa voix séjourne, creux dont il peut l'extraire à son gré selon ses besoins. Or, voilà qu'elle s'échappe. Où est-elle pendant ce temps où le larynx se trouve in-sonorisé ?

Ce que révèle la clinique analytique est en fait le moment où le locuteur se sépare de cet objet au moyen duquel il entre en rapport non seulement avec les autres mais avec l'instance de l'Autre, soit cette dimension symbolique, ce code fondamental caractérisable comme « trésor des signifiants » (Assoun, 2003). L'examen clinique de l'aphonie (Assoun, 2001) surgit comme réaction physique à la perte de l'objet pulsionnel.

La clinique de l'hystérie, par exemple sur le « cas Dora », a permis à Freud de montrer que l'aphonie a une condition symbolique qui est qu'un objet aimé, fût-ce à son insu, soit l'objet d'un conflit et manque à l'appel. Traumatisme inaudible qui le laisse sans voix. C'est cette dé-symbolisation qui fait retour sur le corps et « débranche » le circuit vocal.

La voix est ainsi au centre d'un circuit pulsionnel. Voilà donc émerger l'« objet inconscient » : « voix ». Celui-ci est pris dans la mécanique pulsionnelle et la dialectique de la « relation d'objet ». Freud en marquait l'importance métapsychologique en soulignant la dimension acoustique des « représentations de chose » (Assoun, 1993) et du surmoi, « l'influence critique des parents » étant « médiée par les voix ». On peut parler d'un être vocal du surmoi (Freud, 1933), qui procède de « l'entendu » (Freud, 1923). Lacan, surenchérisant sur Freud, parle d'objet de la voix et de « pulsion invocante » (Lacan, 1966). Il la situe du côté du « désir de l'Autre », expression que nous allons chercher à rendre tangible par la référence clinique à la pathologie vocale.

La fonction in-vocante ou le « hors-corps » de la voix

Quand je « donne de la voix », je l'offre à l'autre ; disons, d'abord à mon interlocuteur, parfois à mon public (c'est là sa fonction sociale). Mais ce faisant, elle mobilise l'Autre, dans la mesure où elle est in-vocation (c'est là sa fonction symbolique). Tel est le circuit pulsionnel qui s'organise.

Habituellement, la fonction symbolique s'efface derrière la fonction sociale. C'est justement au moment de l'éclosion symptomatique qu'apparaît un « raté » de la fonction de communication et que se révèle par là-même l'opération inconsciente sous-jacente.

On peut l'illustrer à travers le culte de la Diva. Ce que l'on appelle Diva est une Voix déguisée en femme. Elle est un médium entre le corps de ceux que l'on appelle « mélomanes » et l'Autre dont ils attendent et entendent les mélopées à travers elle. La Diva a donc une fonction sociale, mais se faisant objet pour l'autre (son public), elle cherche à é-mouvoir l'Autre, à inscrire un effet dans l'Autre. Voix « divine » qui produit le formidable affect en retour dans le transfert entre elle et ses autres. Le moment de l'ovation marque l'accusé de réception de l'effet de jouissance inscrit dans l'Autre et auquel participe la communauté formée grâce à ce montage. Les applaudissements marquent la rentrée du grand Autre sur la scène, attestant que la voix de l'orateur ou du chanteur a touché juste les corps. Les mélomanes, ces « maniaques du chant » (*melos*), le savent car ils jouissent d'une voix qui fait incantation à l'Autre ; ils en attendent une « plus-value » (Assoun, 2003) de jouissance.

Gloire à la Diva si elle accomplit sa mission, malheur à elle si elle y défaille. Pas question de tolérer d'elle qu'elle ait quelque chat dans la gorge, qu'elle fasse un « couac » ou que la pureté cristalline de sa voix s'altère... Alors le mélomane veut la mort de la Diva, parce qu'elle a déçu l'attente éveillée et « troué » l'Autre au lieu d'en fournir la jouissance. Il se confirme alors que son corps ne faisait que soutenir le rapport à un « hors-corps ».

Lieux inconscients de la pathologie vocale

Ce détour par cette situation exemplaire permet d'avancer une hypothèse de portée structurelle.

La pathologie vocale touche les professions qui se servent électivement de leur organe phonatoire. C'est là un truisme. On peut donc, dans une perspective « fonctionnaliste », examiner l'anatomie et la fonction. Mais si l'on a pris la mesure de la dimension pulsionnelle, si l'on comprend que le sujet n'est pas que machine psycho-organique, ou plutôt que celle-ci actionne, en même temps qu'une fonction, une fabrique de jouissance inconsciente, on

voit s'ouvrir une dimension majeure sans laquelle la pathologie vocale demeure inintelligible.

Le rapport entre corps et symptôme montre que le lieu de défaillance est aussi celui de la jouissance et que l'« inhibition », qui fait que l'organe se refuse à son exécution, signe simultanément une « montée de l'érogénité » de l'organe (Freud, 1926). Si l'organe perd alors sa performance organique, c'est paradoxalement que s'y accomplit une jouissance. Le « moins pouvoir » se double d'un excès de jouissance auto-érotique. Ainsi un larynx aphone jouit-il tout seul...

La voix est l'un de ces objets privilégiés par lequel le sujet vit – en sa vie psychique inconsciente – sa passion, ce que l'on peut appeler « Passion de la castration » (Assoun, 2001). Ne nous laissons pas effrayer par cette catégorie, car elle ouvre sur une question des plus concrètes : le sujet s'articule autour d'un objet « cause de désir » et cherche dans le corps des relais de cette passion.

Dans le cas d'une séparation amoureuse, il arrive que le sujet perde la voix. Non seulement il se sent abandonné, en ce sens qu'une partie attachée pulsionnellement à l'autre se détache de lui, mais encore il expérimente douloureusement la castration, soit la déprivation phallique dont la « possession » de l'objet désiré et aimé le préservait tant qu'il était là. On trouve ici la dimension la plus déterminante et la plus cachée : celle de l'objet pur de la perte, ce qui se réfère à la dimension de la « castration ».

Il y a un principe du locuteur et de la locution un « inélocutionable ». Disons-le de façon plus visible : quand sa pulsion in-vocante retombe sur lui, sur son corps parlant, la glotte du locuteur tourne à vide. Paradoxalement, c'est en cette occasion que l'objet-cause de désir se met à exister, à briller... par et de son absence.

L'intransmissible et sa voix

On voit les perspectives que cela ouvre sur le moment révélateur de l'aphonie de l'enseignant.

Que veut un enseignant, entendons celui qui se tient dans son acte de parole et adhère à sa fonction ? On peut dire qu'il veut intéresser l'autre afin d'accomplir sa tâche de façon satisfaisante. Mais cela ne dit rien sur le désir en jeu et en acte. Quel est le fantasme qui, au-delà de la singularité des configurations subjectives, soutient sa « profession » ? C'est celle de transmettre quelque chose de son savoir, entendons de l'objet-cause de son désir, soit d'intéresser l'autre à son désir d'enseigner. Il le fait en actant un savoir au moyen d'une parole qui doit atteindre l'autre, l'affecter corporellement et ce faisant – dans les termes du fantasme – lui ouvrir la jouissance de l'Autre, en sa version de savoir. Faute de quoi le circuit pulsionnel tournerait à vide, le wagon revenant vide à sa station de départ.

On sait que l'enseignant doit parler beaucoup, longtemps, de façon réitérative et insistante, re-dire inlassablement et maintenir, au moyen de la voix, le contact avec « l'esprit-corps », la « psyché-soma » des « enseignés ». Cela comporte fréquemment un forcing de la voix. Mais la voix ne s'use pas seulement parce que l'on s'en sert. Ainsi, un enseignant dont les enseignés ne veulent pas de la parole viennent humilier son objet. La perte de voix signe ce moment mélancolique.

Le sujet alors se sépare, il « boude » en quelque sorte. Sa voix le snobe. Bref, il s'agit d'un « chagrin d'amour », d'un sinistre du transfert en même temps qu'un repli narcissique. On comprend en quoi « On (« un enseignant ») perd la voix » prend sa dimension d'être déchiffrable comme la mise en acte d'un phrasé fantasmatique, au cœur même du symptôme produit.

Freud situait l'éducation du côté des « métiers impossibles », avec la politique et l'analyse, dans la mesure où « on peut être sûr d'avance du caractère insuffisant du résultat » escompté et espéré (Freud, 1937). C'est aussi le désir dont on est « incurable », alors même qu'il déçoit à des degrés divers chroniquement, se confrontant au désir ambivalent de l'enseigné. Que ce métier soit « impossible » (*unmöglich*) en confirme la « vocation ». Là où l'analyste silencieux fait usage parcimonieusement de sa voix, le politique et l'éducateur-enseignant en font un usage déterminant. Le propre de ce dernier est de s'engager dans cette « pulsion de savoir » si puissante. L'a-phonie, en ses diverses et subtiles modalités, marque en quelque sorte cet aveu de l'inenseignable en forme de « haut-le-corps ». Preuve que la parole se produit en quelque sorte sur fond d'aphonie. Ce qui en fait le caractère poignant et passionnel...

Paul-Laurent Assoun¹⁵

Professeur à l'Université Paris-7 Diderot

BIBLIOGRAPHIE

ASSOUN PL. Introduction à la métapsychologie freudienne. Presses Universitaires de France, « Quadrige », 1993

ASSOUN PL. Le regard et la voix. Leçons de psychanalyse, 2^e éd. Anthropos/Economica, Paris, 2001

ASSOUN PL. Lacan. Collection Que sais-je ? Presses Universitaires de France, 2003

15. Membre de l'équipe d'accueil « Psychanalyse et pratiques sociales » à l'Université Paris-7/CNRS, responsable de la spécialité master recherche « Cliniques du corps et anthropologie psychanalytique », psychanalyste

- ASSOUN PL. Corps et symptôme. Tome 2 Leçons de psychanalyse, Economica, 2004
- FREUD S. Le moi et le ça (1922/1923). Trad 1. In : Essais de psychanalyse. LAPLANCHE J (ed). Payot, Paris, 1981, trad 2. In : Œuvres complètes, XVI, Presses Universitaires de France, Paris, 1991
- FREUD S. Inhibition, symptôme et angoisse (1925/1926). DORON J, DORON R (trad). Paris, Presses Universitaires de France, 1993. In : Œuvres complètes, XVII, Presses Universitaires de France, Paris, 1992
- FREUD S. Nouvelles conférences d'introduction à la psychanalyse (1933). ZEITLIN RM (trad). Gallimard, Paris, 1984
- FREUD S. L'analyse avec fin et l'analyse sans fin (1937). In : Résultats, idées, problèmes. ALTOUNIAN J, BOURGUIGNON A, COTET P, RAUZY A (trad.). II, Presses Universitaires de France, Paris, 1985
- LACAN J. Le Séminaire XI (1963-1964). Dans Les quatre concepts fondamentaux de la psychanalyse. Point Seuil, 1966

Approche cognitivo-comportementale dans la prévention et la prise en charge

La thérapie cognitive est une méthode de psychothérapie développée pour aider les personnes à surmonter leurs problèmes émotifs. Cette méthode insiste sur la modification de la manière de penser pour améliorer des états affectifs comme la dépression, l'anxiété et la colère. Elle a pour objectif de déterminer les conditions qui déclenchent ou qui font durer les comportements difficiles ainsi que les conditions associées aux comportements souhaités. Dans le cadre des troubles de la voix causés par l'interaction de l'enseignant avec son environnement, un plan de renforcement des comportements positifs vise l'acquisition de comportements mieux adaptés (pour résoudre par exemple des problèmes de communication), le changement de certains aspects du mode de vie (par exemple pour doser le stress), l'adoption de comportements efficaces pour traiter certains troubles comme les troubles vocaux. Pour cela, il est nécessaire de préciser les facteurs qui déterminent les comportements et agir sur ces facteurs.

Origines du modèle cognitivo-comportemental

Les thérapies cognitivo-comportementales sont issues des théories de l'apprentissage, c'est-à-dire des théories du conditionnement de Pavlov et de Skinner d'une part, et des modèles cognitifs de Bandura et de Beck d'autre part.

En 1905, Pavlov illustre comment un chien peut « apprendre » à saliver en présence d'un métronome, par l'association d'un stimulus provenant de l'environnement et n'ayant aucun fondement génétique (le métronome) à un stimulus conditionnel (auquel la réponse est génétiquement programmée), la poudre de viande. De là est née l'idée, chez les comportementalistes, que les troubles psychiques sont le fruit d'apprentissage (d'association entre stimulus et réponse) et non pas la conséquence de conflits intra-psychiques. Vu sous cet angle, les troubles vocaux seront analysés comme des comportements en réponse à un environnement.

Dans les années 1930, Skinner poursuivant les travaux de Pavlov introduit les notions de renforcement positif et de conditionnement opérant. Dans le

modèle de Skinner, le sujet est actif, il opère. Par renforcement positif, on signifie des conséquences d'un comportement qui augmentent la probabilité que le sujet continue à émettre ce comportement. Le renforcement positif n'est pas toujours une récompense. Pour les enseignants, le comportement « hausser le ton » peut être suivi de conséquences « calme dans la classe ». Ainsi « le calme » sert de renforcement positif et maintient le haussement de ton bien au-delà de l'efficacité initiale. De ce fait, l'enseignant, une fois le comportement installé, risque d'abîmer sa voix et à son tour de renforcer chez les élèves la tendance à crier pour se faire entendre.

Dans les années 1960, sous l'influence de Piaget et des éthologues, Albert Bandura publie des travaux sur l'apprentissage social. Deux éléments sont à retenir de ceux-ci : d'une part les primates apprennent par observation ou modelage, et d'autre part l'observation des renforcements positifs du modèle observé servira à renforcer ou non un comportement du sujet observateur. Autrement dit, du conditionnement opérant, on est passé au conditionnement cognitif et vicariant. En matière d'éducation, on peut en tirer plusieurs leçons :

- les comportements des enseignants servent de modèle à ceux des élèves. L'enseignant qui crie montre aux élèves que crier est un comportement acceptable ;

- l'enseignant qui connaît des troubles de la voix dans une situation X (une classe de troisième par exemple) pourrait par anticipation de conséquences négatives développer des troubles dans une situation Y (une classe de sixième par exemple). L'environnement qui génère des comportements, voire des troubles, peut être réel et actuel ou anticipé.

Ces trois auteurs mettent l'accent sur l'interaction entre le sujet et son environnement dans l'apparition et le maintien des troubles. Aaron Beck, psychanalyste à ses débuts et reprenant ensuite l'approche cognitive, met, quant à lui, l'accent sur l'individu et son architecture intérieure (le psychique et non pas l'environnement) à savoir les « schémas » ou croyances fruits de l'expérience et des apprentissages de la petite enfance. Dans ce qu'il baptisera la thérapie cognitive, Beck insiste sur le rôle des cognitions, jouant comme déterminant dans les réponses affectives et comportementales. Vu sous cet angle, les troubles de la voix seraient le fruit de schémas de pensées (schémas de pouvoir, de performance ou de perfectionnisme) qui pousseraient les enseignants à se comporter d'une manière peu adaptée (hausser le ton, maintenir l'ordre par la terreur) et à éprouver des affects (anxiété, colère, frustration) qui contribueraient à maintenir des troubles.

Méthodologie du modèle cognitivo-comportemental

286 Lorsqu'un patient arrive dans le cabinet d'un thérapeute cognitivo-comportementaliste, celui-ci démarre la relation thérapeutique par « une analyse fonctionnelle », à savoir un interrogatoire cherchant à mettre en évidence à

la fois la genèse du trouble et ses facteurs de maintien. En matière de genèse, le thérapeute recherchera à la fois les causes immédiates : l'environnement (où, quand, avec qui), mais aussi les pensées et les émotions du sujet au moment de l'apparition du trouble. Prenant l'exemple de l'enseignant qui présente un trouble vocal, on cherchera à savoir où et quand le trouble apparaît, mais aussi ce que le patient ressent à ce moment là et surtout ce qu'il se dit. Le thérapeute tentera de mesurer les conséquences immédiates et différées de ce trouble (notamment la réaction des élèves, mais aussi de l'administration, du corps médical). En dernier lieu, le thérapeute recherchera les facteurs en amont, sondant la biographie du sujet, son éducation, la présence ou non de facteurs génétiques, ainsi que des facteurs de personnalité. À ceci, le thérapeute ajoutera des échelles et/ou des questionnaires de façon à recueillir un plus grand nombre de données d'une part, mais aussi à des fins pédagogiques d'autre part, pour permettre au sujet de mieux visualiser le problème et les hypothèses diagnostiques du thérapeute.

Enfin, le clinicien expliquera ses hypothèses de manière claire et simple en insistant sur la notion de système et de causalité circulaire : les déclencheurs avant et les renforçateurs après (qui deviennent à leur tour des déclencheurs). Le thérapeute expliquera au sujet comment les symptômes sont appris dans un certain espace/temps et comment les conséquences de ceux-ci permettent de les maintenir. Les rôles des schémas, des valeurs (performance, dominance) et des traits de personnalité (perfectionnisme, rigidité) seront élucidés comme facteurs contribuant au système.

Prise en charge des troubles de la voix

Les comportementalistes travaillent sur trois axes : le comportement, l'émotion et la cognition. Le patient est actif, car il apprend à agir, ressentir et penser différemment. Les trois dimensions feront l'objet d'observation et monitoring de la part du patient. Il s'agit de noter tous les jours l'apparition des troubles (quand, où), l'émotion (peur et frustration), comportement (fuite ou forçage) et pensées (par exemple : « je ne les supporte plus »). Le but de ce travail est de permettre à la fois de montrer au sujet que les troubles sont le fruit des interactions entre lui-même et son environnement et également de mettre en évidence les liens entre les comportements, les pensées et les émotions.

La première étape de la thérapie est l'entraînement à la relaxation et aux techniques de respiration ventrale de façon à obtenir une réduction rapide de l'anxiété (souvent à l'origine des troubles de la voix).

Ensuite, sera abordée la restructuration cognitive ou prise de conscience et modification des systèmes de pensées : par exemple, la représentation que l'enseignant a des élèves, du métier, des rôles de chacun, de la performance,

l'hypothèse étant que les troubles vocaux sont conditionnés en partie par des facteurs cognitifs eux-mêmes générateurs de l'anxiété.

Finalement, il sera question de la modification des comportements à travers la mise en place de tâches et d'expériences (au sens scientifique du terme) : travailler la voix et la communication en jeu de rôle avec le thérapeute ; tester le résultat d'une « nouvelle voix » sur les élèves ; dépasser les évitements : reprendre le travail lorsque le sujet est arrêté, aider à confronter une classe particulièrement redoutée.

Prévention des troubles de la voix

Afin d'éviter le recours à des thérapies, l'approche comportementale peut s'introduire en amont, lors de la formation initiale des enseignants sous deux formes : les stages de gestion de stress et de l'agressivité ou des stages de communication. Dans les deux cas, le travail en groupe permet de renforcer la cohésion sociale, excellent amortisseur de stress et de partager les stratégies et les comportements adaptés par apprentissage social.

En matière de gestion de stress, il s'agit d'apprendre des techniques utilisées en thérapie : monitoring, relaxation, restructuration, introduction de comportements de santé favorisant un bon équilibre vie personnelle/professionnelle.

Pour la communication, il s'agit d'apprendre à utiliser sa voix de manière professionnelle : calmer les interlocuteurs par sa voix, ne pas se laisser emporter par le ton agressif de l'élève, traduire par la voix l'intérêt que porte l'enseignant pour l'élève (la voix comme renforcement positif), placer sa voix et parler fort sans crier, autrement dit, savoir exploiter l'émotion que traduit la voix de manière positive, comme vecteur de « séduction » et de changement en sachant analyser et exploiter son propre ressenti sans débordement, tel le chanteur qui traduit l'émotion du personnage en maîtrisant la sienne.

Une approche pluridisciplinaire favorise l'efficacité de ce type d'entraînement, voire permet de marier les techniques de gestion du stress avec celles de la communication pure. Le brassage de compétences de spécialistes de la voix (phoniatre, orthophonistes et comédiens/chanteurs) et celles des psychologues s'avère utile pour prévenir des troubles vocaux et réduire l'anxiété des futurs enseignants devant les élèves.

Rosemarie Bourgault

Psychologue, Laboratoire de la Voix, Paris

Données épidémiologiques issues de l'Enquête Santé MGEN 2005

La Fondation MGEN pour la santé publique a mis en place une étude longitudinale qui permettra tous les quatre ou cinq ans de suivre l'état de santé et d'identifier les principaux facteurs de risque observés sur un grand échantillon d'adhérents majeurs tirés au sort au niveau national indépendamment de leur âge et de leur lieu d'habitation. L'Enquête Santé MGEN est destinée à évaluer les effets à court, moyen et long termes de la vie professionnelle sur la santé physique et mentale, mais aussi sur l'utilisation du système de soins.

Parmi les nombreux items étudiés dans cette enquête, figure un certain nombre de questions sur les troubles de la voix. Alors que très peu de données épidémiologiques sont disponibles en France pour les enseignants, cette enquête a permis de collecter des données sur la prévalence de troubles de la voix sur un échantillon de près de 4 000 enseignants français.

Matériel et méthode

Population d'étude et procédure d'échantillonnage

La population d'étude est constituée des assurés sociaux¹⁶ (gérés régime obligatoire et régime complémentaire) de la MGEN ; elle est composée à 65 % d'enseignants, les 35 % restants concernent des employés et cadres de la fonction publique, directeurs d'établissements, chercheurs...

En 2005, 20 099 mutualistes âgés de 18 ans et plus ont été tirés au sort au niveau national (France métropolitaine et Dom-Tom) à la proportionnelle et ont reçu un questionnaire par courrier. Cette enquête a fait l'objet d'une autorisation par la Cnil et était totalement anonyme. Le taux global de réponse obtenu après 2 relances consécutives a été de 53 % (soit un effectif de 10 288 répondants).

16. Une vague complémentaire d'enquêtes se déroule en 2006 de manière à intégrer les ayants droit à l'échantillon (9 500 autres individus ont reçu un questionnaire). Les données présentées dans ce document ne portent que sur la campagne d'enquête de 2005.

Description de l'échantillon

Les données présentées dans ce document ne concernent que les enseignants en activité professionnelle au nombre de 3 904. À titre indicatif, sur les 10 288 répondants à l'enquête, 6 078 personnes sont âgées de moins de 60 ans, 4 210 personnes sont âgées de plus de 60 ans dont 2 722 enseignants à la retraite.

Le tableau I présente les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon composé des 3 904 enseignants en activité ainsi que le type d'établissement où l'enseignement est effectué.

Tableau I : Caractéristiques de l'échantillon étudié

	Homme (N = 1 366) (%)	Femme (N = 2 538) (%)	Total (N = 3 904) (%)
De 18 à 25 ans	1,60	3,10	2,60
De 26 à 35 ans	19,50	20,80	20,40
De 36 à 45 ans	23,10	29,50	27,30
De 46 à 55 ans	34,20	32,60	33,10
De 56 à 65 ans	21,30	14,00	16,50
Plus de 66 ans	0,20	0,04	0,10
Classe unique maternelle/primaire	0,70	1,10	0,90
Maternelle	1,30	13,90	9,40
Primaire	14,80	22,20	19,60
Collège	23,70	24,10	23,90
Lycée général	18,90	13,40	15,30
Lycée technique	11,60	7,40	8,90
Établissements supérieurs	19,00	10,60	13,60
Établissements spécialisés	10,30	7,40	8,40

Instrument

Quatre questions sur les troubles de la voix ont été posées dans une partie du questionnaire dédiée à la santé générale (tableau II).

Tableau II : Questions sur les troubles de la voix

G14	Vous arrive-t-il d'avoir l'un des problèmes suivants ? (cochez la réponse de votre choix)			
	Toujours	Souvent	Rarement	Jamais
La voix éraillée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un chat dans la gorge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G14	Vous arrive-t-il d'avoir l'un des problèmes suivants ? (cochez la réponse de votre choix)			
Mal à la gorge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une extinction de la voix	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G15	Y a-t-il des moments où ces problèmes de voix ou de gorge sont plus importants ?		
Oui	Non	Ne sait pas	

G15a	Si oui, à quel(s) moment(s) ?
	Début de la journée
	Fin de la journée
	Début de l'année
	Début de trimestre
	Fin de trimestre
	Fin de l'année

G16	Avez-vous suivi une formation pour apprendre à poser la voix ?		
Oui	Non	Ne sait pas	

Prévalences

Les prévalences des troubles de la voix sont présentées en fonction des caractéristiques de l'échantillon de la population et en fonction des caractéristiques des troubles de la voix déclarés.

Prévalences en fonction des caractéristiques de l'échantillon

Le tableau III présente les données de prévalence des troubles de la voix en fonction des caractéristiques socioprofessionnelles de l'échantillon.

Tableau III : Prévalence des troubles de la voix selon la profession

	Enseignant (N = 3 723) % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14	Non-enseignant (N = 1 889) % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14
Homme	26	22
Femme*	50	35

*Différence significative à 5 % entre les enseignants et les non-enseignants.

Une femme enseignante sur 2 déclare souffrir de troubles de la voix *versus* un homme enseignant sur 4. Chez les non-enseignants, les prévalences des troubles de la voix sont moins fortes.

Le tableau IV présente la prévalence des troubles de la voix en fonction de la tranche d'âge.

Tableau IV : Prévalence « avoir au moins un type de troubles de la voix » par classe d'âge chez les enseignants en activité

	Homme % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14	Femme % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14
De 18 à 25 ans	18	47
De 26 à 35 ans	33	60
De 36 à 45 ans	24	47
De 46 à 55 ans	25	46
De 56 à 65 ans	22	47

À noter une différence significative à 5 % entre la répartition par classe d'âge entre les hommes et les femmes, ainsi qu'une différence significative à 5 % entre classes d'âge uniquement chez les femmes.

Il n'a pas été observé de différence statistiquement significative des prévalences des troubles de la voix entre classe d'âge chez les hommes ; en revanche, chez les femmes les prévalences diffèrent entre les classes d'âge avec des prévalences plus fortes chez les 26 à 35 ans.

Le tableau V présente les prévalences des troubles de la voix en fonction du type d'établissement et de la classe.

Tableau V : Prévalence des troubles de la voix selon le type d'établissement où exercent les enseignants

	Homme % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14	Femme % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14
Classe unique maternelle/primaire	20	50
Maternelle	33	55
Primaire	24	51
Collège	30	50
Lycée général	25	45
Lycée technique	25	47
Établissements supérieurs	25	46
Établissements spécialisés	25	47

À noter une différence significative à 5 % entre la répartition par type d'établissement entre les hommes et les femmes.

Bien qu'aucune différence statistiquement significative entre les répartitions par type d'établissement n'ait été démontrée chez les hommes comme chez les femmes, les tendances observées indiquent que les prévalences des troubles de la voix sont légèrement plus fortes chez les enseignant(e)s des classes de maternelle.

Le tableau VI présente les prévalences des troubles de la voix selon la discipline enseignée.

Tableau VI : Prévalence des troubles de la voix selon la discipline enseignée

	Homme % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14	Femme % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14
Musique	40	54
EPS/danse	29	46
Autres disciplines	25	51

À noter une différence significative à 5 % entre la répartition par discipline enseignée entre les hommes et les femmes.

Bien qu'aucune différence statistiquement significative entre les répartitions par type d'établissement n'ait été démontrée chez les hommes comme chez les femmes, les tendances observées indiquent que les prévalences des troubles de la voix sont sensiblement plus fortes chez les enseignant(e)s de musique.

Un certain nombre d'enseignants en activité suit des formations pour apprendre à poser la voix. Les femmes déclarent suivre davantage de formation pour apprendre à poser la voix que les hommes (18 % *versus* 10 %), ce qui correspond au fait qu'elles présentent plus souvent ce type de problème.

Lorsque l'on compare les données en fonction de l'ancienneté dans la profession d'enseignant, les femmes en début de carrière (moins de 5 ans de carrière) présentent plus de troubles de la voix que les plus anciennes (de 6 à 29 ans de carrière) (55,6 % *versus* 49 %) ¹⁷. Elles déclarent aussi suivre davantage de formation pour poser la voix que leurs aînées (24 % *versus* 15 %).

Caractéristiques des troubles de la voix déclarés

La prévalence des troubles de la voix chez les enseignants en activité est présentée en fonction du type de problème de voix (tableau VII).

17. Ces observations n'ont pas été faites de manière statistiquement significative lorsque l'on utilise 2 ans comme point de coupure.

Tableau VII : Prévalence par type de troubles de la voix chez les enseignants en activité

	Homme % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14	Femme % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14
Voix éraillée*	9	23
Chat dans la gorge*	11	21
Mal à la gorge*	16	31
Extinction de voix*	3	13

* Différence significative à 5 % entre les hommes et les femmes.

Les troubles les plus fréquemment déclarés sont pour les deux sexes « le mal à la gorge », suivi chez les hommes « du chat dans la gorge », et de « la voix éraillée » chez la femme.

Le moment de survenue des troubles de la voix chez les enseignants varie selon le moment de la journée, la période du trimestre ou de l'année (tableau VIII).

Tableau VIII : Moment de survenue de ces problèmes de voix chez les enseignants

	Homme % ayant répondu « oui »	Femme % ayant répondu « oui »
Début de journée	19	15
Fin de journée	80	84
Début du trimestre*	30	20
Fin du trimestre**	70	80
Début d'année*	77	63
Fin d'année*	22	37

*Différence significative à 5 % entre les hommes et les femmes.

Chez les hommes comme chez les femmes, les problèmes de voix sont déclarés comme survenant davantage en fin de journée, en fin de trimestre et en début d'année.

Comorbidité avec les troubles psychiatriques

294 L'étude permettait d'évaluer les problèmes de santé mentale au moyen d'un questionnaire diagnostique standardisé, le CIDI-SF (*Composite International*

Diagnostic Interview Short Form) (Robins et coll., 1988) sous sa forme auto-administrée. Ce questionnaire permet ainsi la construction des algorithmes diagnostiques selon les critères du DSM-IV (DSM-IV, 1994) et de la CIM-10 (OMS, 1994) pour les troubles dépressifs et anxieux, plus spécifiquement les troubles phobiques, l'anxiété généralisée et le stress post-traumatique. La prévalence des troubles de la voix est rapportée en fonction du diagnostic de troubles de santé mentale (tableau IX).

Tableau IX : Prévalence des troubles de la voix en fonction du diagnostic de certains troubles de santé mentale chez les enseignants en activité

Trouble de santé mentale		Homme	Femme
		% ayant répondu « toujours ou souvent » à G14	% ayant répondu « toujours ou souvent » à G14
Épisode dépressif majeur chez les 2 sexes*	Oui	39	61
	Non	24	47
Anxiété généralisée chez les 2 sexes*	Oui	36	60
	Non	25	48
Phobies spécifiques chez les hommes seulement*	Oui	50	57
	Non	25	49
Phobies sociales chez les hommes seulement*	Oui	53	55
	Non	25	49
Névrose post-traumatique	Oui	28	61
	Non	25	49

*Différence significative à 5 % entre les prévalences des troubles de la voix en fonction de la présence ou non d'un trouble psychiatrique.

Les prévalences des troubles de la voix sont plus élevées chez les enseignants présentant un diagnostic positif de trouble de santé mentale, aussi bien chez les hommes que chez les femmes. Cependant, les différences ne sont pas statistiquement significatives pour la névrose post-traumatique.

Comorbidité avec les arrêts de travail

Le questionnaire comprenait aussi différentes questions concernant la durée et les motifs des congés maladie (longue durée ou courte durée). La prévalence des troubles de la voix est présentée en fonction de la survenue d'au moins un arrêt de travail ou non (tableau X).

Tableau X : Prévalence des troubles de la voix en fonction de la survenue d'au moins un arrêt de travail au cours de l'année écoulée chez les enseignants en activité

		Homme % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14	Femme % ayant répondu « toujours ou souvent » à G14
Arrêt de travail survenu au cours de l'année écoulée*	Oui	32	55
	Non	23	44

*Différence significative à 5 % entre les prévalences des troubles de la voix en fonction de la présence ou non d'un arrêt de travail.

Les prévalences des troubles de la voix sont plus élevées chez les enseignants ayant déclaré au moins un arrêt de travail aussi bien chez les hommes que chez les femmes.

En conclusion, face à la pauvreté des données épidémiologiques disponibles en France sur la prévalence des troubles de la voix chez les enseignants, les données de l'Enquête Santé MGEN apportent des éléments descriptifs très intéressants. Les troubles de la voix sont ainsi très fréquents chez les enseignants, en particulier chez les femmes. Les associations observées avec les troubles psychiatriques et les arrêts de travail confirment qu'il peut exister un contexte parfois plus complexe que la « simple défaillance mécanique » autour de ces troubles de la voix.

Les facteurs de risque professionnels, les facteurs aggravants du métier d'enseignant et les facteurs de risque environnementaux sont donc à considérer dans leur globalité pour permettre une meilleure prise en charge de ces troubles d'un point de vue préventif et thérapeutique. Le suivi des participants à l'Enquête Santé MGEN permettra de suivre l'évolution de ces troubles de la voix au cours des années à venir et d'étudier leurs déterminants de manière plus précise.

Eléna Nerrière

*Epidémiologiste, Fondation d'entreprise
MGEN pour la Santé Publique*

BIBLIOGRAPHIE

- 296 AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. DSM-IV. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. Fourth Edition (DSM-IV) 1994, Washington DC, American Psychiatric Press

OMS. Classification Internationale des Troubles Mentaux et des Troubles du Comportement. Critères Diagnostiques pour la Recherche, 1994

ROBINS LN, WING J, WITTCHEN HU, HELZER JE, BABOR TF et coll. The Composite International Diagnostic Interview. An epidemiologic Instrument suitable for use in conjunction with different diagnostic systems and in different cultures. *Arch Gen Psychiatry* 1988, **45** : 1069-1077

Apport des acousticiens face aux troubles de la voix des enseignants

Lorsqu'il s'adresse à un groupe, tout locuteur est soumis à un réflexe naturel destiné à maintenir un rapport signal/bruit permettant la compréhension du message. Au moment où l'activité des occupants génère un niveau de bruit supérieur au niveau de bruit ambiant dans la salle non occupée, les locuteurs réagissent naturellement par une augmentation de leur niveau de voix en relation directe avec leur perception du niveau de bruit ambiant.

Notre structure s'appelle AIA : Audition Intelligibilité Acoustique. Nos projets concernent les études et réalisations acoustiques et électroacoustiques, ainsi que le développement d'outils et de solutions spécialement pour les salles dédiées à l'enseignement, et plus généralement les lieux destinés à des applications de parole (salles de classe, amphithéâtres, cantines, salles de conférence...).

Nous travaillons en particulier, en collaboration avec la CAAPS (Cellule Audition Acoustique de Paris Sud), liée au CNRS à Orsay. Dans le cadre de cette collaboration, nous avons réalisé plusieurs aménagements de salles et d'amphithéâtres à l'Université Paris Sud à Orsay dont une salle prototype dotée d'une acoustique passive étudiée spécialement pour le renforcement de l'intelligibilité, dotée également d'un système d'amplification de la voix et d'une boucle d'induction magnétique pour les malentendants. Concernant les aménagements effectués dans cette salle, ainsi que tous ceux que nous étudions dans différents établissements scolaires, il est important de notre point de vue qu'ils ne représentent pas un coût trop important afin de respecter les budgets des collectivités locales.

Notre intervention à l'expertise collective a pour objectif d'apporter un point de vue d'acousticiens dans le cadre de l'étude des troubles de la voix des enseignants, notamment en présentant notre expérience sur l'environnement acoustique quotidien dans les salles de classe. Il est reconnu que l'un des importants facteurs de risque pour les troubles de la voix des enseignants est un environnement acoustique défavorable dans les salles de classe, alors que cet environnement devrait au contraire être conçu pour porter naturellement la voix du locuteur.

Avant de traiter spécifiquement de l'effort vocal des locuteurs dans des environnements défavorables, nous présenterons un état global de l'environnement acoustique quotidien dans les salles de classe, les normes et recommandations qui s'y rattachent ainsi que les solutions passives et actives qui permettent de renforcer la voix du locuteur.

Brèves notions d'acoustique des salles de classe

Considérons un cours ayant lieu dans la nature, dans un environnement calme et en l'absence de tout obstacle au son. Dans ce cas, l'onde sonore émise par le locuteur se propage dans l'air, dans toutes les directions. Le son reçu par l'auditeur est la composante de l'onde sonore émise dans sa direction, soumise à une baisse de niveau liée à la distance. Cette onde sonore est appelée le son direct.

Les conditions sont sensiblement différentes si le cours a lieu dans une salle, et l'on peut parler de deux contributions supplémentaires.

Première contribution : le son réverbéré

Les parois de la salle jouent un rôle complexe sur les ondes sonores émises dans toutes les directions. Comme dans le cas de l'optique, les rayons sont en partie absorbés, réfléchis et diffractés pour arriver aux oreilles de l'auditeur avec une modification de leurs caractéristiques physiques et un retard. Globalement, toutes ces actions sur les ondes sonores peuvent être regroupées sous le terme « contribution de la salle », l'ensemble des composantes réfléchies peut être regroupé sous le terme « son réverbéré ». Parallèlement, l'auditeur perçoit toujours le son direct, identique à celui qu'il percevrait dans la nature.

Deuxième contribution : le bruit global

À l'intérieur d'une salle de classe, on perçoit toujours une quantité plus ou moins importante de bruits. Comme le son émis par le locuteur, le bruit est modelé par la contribution de la salle. Donc l'auditeur reçoit un son global composé du son direct, du son réverbéré et du bruit global dans la salle, qui regroupe le bruit ambiant et le bruit généré par les occupants dans la salle.

Environnement acoustique particulier des salles de classe et sa réglementation

L'environnement acoustique de la classe dépend de plusieurs facteurs environnementaux et liés au locuteur.

Bruit

Dans le but de classer les différentes sources de bruit auxquelles les occupants des salles de classe sont confrontés quotidiennement, quatre grandes catégories de sources peuvent être distinguées :

- les sources environnementales, extérieures au bâtiment, citons par exemple les sources liées au transport, à la cour de récréation, aux tondeuses, aux travaux ;
- les sources liées aux installations techniques à l'intérieur du bâtiment, telles que le chauffage, la ventilation, les systèmes de projection ou les éclairages ;
- les sources liées aux personnes présentes à l'intérieur du bâtiment, citons notamment les passages dans les escaliers ou les couloirs ;
- les sources de bruit en salle occupée, c'est-à-dire générées par les élèves qui suivent le cours dans la salle, en particulier par leurs paroles, mouvements et chuchotements.

Les deux premières catégories de sources sont celles, hormis la cour de récréation, qui interviennent dans la mesure du bruit ambiant, telle qu'elle est définie dans les textes réglementaires.

La mesure de l'ensemble des quatre catégories de bruit correspond au niveau de bruit en salle occupée, qui est bien sûr la situation la plus réaliste rencontrée par les enseignants au quotidien.

Concernant les niveaux de bruit réglementaires et mesurés dans les salles de classe, pour ce qui est des niveaux de bruit ambiant, on mesure généralement un niveau compris entre 30 et 56 dBA (Bradley et coll., 1999 ; Hodgson et coll., 1999 ; Shield et Dockrell, 2004).

Les maxima réglementaires sont 43 dBA dans le cas d'un bruit intermittent pour l'arrêté du 25 avril 2003 en France, et compris entre 30 et 43 dBA selon le volume de salle pour les autres réglementations telles que les recommandations de l'*American Speech and Hearing Association*, de la *World Health Organization* ou de l'ANSI S12.60-2002 (voir références du tableau I).

Paradoxalement, les niveaux de bruit en salle occupée ne sont pas réglementés, ils représentent pourtant la réalité quotidienne vécue par les enseignants. On peut mesurer dans une salle de classe en situation de cours un niveau de bruit global pouvant atteindre 65 à 80 dBA selon le nombre d'élèves, le type d'activité et le niveau d'agitation.

Tableau I : Acoustique des salles de classe : réglementations et recommandations internationales

Us general accounting office. "Report on condition of America's schools" GAO/HEHS-95-61, Feb. 1, 1995
Digeste de la construction au Canada – CBD-92-F : L'acoustique des salles publiques (Canada – publié à l'origine en mai 1969) http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/cbd/cbd092f.html
Arrêté du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement (France - paru au Journal Officiel du 10 janvier 1995) http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/Visu?cid=125065&indice=1&table=JORF&ligneDeb=1
Acoustics in educational settings : position statement and guidelines – Recommandations ASHA (États-Unis - 1994)
Guide « La qualité acoustique des lycées et collèges », Ministère de l'environnement (France 1996)
Acoustic Standards – School buildings – Swedish Council for Building research (Suède - Avril 1996)
Guidelines for community noise –World Health Organization (WHO), Genève (Suisse 2000) http://www.who.int/environmental_information/Noise/
Classroom Acoustics / A resource for creating learning environments with desirable listening conditions – ASA (États-Unis - Août 2000) http://asa.aip.org/classroom/booklet.html
Standard AS/NZS 2107:2000 Acoustics – Recommended design sound levels and reverberation times for building interiors (Australie / Nouvelle-Zélande 2000) http://www.standards.com.au/catalogue/script/details.asp?DocN=AS346389408742
ANSI S12.60-2002 : Acoustical Performance criteria, design requirements, and guidelines for schools (États-Unis - Juin 2002)
Intelligibilité de la parole dans les salles de classe – Recommandation BIAP (Bureau International d'Audiophonologie) 09/10-4 (Belgique - Février 2003) http://www.biap.org/recom09-10-4.htm
Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement (France - paru au Journal Officiel du 28 mai 2003) http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/Visu?cid=330470&indice=1&table=JORF&ligneDeb=1

Temps de réverbération

Pour ce qui est du temps de réverbération dans les salles de classe, on peut le mesurer de 0,3 s jusqu'à des valeurs telles que 3 s, alors que la réglementation française donne une fourchette entre 0,4 s et 0,8 s ou entre 0,6 s et 1,2 s selon le volume de la salle (Brüel, 1994 ; Bistafa et Bradley, 2000 et 2001 ; Hodgson et Nosal, 2002). Les recommandations internationales donnent une limite maximale allant de 0,4 s à 1,2 s selon le volume. Il est toutefois reconnu aujourd'hui qu'un temps de réverbération trop court peut être à l'origine d'autres problèmes liés à des niveaux de voix trop faibles lorsque la distance entre le professeur et l'élève est élevée, ce qui est inacceptable. Il devrait être souligné qu'actuellement, les *designs* architecturaux et acoustiques élaborés dans un objectif d'intelligibilité de la parole cherchent à atteindre un temps de réverbération optimisé et non simplement réduit. Les études scientifiques nous mettent en garde contre un comportement de diminution abusif du temps de réverbération (Bradley, 1986 ; Bradley et coll., 2003).

L'objectif est d'obtenir un niveau de voix élevé au fond de la salle, de ce fait il est nécessaire d'éviter une trop forte absorption dans la salle. Par ailleurs, les résultats de certaines études menées dans les salles de classe ont démontré scientifiquement la pauvreté acoustique de la plupart de celles-ci (Makrinenko, 1994 ; Hodgson, 1999 et 2002 ; Crandell et Smaldino, 2000 ; Sutherland et Lubman, 2000 ; Schmid et Thibault, 2001 ; Nelson, 2003). Ceci a abouti à une prise de conscience des autorités scientifiques et des gouvernements de différents pays et à l'élaboration de normes ou recommandations relatives à l'acoustique des salles de classe.

Niveau de voix du locuteur

Si l'on considère maintenant le niveau de la voix du locuteur, il faut prendre en considération l'atténuation du niveau avec la distance, la directivité de la voix, le sexe du professeur et la réverbération.

Les niveaux mesurés varient entre une voix faible et une voix forte, de 55 dBA à 80 dBA à 1 m en face du professeur (Bistafa et Bradley, 2001). La limite inférieure acceptée pour le niveau de voix dans les salles de classe est 50 dBA. Cette limite est considérée comme étant très faible, mais toutefois acceptable. Par exemple, le niveau de voix perçu par un élève assis au dernier rang (à 10 m du professeur) serait de 50 dBA dans le cas où la voix du professeur serait maintenue à un niveau de 65 dBA à 1 m.

Réaction naturelle de l'enseignant à un environnement acoustique défavorable : l'effet Lombard

Les travaux d'Étienne Lombard, en 1911, ont permis d'observer la tendance naturelle d'un locuteur à hausser le niveau de sa voix en présence d'un certain niveau de bruit ambiant. Ce réflexe, nommé « l'effet Lombard », est lié au désir de communiquer dans les meilleures conditions possibles, et de délivrer le message avec succès. Il a été démontré qu'une augmentation progressive du niveau de bruit environnant autour d'un locuteur provoquait un accroissement naturel de son niveau de voix. L'effort vocal de l'enseignant est donc lié au niveau de bruit dans la salle de classe occupée.

Réaction naturelle de l'enseignant à la dégradation de l'intelligibilité : l'effort vocal

L'effort vocal s'opère naturellement dès qu'il y a éloignement de l'interlocuteur. C'est sur la variation de ce paramètre que des études scientifiques ont observé les modifications acoustiques du signal de parole en fonction de l'effort vocal (Liénard, et coll., 1999 ; Traunmüller et Erikson, 2000). Celui-

ci s'ajuste également en présence d'un environnement acoustique défavorable, pour tenter de compenser la dégradation de l'intelligibilité du message.

L'effort vocal est non seulement caractérisé par une hausse du niveau sonore de la voix, mais également par une modification des paramètres acoustiques du signal, comme par exemple l'élévation de la fréquence fondamentale et de la fréquence de certains formants, ou la modification de la durée des consonnes et des voyelles.

Effets de la contribution acoustique de la salle sur l'intelligibilité de la parole

Un bon nombre d'études scientifiques a été réalisé depuis les années 1920 sur le thème de l'acoustique des salles et l'intelligibilité (Knudsen, 1925 et 1929 ; French et Steinberg, 1949 ; Haas, 1951 ; Thiele, 1953 ; Lochner et Burger, 1958a et b ; Ryter, 1962 ; Peutz, 1971 ; Finitzo-Hieber et Tillman, 1978 ; Steeneken et Houtgast, 1980 ; Houtgast et Steeneken, 1984 et 1985 ; Davis, 1986 ; Llopis Rena et Sancho, 1988 ; Davis et Davis, 1997 ; Greenberg et coll., 1998). Elles ont conclu que les deux facteurs les plus nuisibles à l'intelligibilité sont le bruit et la réverbération.

Le bruit comporte généralement des composantes dont la fréquence est variée. Il est donc susceptible, notamment en ce qui concerne ses composantes de fréquence basse, de masquer toutes informations logées dans des fréquences un peu plus élevées. En outre, il est prouvé que le bruit provoque une fatigue et a une influence non négligeable sur la concentration. Dans une salle, nous percevons le bruit tel qu'il arrive de façon directe à nos oreilles, mais aussi le bruit tel qu'il a été modelé par la salle. Dans ce cas, les phénomènes que l'on vient de décrire sont amplifiés par la réverbération et les résonances.

La réverbération, quant à elle, procure un effet de lissage temporel sur la parole, atténuant les transitoires, c'est-à-dire les consonnes, tout en conservant l'énergie des voyelles. Les résonances entretenues dans la salle ont un rôle amplificateur pour certaines fréquences. Généralement ces fréquences sont très basses, ce qui renforce le phénomène de l'effet de masque sur les fréquences plus hautes.

Solutions spécifiques pour l'amélioration de l'environnement acoustique dans les salles de classe

Deux types d'aménagements peuvent être envisagés : les aménagements acoustiques passifs et les équipements électroacoustiques.

Aménagements acoustiques passifs

Une amélioration efficace des conditions acoustiques dans les salles de classe est possible dans la plupart des cas, à des coûts abordables, afin d'accroître le confort auditif et donc diminuer l'effort vocal pour le professeur, et d'améliorer la compréhension et les aptitudes de concentration des élèves.

Concernant la diminution des niveaux de bruit, il est possible d'atténuer les bruits intrusifs par un renforcement de l'isolation phonique, et de limiter la gêne relative aux équipements techniques en modifiant leur installation. Concernant le contrôle de la réverbération, il est possible de poser des panneaux acoustiques semi-absorbants en prenant soin de ne pas trop diminuer le temps de réverbération. Ce type d'aménagement permet de plus une absorption du bruit généré par les élèves. Un dernier type de traitement, très important, est le renforcement des premières réflexions (dont le délai d'arrivée aux oreilles est inférieur à 50 ms), qui ont pour rôle de renforcer naturellement la voix et l'intelligibilité du message, et donc permettent de diminuer l'effort vocal du professeur.

Équipements électroacoustiques

Des solutions électroacoustiques complémentaires sont envisageables, mais il faut savoir qu'une installation électroacoustique dans une salle où l'acoustique passive n'est pas adaptée ne donnera pas les résultats espérés en terme d'intelligibilité du message.

Nous parlons de système électroacoustique d'amplification de la voix et non de sonorisation. En effet, ces systèmes n'ont pas pour rôle de sonoriser en amplifiant excessivement le message. Ils doivent être conçus pour restituer la parole de façon naturelle, afin que l'auditeur ressente un réel confort par rapport à la clarté du message, sans percevoir la présence d'une quelconque amplification. Le locuteur doit pouvoir sentir sa voix réellement portée, sans aucun effort vocal, et sans aucune gêne relative à des échos ou à l'effet Larsen.

Une solution complémentaire consiste en l'installation dans la salle d'une boucle d'induction magnétique, permettant une restitution par voie électromagnétique du signal vocal capté, pouvant être réceptionné par les élèves malentendants sur une bobine d'induction présente dans la plupart des aides auditives, ou dans des casques spécifiques.

Salles de classe : élèves soumis à l'effet Lombard

Le niveau du bruit dans la salle de classe occupée dépend de plusieurs facteurs :

- le nombre d'élèves ;
- le type d'activité ;
- le comportement des élèves, c'est-à-dire leur niveau d'agitation ;
- l'acoustique de la salle (réverbération, résonances, échos, réflexions...).

Les niveaux de bruit sont relatifs à la réverbération : l'énergie réverbérée du bruit généré par les élèves et celle de la voix de l'enseignant représentent des contributions supplémentaires au niveau total de bruit.

De même que la voix de l'enseignant, les paroles et chuchotements émis par les élèves dans la classe sont soumis à l'effet Lombard, c'est-à-dire que les niveaux qu'ils émettent sont soumis à un accroissement qui s'auto-alimente. Il a été observé que les enfants sont plus sensibles à l'effet Lombard que les adultes (un accroissement allant jusqu'à 13,9 dB a été mesuré).

Par ailleurs, il a été montré que les enfants étaient moins aptes que les adultes à la compréhension de la parole dans le bruit, du fait de l'immaturité de leur système auditif, et en particulier de leurs facultés de discrimination. Ils ressentent plus rapidement la fatigue liée à la forte concentration nécessaire dans le bruit (Cohen et coll., 1972 ; Bronzaft et McCarthy, 1975 ; Lukas et coll., 1981 ; Bronzaft, 1982 ; Crandell et Smaldino, 1996 ; Evans et Maxwell, 1999). De plus, avant la fin de l'adolescence, ils n'ont pas encore développé le décodage associatif des mots et phrases, ni le sens du flux relationnel des idées (Flavell, 1977). Cette différence explique pourquoi les adultes sont plus aptes à saisir le sens général des phrases dans le contexte, en particulier dans le cas où de grandes parties du message ont été inintelligibles. Les enfants sont perdus dès que quelques mots ou phonèmes ne sont pas complètement compris.

L'effet Lombard apporte par conséquent une contribution aux paroles et chuchotements de bas niveau des élèves dans la classe. Le locuteur adulte s'efforce de hausser le niveau de sa voix pour atteindre 12 à 15 dB de rapport signal/bruit, alors que les enfants ont un objectif de rapport signal/bruit plus élevé. On observe des variations cycliques des niveaux dans la classe : quand l'auditoire devient moins attentif à cause de la fatigue liée à la concentration pour comprendre la parole dans le bruit, ses bruits et chuchotements ont tendance à augmenter, ce qui renforce encore plus le niveau de bruit environnant.

Dans certains cas, l'enseignant parle plus fort, et les élèves s'accoutument à ce nouveau niveau moyen de parole. Ce réflexe est quelque peu similaire à celui nommé « effet café ». L'effet café est le réflexe naturel des groupes de personnes se trouvant dans des endroits publics à parler de plus en plus fort, alors que les groupes environnants font de même.

Difficultés des enseignants et des élèves dans les salles de classe

Les enseignants ressentent naturellement les difficultés de perception des flux d'idées éprouvées par les élèves. Dans les salles de classe représentant un environnement acoustique défavorable, ils font l'effort d'offrir un niveau de voix qui permette une compréhension claire du message.

Le bruit provoque la limitation de :

- la compréhension du message ;
- l'endurance des auditeurs ;
- l'endurance des locuteurs.

Actuellement, tous les enseignants sont soumis en permanence à un effort vocal dans les environnements bruyants et réverbérants (Pearsons et coll., 1976). De plus, les enfants génèrent un niveau de bruit plus élevé dans ce type d'environnement à cause de l'effet Lombard. En conséquence, les chances de réussite scolaire sont diminuées dans les environnements acoustiques d'enseignement défavorables, et tous les occupants, enseignants comme élèves, souffrent de cette situation (Erdreich, 1999).

En conclusion, l'environnement acoustique idéal pour l'enseignement offre à tous les élèves des avantages pour l'apprentissage et permet d'éviter à l'enseignant de fournir un effort vocal dans le contexte d'un style normal de salle de classe. Il regroupe les conditions suivantes :

- une salle très calme dans des conditions d'occupation normales ;
- un niveau de voix suffisamment fort à chaque position d'écoute (sans amplification électronique) ;
- un confort ressenti par l'enseignant quel que soit le type d'activité ;
- une tendance des élèves à rester calmes, à prolonger naturellement l'attention et à avoir une bonne concentration.

Les bénéfices apportés par les solutions d'aménagement acoustique sur la compréhension du message et par conséquent le confort vocal des locuteurs favorisent totalement l'activité d'apprentissage pour tous.

Quelques astuces pratiques pour l'amélioration de la transmission du message parlé dans les salles de classe :

- l'utilisation systématique de l'estrade ;
- l'ameublement de la salle avec des bibliothèques, des rideaux ;
- éviter des solutions de ventilation telles que l'ouverture des fenêtres et des portes, ce qui permet l'intrusion du bruit. Les salles calmes sont des salles saines pour apprendre ;
- éviter d'envisager des rénovations arbitraires des salles de classe ;
- les proportions géométriques des salles de classe sont plus avantageuses pour la transmission de la parole quand elles sont plus profondes que larges.

En effet, la directivité de la voix, associée au mouvement du locuteur lorsqu'il parle, est la raison du désavantage associé aux salles plus larges ;

- les traitements muraux doivent être choisis avec soin pour l'optimisation de l'intelligibilité ;
- éviter les meubles pouvant être à l'origine de bruits additionnels, et de faible confort. Équiper les pieds de tables et de chaises de tampons en caoutchouc, graisser les ouvertures des portes et les fenêtres, remplir la partie vide de l'estrade à l'aide de matériaux absorbants.

Line Guerra, Sooch San Souci

*Audition Intelligibilité Acoustique,
Université Paris-Sud*

BIBLIOGRAPHIE

BISTAFA SR, BRADLEY JS. Reverberation time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility metrics. *J Acoust Soc Am* 2000, **107** : 861-875

BISTAFA SR, BRADLEY JS. Predicting reverberation times in a simulated classroom. *J Acoust Soc Am* 2000, **108** : 1721-1731

BISTAFA SR, BRADLEY JS. Predicting speech metrics in a simulated classroom with varied sound absorption. *J Acoust Soc Am* 2001, **109** : 1474-1482

BRADLEY JS. Speech intelligibility studies in classrooms. *J Acoust Soc Am* 1986, **80** : 846-854

BRADLEY JS, REICH RD, NORCROSS SG. On the combined effects of signal-to-noise ratio and room acoustics on speech intelligibility. *J Acoust Soc Am* 1999, **106** : 1820-1828

BRADLEY JS, SATO H, PICARD M. On the importance of early reflections for speech in rooms. *J Acoust Soc Am* 2003, **113** : 3233-3244

BRONZAFT AL. The effect of a noise abatement program on reading ability. *J Environ Psychol* 1982, **1** : 215-222

BRONZAFT, AI, MCCARTHY DP. The effect of elevated train noise on reading ability. *Environ Behavior* 1975, **7** : 517-528

BRÜEL PV. Intelligibility in classrooms. *Journal de physique IV colloque C5, supplément au Journal de physique III* 1994, **4** : 131-134

COHEN S, GLASS DC, SINGER JE. Urban stress. academic press, New York, 1972

CRANDELL, CC, SMALDINO JJ. Speech perception in noise by children for whom english is a second language. *Am J Audiol* 1996, **5** : 47-51

308 CRANDELL, CC, SMALDINO JJ. Classroom acoustics for children with normal hearing and with hearing impairment. *LSHSS* 2000, **31** : 362-370

- DAVIS CP. Measurement of % alcons. *J. Audio Eng Soc* 1986, **34** : 905-909
- DAVIS D, DAVIS C. Sound system engineering, second edition. Elsevier, 1997 : 665p
- ERDREICH J. Teaching in the dark. *Cefbi Brief* 1999 : 1-4
- EVANS GW, MAXWELL L. Chronic noise exposure and reading deficits: the mediating effects of language acquisition. *Environ Behavior* 1999, **29** : 638-656
- FINITZO-HIEBER T, TILLMAN T. Room acoustical effects on monosyllabic word discrimination ability for normal and hearing impaired children. *J Speech And Hear Res* 1978, **21** : 440-448
- FLAVELL JH. Cognitive development. Englewood Cliffs, Nj Prentice-Hall, 1977
- FRENCH NR, STEINBERG JC. Factors governing the intelligibility of speech sounds. *J Acoust Soc Am* 1949, **19** : 90-119
- GREENBERG S, TAKAYUKI A, SILIPO R. Speech intelligibility derived from exceedingly sparse spectral information. *ICSLP* 1998 : 2803-2806
- HAAS H. On the influence of a single echo on the intelligibility of speech. *Acustica* 1951, **1** : 49-58
- HODGSON M, REMPEL R, KENNEDY S. Measurement and prediction of typical speech and background-noise levels in university classrooms during lectures. *J Acoust Soc Am* 1999, **105** : 226-233
- HODGSON M. Experimental investigation of the acoustical characteristics of university classrooms. *J Acoust Soc Am* 1999, **106** : 1810-1819
- HODGSON M, NOSAL EM. Effect of noise and occupancy on optimal reverberation times for speech intelligibility in classrooms. *J Acoust Soc Am* 2002, **111** : 931-939
- HODGSON M. Rating, ranking, and understanding acoustical quality in university classrooms. *J Acoust Soc Am* 2002, **112** : 568-575
- HOUTGAST T, STEENEKEN H. A multi-language evaluation of the rasti-method for estimating speech intelligibility in auditoria. *Acustica* 1984, **54** : 185-199
- HOUTGAST T, STEENEKEN H. A review of the mtf concept in room acoustics and its use for estimating speech intelligibility in auditoria. *J Acoust Soc Am* 1985, **77** : 1069-1077
- KNUDSEN VO. The effect of reverberation upon the quality of speech. *Phys Rev* 1925, **26** : 281-288
- KNUDSEN VO. The hearing of speech in auditoriums. *J Acoust Soc Am* 1929, **1** : 56
- LIÉNARD JS, DI BENEDETTO MG. Effect of vocal effort on spectral properties of vowels. *J Acoust Soc Am* 1999, **106** : 411-422
- LLOPIS RENA A, SANCHO J. The influence of room shape on speech intelligibility in rooms with varying ambient noise levels. *Noise Control Eng J* 1988 : 173-179
- LOCHNER JPA, BURGER JF. Optimum reverberation time for speech rooms based on hearing characteristics. *Acustica* 1958a, **8** : 1

LOCHNER JPA, BURGER JF. The subjective masking of short-time delayed echoes by the primary sound and their contribution to the intelligibility of speech. *Acustica* 1958b, **8** : 1

LUKAS JS, DUPREE RB, SWING JW. Effects of noise on academic achievement and classroom behavior. Office of noise control, cal. Dept. of health services, FHWA/CA/DOHS-81/01, sept 1981

MAKRINENKO LI. Acoustics of auditoriums in public buildings. Acoustical Society of America– AIP 1994

NELSON P. Children's need for favorable acoustics in schools. ASA tutorial, 2003

PEARSONS K, BENNETT RS, FIDELL S. Speech levels in various noise environments. Prepared for Office Of Resources And Development, Environmental Protection Agency. Bolt Beranek and Newman inc. 1976, Report N° 328

PEUTZ V. Articulation loss of consonants as a criterion for speech transmission in a room. *J Audio Eng Soc* 1971, **19** : 915

RYTER KD. Methods for the calculation of the articulation index. *J Acoust Soc Am* 1962, **34** : 11

SCHMID C, THIBAUT LEL. Classroom acoustics. success through partnering between a scientific society and the US Government. Proceedings, ICA, Rome, Italy, aug 2001

SHIELD B, DOCKRELL JE. External and internal noise surveys of london primary schools. *J Acoust Soc Am* 2004, **15** : 730–738

STEENEKEN HJM, HOUTGAST T. A physical method for measuring speech-transmission quality. *J Acoust Soc Am* 1980, **67** : 318-326

SUTHERLAND L, LUBMAN D. Overcoming acoustic barriers to learning. Report on the asa/ansi standard on classroom acoustics. Fican symposium, effects of aviation noise on children's learning, San Diego, Feb. 2000

THIELE R. Richtungsverteilung und zeitfolge der schallruckwurfe in raume. *Acustica* 1953, **3** : 291

TRAUNMÜLLER H, ERIKSSON A. Acoustic effects of variation in vocal effort by men, women, and children. *J Acoust Soc Am* 2000, **107** : 3438-3451

Étude de l'impact des conditions acoustiques sur la voix des enseignants

Les enseignants font partie du groupe des locuteurs professionnels qui sont dépendants de leur voix pour l'exercice de leur profession. Une réduction de la capacité de la voix peut rendre difficile ou empêcher l'exercice de la profession. Des données existent sur l'apparition fréquente des troubles de la voix chez les enseignants et les durées d'absentéisme causées par ces troubles (Sliwinska-Kowalska et coll., 2006).

Les troubles de la voix ne limitent pas seulement l'exercice professionnel des enseignants. Ils entravent le procédé d'apprentissage des élèves. Pour ces derniers, la capacité de compréhension de la parole est dépendante de la qualité de la voix des enseignants. La capacité de compréhension d'une voix saine est meilleure que celle d'une voix perturbée, même si la voix n'est détériorée que légèrement (Rogerson et Dodd, 2005).

Les facteurs individuels constitutifs d'un trouble de la voix sont nombreux : problème d'élocution, état général, maladies comme l'asthme, les allergies et les reflux gastro-œsophagiens. Trente pour cent des employés dans les nations industrielles occidentales travaillent comme locuteurs professionnels, plus de 60 % des professions demandent des capacités de communication vocale. Plus de la moitié des enseignants expriment des troubles de la voix. Selon une étude dans la Sarre, un nombre de 9 000 heures de cours par an sont supprimées à cause des troubles de la voix des enseignants (Gutenberg, 2003).

Une multitude de facteurs liés au poste de travail peuvent être responsables de troubles de la voix : bruit de fond, acoustique de la salle (amplification du bruit dans la salle, manque d'isolation acoustique, temps de réverbération augmenté), climat de la classe, posture pendant le travail, organisation du poste de travail (meubles, matériels), charge liée au travail, non observation des pauses et absence d'une possibilité de réduire la charge vocale dès l'apparition des signes des troubles de la voix. La présence de bruit dans les salles au-dessus de 45-50 dB(A) peut provoquer la production d'une parole forcée (effet Lombard).

Méthodologie du projet

Les outils utilisés pour mesurer l'acoustique des salles et pour évaluer les troubles de la voix des enseignants sont décrits.

Mesure d'acoustique des salles

Dans le projet qui est présenté ci-dessous, quatre salles de l'école primaire *Aretzstrasse* à Aix-la-Chapelle sont étudiées d'une part vides mais avec des chaises, d'autre part occupées par des élèves. Les paramètres mesurés sont le temps de réverbération des salles et l'indice d'intelligibilité (*Speech Transmission Index* ou STI) entre le pupitre et quatre positions sélectionnées dans la salle.

Temps de réverbération

Le temps de réverbération est le temps nécessaire à un son pour être réduit au millionième de son intensité initiale. Une salle de spectacle (auditorium pour l'écoute de musique) doit présenter un temps de réverbération très important. Un son de forte intensité doit pouvoir y être audible une à deux secondes après la fin de son émission. Cette mesure est importante pour le jugement de la qualité d'une salle comme un auditorium.

Dans une expérience préliminaire, l'influence directe du temps de réverbération sur la qualité de la voix d'un orateur en condition de laboratoire a été observée (Kob et coll., 2003 ; Heck et coll., 2004). Neuf volontaires sains ont été placés dans un environnement acoustique virtuel où ils exécutent les tâches suivantes : lecture d'un texte et phonation de voyelles soutenues. Les volontaires portent un casque qui réémet leur voix convoluée avec la réponse impulsionnelle d'une de deux salles acoustiquement très différentes ($T_m \approx 0,5$ et $T_m \approx 1,5$) (T_m = temps de réverbération aux fréquences moyennes, 400 à 2 500 Hz).

Cette méthode produit une impression de la perception de la voix propre dans des salles différentes. Les paramètres vocaux analysés sont : variation de la vitesse de la parole, niveau sonore de la parole, variation et hauteur de la fréquence fondamentale, irrégularité et composants du bruit dans les signaux des voyelles. Les analyses subjectives et objectives sont réalisées par un phoniatre et par des méthodes d'analyse sur l'ordinateur. Les résultats n'indiquent pas une dépendance globale de la qualité de la voix ou des autres paramètres au temps de réverbération. Des différences dans les paramètres individuels ont été observées.

Indice d'intelligibilité de la parole

La valeur du STI est comprise entre 0 et 1. Elle décrit l'intelligibilité de la parole pour un auditeur placé en un lieu donné par rapport à la source. Le STI est déterminé par une mesure objective de la modification, par la salle, de la profondeur de modulation d'un signal sonore émis qui partage certaines caractéristiques avec la parole.

Méthodes d'évaluation des troubles de la voix

312 Les troubles de la voix sont caractérisés par une multitude de facteurs variables selon les observateurs et les méthodes diagnostiques. Il est donc utile

pour bien les diagnostiquer de combiner des méthodes phoniatriques et orthophoniques avec des méthodes acoustiques (ces dernières pour la description et la documentation objective des propriétés de la voix). Des méthodes acoustiques standardisées n'existent pas encore pour le diagnostic des troubles de la voix, mais il existe des recommandations de l'Union des phoniatres européens (Schutte et Seidner, 1983).

Analyse avec des méthodes acoustiques

Un texte «*Nordwind und Sonne* » d'une durée d'une minute et des voyelles tenues au moins deux secondes font l'objet d'un enregistrement numérique en utilisant des microphones, amplificateurs et convertisseurs A/D de haute qualité dans une chambre absorbante.

Une représentation de plusieurs paramètres pour la description de la qualité de la voix est réalisée dans le «*Göttinger Heiserkeits-diagramm* » (en anglais, le *Goettingen Hoarseness Diagram* ou GHD) (Michaelis, 2000). La valeur sur l'ordonnée représente les composants du bruit (dérivés de la valeur GNE, *Glottal to Noise Excitation ratio*), la valeur de l'abscisse représente l'irrégularité dans le signal de la voix. Cette dernière valeur est le résultat d'une combinaison de trois paramètres : EPQ (*Energy Perturbation Quotient*), PPQ (*Period Perturbation Quotient*) et COR (*corrédation des périodes*). La région grisée représente la zone de voix normale. La région supérieure droite correspond à la voix pathologique ou à l'aphonie (Michaelis, 2000). Les analyses de plusieurs voyelles sont montrées sur la figure 1.

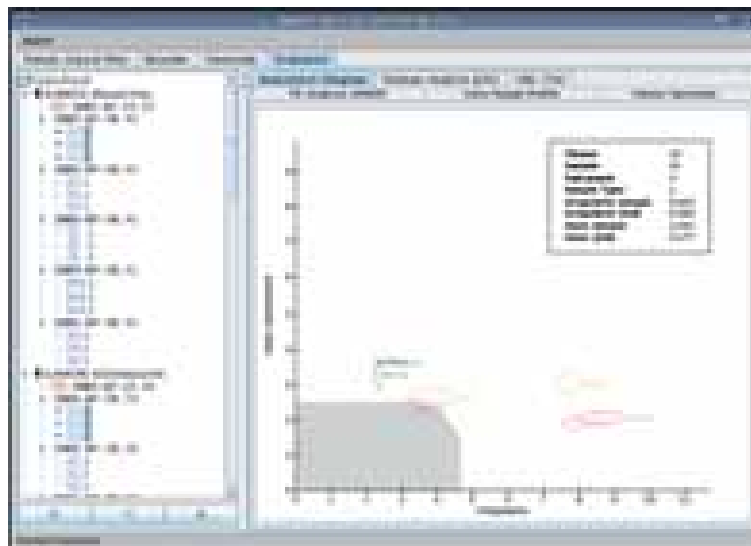


Figure 1 : Analyse de l'enrouement avec la méthode du *Göttinger Heiserkeitsdiagramm*

Le calcul de la valeur du GNE dans le *Heiserkeitsdiagramm* nécessite une valeur minimum du rapport signal-bruit (SNR) de 25 à 30 dB (Michaelis, 2000).

Phonétogramme

Le phonétogramme est une évaluation globale de deux paramètres de la voix : fréquence et intensité. Il est utile pour caractériser les faiblesses de la fonction vocale et les performances phonatoires puisque l'enregistrement de la voix demande des performances extrêmes (Klingholz, 1990). Le phonétogramme est également applicable pour l'évaluation des voix saines et pour la différenciation des voix saines et pathologiques. Le phonétogramme est de plus un instrument diagnostique des troubles de la voix (Klingholz et Martin, 1983 ; Schutte et Seidner, 1983). L'application du phonétogramme est décrite dans les recommandations de l'Union des phoniâtres européens (UEP) (Schutte et Seidner, 1983).

Dans la figure 2, l'implémentation du phonétogramme dans le système « Phoneto » est montrée : la fréquence est indiquée en abscisse et l'intensité (en dB) en ordonnée. En portant sur un graphe les notes émises aux intensités les plus faibles et fortes possibles et en reliant les points mesurés, on obtient une sorte de losange aux extrémités rétrécies, dont le bord inférieur représente les valeurs d'intensité les plus faibles et le bord supérieur les valeurs les plus fortes. La distance horizontale entre les deux extrémités représente l'étendue tonale (en notation musicale ou en Hz) et l'épaisseur du losange la dynamique de l'intensité (en dB). L'étendue en fréquence est normalement de 2 octaves et l'étendue de la dynamique doit être 30 dB au moins, à la fréquence fondamentale. Sur la lecture d'un texte, un phonétogramme en voix parlée peut être réalisé.

Réalisation du projet

Vingt-cinq enseignants de l'école *Aretzstrasse* ont participé librement au projet. Il n'y avait pas de sélection des enseignants. Étaient acceptés tous ceux qui voulaient participer.

Interview des enseignants

Les questions suivantes étaient posées aux enseignants :

- depuis combien d'années donnez-vous des cours ?
- combien d'heures de cours par jour donnez-vous en moyenne ?
- combien avez-vous d'élèves par classe ?
- avez-vous ou avez-vous eu des troubles de la voix ?

- comment jugez-vous la puissance de votre voix et le bruit de fond dans la classe ?
- quelles sont les salles de classe à acoustique favorable ou défavorable ?



Figure 2 : Système « Phoneto »

Examens médicaux et orthophoniques préliminaires

Les pré-examens médicaux, orthophoniques et acoustiques ont eu lieu dans la clinique de phoniatrie, audiologie pédiatrique et des dysfonctionnements de la communication. Ils ont duré environ une heure.

Le pré-examen médical est constitué d'un entretien d'anamnèse et de l'inspection de l'oreille, du nez, du pharynx et de la région orofaciale. De plus, une laryngo-stroboscopie est faite. Les enseignants sont alors divisés en deux groupes : groupe « sans risque » et groupe « à risque ». Les enseignants du groupe « à risque » ayant une consultation supplémentaire avec un phoniatre.

Lors du pré-examen audiométrique, un tympanogramme et un audiogramme sont réalisés. Les enseignants qui, à plusieurs fréquences, montrent une augmentation du seuil d'audition de plus 30 dB sont rangés dans le groupe « à risque ».

Le pré-examen orthophonique perceptif consiste en une analyse de la respiration (expiration, durée), de la voix parlée (timbre, attaque et déclin, puis-

sance et débit de la parole). Un diagnostic « à risque » entraîne le conseil d'une thérapie orthophonique. Un diagnostic « faiblement à risque » ne nécessite pas une thérapie, mais signale des perturbations de la voix.

Pendant les pré-examens acoustiques, un orthophoniste a enregistré des phonétogrammes en utilisant le système Phoneto (Houben et coll., 2005). Avec le système OVALA (*Online Voice Analysis Laboratory Aachen* ; Kob et coll., 2005), l'orthophoniste a enregistré et analysé les voyelles /a, e, i, o, u/ et le texte « *Nordwind und Sonne* » .

Inventaire de l'acoustique des salles

Suite à l'interview des enseignants, certaines salles ont été classées « problématiques ». Une inspection de ces salles a confirmé que la communication acoustique était perturbée par réverbération et bruit de fond à partir d'une distance de quelques mètres entre locuteur et auditeur.

Les mesures des temps de réverbération dans quatre salles de l'école sont montrées dans la figure 3. Dans trois des salles, on observe des valeurs supérieures à une seconde pour les fréquences basses et moyennes (< 3 000 Hz).

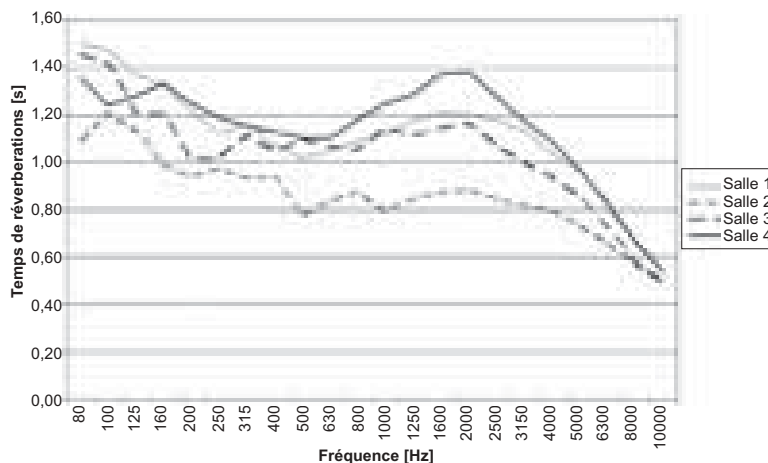


Figure 3 : Temps de réverbération des salles mesurés avant l'aménagement

Aménagement des salles

Le but premier de l'aménagement acoustique est la réduction significative du temps de réverbération par l'addition de surfaces absorbantes. Cette addition a les conséquences avantageuses suivantes :

- l'intelligibilité de la parole augmente par réduction du masquage des syllabes ;
- le bruit de fond baisse par réduction de l'énergie diffuse du champ acoustique dans la salle.
- un élève bruyant n'arrive plus à se cacher dans le bruit diffus général. En conséquence, le nombre de cas d'élèves bruyants diminue et le niveau sonore du bruit de fond baisse.

Cependant, des inconvénients peuvent apparaître : l'amplification utile du son et les réverbérations avantageuses diminuent et la voix de l'orateur apparaît moins forte. Une installation de surfaces d'absorption, selon les critères décrits ci-après, peut réduire cet effet néfaste. Pour les temps de réverbération dans la région des fréquences moyennes, une valeur de 0,5 à 0,6 s est souhaitable. Cet objectif est atteint par l'installation d'absorbeurs poreux au bord du plafond. Pour l'absorption des fréquences basses, des absorbeurs fermés sont installés au centre du plafond. Cette installation n'absorbe pas trop les réflexions utiles dans l'intervalle des fréquences moyennes et hautes de la parole, mais réduit efficacement les composantes basses.

Comparaison de l'acoustique des salles

Dans le cadre de ce projet, deux salles pouvaient être optimisées. Pour la prédiction de l'effet des aménagements, une simulation de l'acoustique des salles était conduite. Le temps de réverbération des salles vides, des salles aménagées et de deux salles occupées est présenté dans la figure 4.

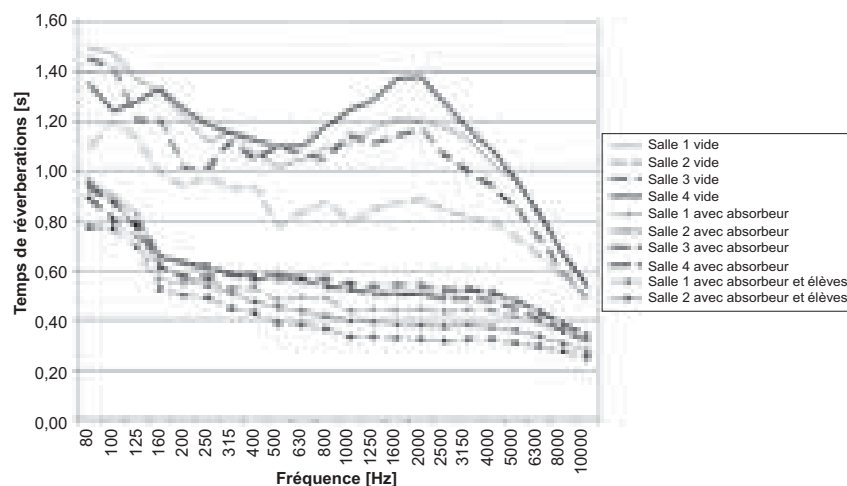


Figure 4 : Temps de réverbération des salles selon l'état des plafonds et la présence ou non des élèves

La modification simulée des plafonds par absorbeurs annonce une réduction effective et une homogénéisation des temps de réverbération dans toutes les fréquences.

Examen avant et après l'enseignement

Cette partie du projet n'est pas encore réalisée. C'est pourquoi seul le protocole préliminaire est décrit.

Il est prévu de répartir les enseignants en 4 catégories :

- groupe 1 : diagnostic médical et orthophonique « sans risque » ;
- groupe 2 : diagnostic médical « sans risque », diagnostic orthophonique faiblement « à risque » ;
- groupe 3 : diagnostic médical « sans risque », diagnostic orthophonique « à risque » ;
- groupe 4 : diagnostic médical et orthophonique « à risque ».

Dans les investigations expérimentales, la participation des membres des groupes 1, 2 et 3 est prévue.

La voix de chaque enseignant qui participe à l'étude est analysée par un orthophoniste avant et après une journée de cours de 6 heures minimum. Les investigations suivantes sont prévues :

- enregistrement de l'entretien de l'enseignant (dialogue) ;
- évaluation subjective de la qualité de la voix par l'orthophoniste ;
- enregistrement d'un texte ;
- enregistrement des voyelles tenues.

Résultats

Les résultats concernent l'acoustique des salles et les pré-examens de la voix des enseignants.

Acoustique des salles

Les résultats de l'acoustique des salles sont présentés sur la figure 5.

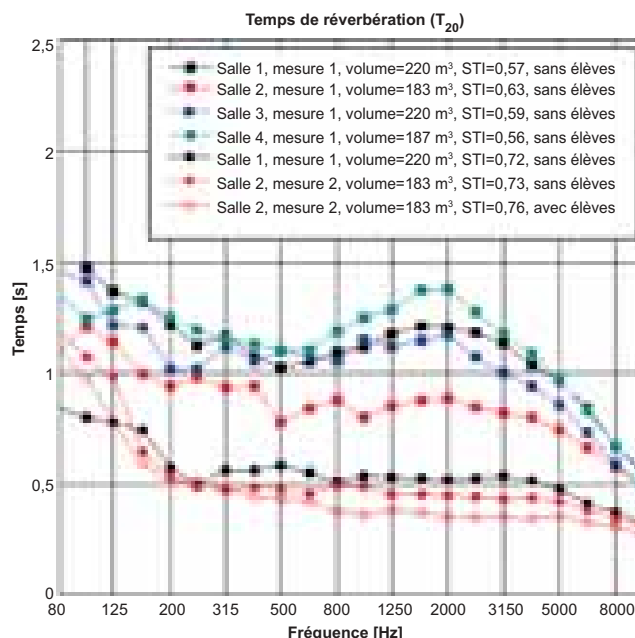


Figure 5 : Analyse spectrale du temps de réverbération et de l'indice d'intelligibilité de la parole (STI) des quatre salles avant et après l'aménagement ; mesure 1 : avant aménagement, mesure 2 : après aménagement

Temps de réverbération

Les résultats des mesures avant aménagement indiquent que le temps de réverbération est supérieur à une seconde dans trois des quatre salles. Les valeurs excèdent les valeurs limites T_m , pour les salles de classe selon les normes DIN 18 041 ($T_m = 0,6-0,7$ s) pour des fréquences moyennes. Considérant les valeurs souhaitées ($T_m = 0,4-0,6$ s), ces valeurs sont beaucoup trop hautes (facteur 2-3). Une réduction du temps de réverbération est donc indispensable.

Les mesures dans les salles aménagées (salles 1 et 2) documentent l'effet de l'optimisation acoustique des salles. Le temps de réverbération est réduit et les valeurs se trouvent dans la région voulue autour de 0,5 secondes.

Index d'intelligibilité de la parole

La figure 5 montre les valeurs moyennes de l'indice d'intelligibilité de la parole (STI) des quatre salles, mesurées aux quatre positions dans les salles.

Une interprétation des valeurs est facilitée par l'échelle de l'intelligibilité présentée dans le tableau I.

Tableau I : Échelle STI (indice d'intelligibilité de la parole)

< 0,3	très mauvaise
0,3 à 0,45	insuffisante
0,45 à 0,6	satisfaisante
0,6 à 0,75	bonne
> 0,75	excellente

La valeur STI de 0,45 est souvent notée « valeur minimale ou limite » ; cela signifie qu'il faut l'atteindre ou la dépasser. Par expérience, on trouve qu'une augmentation de la valeur STI entre 0,4 et 0,5 correspond aux améliorations les plus perceptibles. À cet égard, les valeurs STI sont jugées satisfaisantes en tous cas. Il faut quand même tenir compte du fait que les mesures sont effectuées sans bruit de fond, même si la salle est occupée. La présence d'un bruit composé de multiples signaux de parole produit une valeur STI plus basse, qui va en diminuant avec le niveau sonore.

Réduction du bruit

Il est possible de réduire le bruit dérangeant en abaissant le niveau du champ sonore diffus par application d'absorbeurs. Une autre possibilité est la réduction des sources de bruits primaires. En dehors des conversations inévitables entre les élèves, le déplacement des chaises et le frottement des chaussures sont des sources de bruit. Une réduction significative de ce bruit peut être obtenue par un revêtement au sol adapté. Pour des raisons hygiéniques, le choix s'est porté sur une couche de feutre dont l'effet absorbant est plutôt faible et limité aux fréquences aiguës.

Résultats des pré-examens de la voix

Distribution en pourcentage des résultats du pré-examen médical des enseignants :

- 20 % « à risque » ;
- 80 % « non à risque ».

Distribution en pourcentage des résultats du pré-examen orthophonique des enseignants :

- 36 % « à risque » ;
- 36 % « faiblement à risque » ;
- 28 % « non à risque ».

Distribution en pourcentage des résultats du pré-examen audiométrique des enseignants :

- 8 % « à risque » ;
- 4 % « faiblement à risque » ;
- 88 % « non à risque ».

Distribution en pourcentage des résultats de l'analyse de l'enrouement des enseignants avec le «*Gättinger Heiserkeitsdiagramm*» :

- 44 % des participants sont hors de la zone des locuteurs normaux pour deux signaux au moins ;
- 22 % sont hors de la zone des locuteurs normaux pour un signal ;
- 33 % sont dans la zone des locuteurs normaux pour tous les signaux.

Distribution en pourcentage des résultats de l'analyse du phonétogramme :

- 36 % des participants à l'intérieur du domaine des locuteurs normaux ; c'est-à-dire une étendue tonale et dynamique réduite par rapport aux locuteurs normaux ;
- 28 % des participants avec une étendue en fréquence de moins de 2,5 octaves et une étendue en dynamique de moins que 30 dB, à la fréquence fondamentale (donc un intervalle réduit en fréquence et en dynamique) mais en dehors du domaine des locuteurs normaux ;
- 36 % des participants avec une étendue vocale d'au moins 2,5 octaves et une dynamique d'au moins 30 dB à la fréquence fondamentale, et au moins 90 dB de niveau sonore maximal ; ce qui signifie une bonne étendue vocale et une bonne dynamique.

Dans la figure 6, les résultats des pré-examens sont visualisés. On voit qu'un cinquième des enseignants présente des problèmes en phoniatrie (groupe « à risque » après examen médical). Très peu d'enseignants présentent des problèmes mis en évidence par audiométrie. Les effectifs des examens orthophoniques et acoustiques sont plus ou moins également distribués et suggèrent que deux tiers des enseignants examinés (sans risque, faiblement à risque et à risque) présentent des problèmes orthophoniques sévères ou légers.

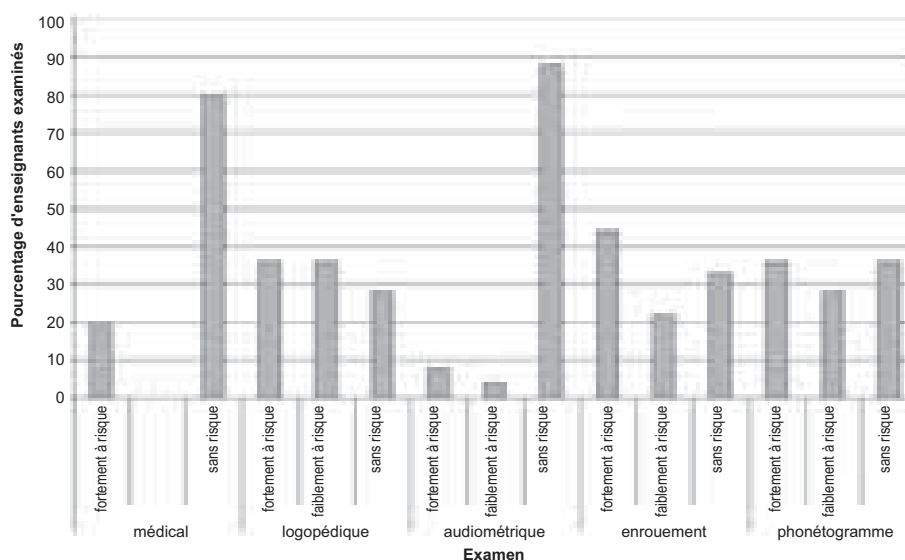


Figure 6 : Résultats des pré-examens (n = 25)

Les résultats des expérimentations sur le surmenage vocal ne sont pas encore disponibles, cette expérimentation n'ayant pas encore eu lieu.

En conclusion, les résultats de l'analyse des salles indiquent que les conditions acoustiques de certaines salles de classe sont mauvaises et qu'il est nécessaire de les corriger. Une amélioration significative de l'acoustique des salles est réalisée par la modification des plafonds par absorbeurs acoustiques et des sols par tapis.

Les pré-examens médicaux, orthophoniques, audiométriques et acoustiques de la moitié du personnel enseignant de l'école montrent une augmentation des troubles de la voix significative qui est typique pour des locuteurs professionnels. Une analyse statistique de la différence entre les enseignants hommes et femmes n'est pas possible à cause du nombre insuffisant des enseignants hommes ($n = 6$), mais on observe une tendance moindre d'indications médicales et orthophoniques chez les enseignants masculins.

Il est prévu la mesure de l'effet de l'acoustique de la salle sur la qualité de la voix des enseignants en comparant deux conditions différentes. Une incertitude dans l'analyse de la qualité de la voix résulte des multiples facteurs qui l'influencent. L'importance des aspects psychiques, sociaux, de la dynamique de groupe dans la classe est difficile à estimer.

La partie finale du projet est donc nécessaire pour confirmer ou infirmer l'hypothèse que l'amélioration de l'acoustique des salles permet une réduction de la charge vocale des enseignants.

La comparaison directe de la qualité de la voix des enseignants sélectionnés avant et après les cours dans les salles optimisées et non optimisées est effectuée pour savoir si l'acoustique des salles peut modifier significativement la qualité de la voix pendant une période courte. Si cette partie du projet ne donne pas une preuve fiable, cela ne signifie pas que les conditions acoustiques sont négligeables. En effet, la plupart des troubles de la voix résultent d'un surmenage persistant. De nouvelles méthodes devront être appliquées pour prouver la relation entre l'acoustique des salles et la qualité de la voix des enseignants.

Malte Kob¹⁸

Gottfried Behler

Oliver Goldschmidt

Christiane Neuschaefer-Rube

Klinik für Phoniatrie, Päaudiologie und Kommunikationsstörungen RWTH

Aachen, Allemagne

Anja Kamprolf

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen, Allemagne

18. Nous remercions les enseignants de l'école Aretzschule pour leur coopération pendant l'étude. Nous sommes reconnaissants aux collaborateurs de la clinique de phoniatrie, audiologie pédiatrique et dysfonctionnement de la communication pour l'exécution de la partie clinique du projet.

BIBLIOGRAPHIE

- GUTENBERG N. Keine Stimme, kein Unterricht. Campus aktuell, 2003
- HECK P, KOB M, LENTZ T, NEUSCHAEFER-RUBE C. A virtual real-time room simulation to determine the influence of the room acoustics on voice quality. Proceedings of CFA/DAGA in Strasbourg, 2004
- HOUBEN D, HECK P, KOB M, NEUSCHAEFER-RUBE CH, KRÖGER B. Vergleich des Stimmumfangs gesangstrainierter und untrainierter Kinder mit Hilfe eines Stimmfeldmessprogramms. Fortschritte der Akustik, DAGA, 2005 : 73-74
- KLINGHOLZ F. Das Stimmfeld. Eine praktische Anleitung zur Messung und Auswertung. Verlag J. Peperny, München, 1990
- KLINGHOLZ F, MARTIN F. Die quantitative Auswertung der Stimmfeldmessung. *Sprache-Stimme-Gehör* 1983, 7 : 106-110
- KOB M, HECK P, NEUSCHAEFER-RUBE C. Influence of room acoustics on voice quality. Proceedings of the 5th European Conference on Noise Control, EURONOISE, 2003 : 1-4
- KOB M, KRÄMER S, NEUSCHAEFER-RUBE CH. Ein System zur netzwerkbasieren Aufnahme, Analyse und Auswertung von Stimmsignalen. German Medical Science 22. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie, 24. Congress of the Union of the European Phoniaticians, 2005
- MICHAELIS D. Das Göttinger Heiserkeits-Diagramm – Entwicklung und Prüfung eines Verfahrens zur objektiven Stimmgütebeurteilung pathologischer Stimmen, University of Göttingen, Dissertation, 2000
- ROGERSON J, DODD B. Is there an effect of dysphonie teachers' voices on children's processing of spoken language? *J Voice* 2005, 1 : 47-60
- SCHUTTE HK, SEIDNER W. Recommendation by the Union of European Phoniaticians (UEP): standardizing voice area measurement/phonetography. *Folia Phoniatr (Basci)* 1983, 35 : 286-288
- SLIWINSKA-KOWALSKA M, NIEBUDEK-BOGUSZ E, FISZER M, LOS-SPYCHALSKA T, KOTYLO P, et coll. The prevalence and risk factors for occupational voice disorders in teachers. *Folia Phoniatr Logop* 2006, 58 : 85-101

Annexes

ANNEXE 1

Échelle GRBAS

	Échelle	Description
G	Grade	Exprime le degré de sévérité de la dysphonie
R	Rough	Correspond à la raucité de la voix et serait en rapport avec une fluctuation irrégulière et une aggravation de la hauteur
B	Breathy	Correspond à l'impression de souffle dans la voix et serait en rapport avec une incompétence glottique avec bruit de turbulence
A	Asthenic	Asthénie qui décrit le comportement phonatoire du locuteur hypotonique, avec une voix qui manque de puissance, de faible intensité, peu d'harmoniques aigus
S	Strained	Serrage laryngé et supra-glottique qui décrit le comportement phonatoire du locuteur hypertonique, avec souvent une voix aiguë, et un renforcement des harmoniques aigus et/ou du bruit dans les hautes fréquences

ANNEXE 2

Questionnaire *Voice Handicap* *Index 30 (VHI 30)*

Vous devez répondre à chacune des propositions en ne cochant qu'une seule case à chaque fois. Rappel sur les notations employées dans le cadre de cette évaluation : J=jamais ; PJ=presque jamais ; P=parfois ; PT=presque toujours ; T=toujours

Ce test explore les caractéristiques physique (P), fonctionnelle (F) et émotionnelle (E) de la dysphonie.

		(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
		J	PJ	P	PT	T
F1	On m'entend difficilement à cause de ma voix					
P2	Je suis à court de souffle quand je parle					
F3	On me comprend difficilement dans un milieu bruyant					
P4	Le son de ma voix varie au cours de la journée					
F5	Les membres de la famille ont du mal à m'entendre quand je les appelle dans la maison					
F6	Je téléphone moins souvent que je le voudrais					
E7	Je suis tendu(e) quand je parle avec d'autres à cause de ma voix					
F8	J'ai tendance à éviter les groupes à cause de ma voix					
E9	Les gens semblent irrités par ma voix					
P10	On me demande : « Qu'est-ce qui ne va pas avec ta voix ? »					
F11	Je parle moins souvent avec mes voisins, mes amis, ma famille à cause de ma voix					
F12	On me comprend difficilement quand je parle dans un endroit calme					
P13	Ma voix semble grinçante et sèche					
P14	J'ai l'impression que je dois forcer pour produire la voix					
E15	Je trouve que les autres ne comprennent pas mon problème de voix					
F16	Mes difficultés de voix limitent ma vie personnelle et sociale					
P17	La clarté est imprévisible					
P18	J'essaie de changer ma voix pour qu'elle sonne différemment					
F19	Je me sens écarté(e) des conversations à cause de ma voix					
P20	Je fais beaucoup d'effort pour parler					
P21	Ma voix est plus mauvaise le soir					
F22	Mes problèmes de voix entraînent des pertes de revenus					
E23	Mes problèmes de voix me contrarient					
E24	Je suis moins sociable à cause de mon problème de voix					
E25	Je me sens handicapé(e) à cause de ma voix					
P26	Ma voix m'abandonne en cours de conversation					
E27	Je suis agacé(e) quand les gens me demandent de répéter					

La voix – Ses troubles chez les enseignants

		(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
		J	PJ	P	PT	T
E28	Je suis embarrassé(e) quand les gens me demandent de répéter					
E29	A cause de ma voix je me sens incompetent(e)					
E30	Je suis honteux (se) de mon problème de voix					
	SCORE TOTAL : _ _ _					

ANNEXE 3

Questionnaire *Voice Handicap Index* 10 (VHI 10)

Vous devez répondre à chacune des propositions en ne cochant qu'une seule case à chaque fois (Rosen et coll., 2004)¹⁹.

Rappel sur les notations employées dans le cadre de cette évaluation :
J=jamais ; PJ=presque jamais ; P=parfois ; PT=presque toujours ; T=toujours

		(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
		J	PJ	P	PT	T
F1	On m'entend difficilement à cause de ma voix					
F3	On me comprend difficilement dans un milieu bruyant					
P10	On me demande : « Qu'est-ce qui ne va pas avec ta voix ? »					
P14	J'ai l'impression que je dois forcer pour produire la voix					
F16	Mes difficultés de voix limitent ma vie personnelle et sociale					
P17	La clarté est imprévisible					
F19	Je me sens écarté(e) des conversations à cause de ma voix					
F22	Mes problèmes de voix entraînent des pertes de revenus					
E23	Mes problèmes de voix me contrarient					
E25	Je me sens handicapé(e) à cause de ma voix					
	SCORE TOTAL : [][][][]					

19. ROSEN CA, LEE AS, OSBORNE J, ZULLO T, MURRY T. Development and validation of the voice handicap index-10. *Laryngoscope* 2004, **114** : 1549-1556.

