



N° 2023/02/CGE/SG

SEPTEMBRE 2023

**Mission sur la préparation d'un plan d'actions visant
à renforcer la résilience de l'industrie française
face aux vulnérabilités de l'approvisionnement
en composants électroniques**

Rapport à

Monsieur le Ministre délégué chargé de l'industrie

VERSION PUBLIQUE

établi par

Philippe KAHN
Ingénieur général des mines

Isabelle WALLARD
Ingénieur général des mines

Stéphane COUVREUR
Ingénieur en chef des mines

SOMMAIRE

SYNTHÈSE	5
INTRODUCTION	7
TABLE DES RECOMMANDATIONS	11
1 Une offre de composants électroniques mondialisée où l'industrie française tient sa place	12
1.1 Les grandes familles de composants électroniques	12
1.1.1 Les différents types de semi-conducteurs	12
1.1.2 Les principaux maillons de la chaîne de fabrication des semi-conducteurs	13
1.2 L'offre mondiale, européenne et française	15
2 Les besoins en composants dans l'industrie croissent, mais la demande liée aux smartphones et PC reste largement dominante au plan mondial	19
2.1 L'industrie automobile consomme de plus en plus de composants	20
2.2 Les besoins des autres secteurs industriels rencontrés sont, quantitativement, plus faibles.....	21
3 Un marché mondial sujet à des tensions accrues depuis le COVID	22
3.1 Un marché cyclique et des chaînes de valeur complexes	22
3.2 Les déséquilibres impactent fortement les entreprises.....	24
3.3 Les tensions géopolitiques et commerciales se renforcent.....	25
3.4 L'approvisionnement des constructeurs automobiles a connu des difficultés particulières	27
4 Les industriels ne sont pas restés inactifs	29
4.1 Les stocks ont généralement été augmentés (en volume)	30
4.2 La gestion des stocks reste complexe	30
4.3 Le double référencement est recherché quand c'est possible	31
4.4 Les contrats longs se développent.....	32
4.5 La cartographie des composants est une démarche réservée aux grands groupes.....	32
4.6 Les industriels cherchent à anticiper la fin de vie des composants	33
4.7 Les grands groupes ont également mis en place une veille de marché.....	33
5 De nombreuses initiatives publiques pour améliorer la résilience des chaînes d'approvisionnement 34	34
5.1 Le règlement européen sur les puces ou « European Chips Act » marque une ambition importante de l'Union européenne	34
5.1.1 Pilier 1 : soutenir l'innovation pour renforcer le leadership technologique de l'Europe.....	35
5.1.2 Pilier 2 : doter l'Union Européenne de capacités de production de semi-conducteurs pour les technologies matures et de pointe (leading edge).....	36
5.1.3 Pilier 3 : anticiper les crises et y répondre de manière coordonnée entre États membres et Commission	36
5.2 Le soutien à la filière électronique en France est important	37
5.3 Le leader européen, l'Allemagne, fait face aux mêmes difficultés	38

5.4	L'industrie des semi-conducteurs est l'un des moteurs de l'économie des Pays-Bas	39
5.5	Les États-Unis mettent en œuvre une politique de relocalisation industrielle ambitieuse	41
6	Quelles mesures prendre ?	43
6.1	Criticité des approvisionnements en composants électroniques des filières utilisatrices	43
6.2	Rôle des acteurs de la chaîne de valeur de la filière électronique, notamment les distributeurs, dans l'anticipation et la cartographie des risques d'approvisionnement	44
6.3	Marges d'amélioration relatives à la constitution, la mutualisation et la gestion des stocks et à leur financement.....	46
6.4	Modalités d'une incitation à la prise en compte de la vulnérabilité en approvisionnements lors de la conception des systèmes.....	48
6.5	Relations entre filière électronique et filières utilisatrices, par exemple les contrats de long terme	49
6.6	Les leviers pour renforcer le recours au re-design de systèmes électroniques.....	49
6.7	Pertinence et viabilité d'initiatives portant sur le réemploi et le recyclage et plus largement sur l'économie circulaire.....	50
6.8	Coopérations intra-européennes souhaitables	50
6.9	Mettre en place des bonnes pratiques.....	51
6.10	Aider à la qualification d'un fournisseur alternatif	52
6.11	Mettre en place un observatoire des tensions d'approvisionnement	53
7	Préparer la crise	54
7.1	Définir les scénarios à prendre en compte et s'y préparer	55
7.2	Sécuriser l'approvisionnement des sites stratégiques	56
8	Conclusion.....	57
9	Annexes	59
	Annexe 1 : lettre de mission.....	59
	Annexe 2 : liste des personnes rencontrées.....	62
	Annexe 3 : glossaire.....	67
	Annexe 4 : la situation aux Pays-Bas.....	69
	Annexe 5 : la situation en Allemagne	79
	Annexe 6 : la situation aux États-Unis.....	87
	Annexe 7 : listes de bonnes (et mauvaises) pratiques.....	92
	Annexe 8 : extrait du livre Chip War sur les pénuries d'approvisionnement du secteur automobile..	96

SYNTHÈSE

Les tensions sur les approvisionnements des composants électroniques existent depuis de longues années. Elles ont atteint en 2020- 2021 un niveau inégalé, entraînant des conséquences majeures sur les industries utilisatrices. Même si la situation apparaît meilleure à la mi-2023, l'ensemble des acteurs sont conscients qu'elle reste très fragile, et il arrive encore que des chaînes de production soient interrompues en raison de ruptures d'approvisionnements en composants.

Leurs causes peuvent être multiples : événements naturels ou accidentels (inondation, canicule, incendie, sécheresse, etc.), décalage entre l'offre et la demande, arrêt de la production d'un composant, géopolitique, etc. Le décalage entre la cause et la conséquence peut être considérable : la rupture d'un composant coûtant quelques centimes peut suffire à entraîner l'arrêt de la production d'un bien coûtant des dizaines de milliers de fois plus.

La mission a analysé les principales chaînes d'approvisionnement de l'industrie et constaté leur extrême complexité ainsi que leur grande dépendance de zones géographiques extra-européennes et leur grande vulnérabilité.

Les nombreux industriels rencontrés en sont assez largement conscients, ils insistent avant tout sur l'importance d'une politique d'innovation et de réindustrialisation conduite au niveau européen et français. Celle-ci doit porter tant sur les meilleures technologies disponibles (« leading-edge ») que sur la réponse à des besoins industriels plus standards (technologies matures). Les efforts consacrés dans ce sens dans le cadre du Chips Act ou à travers le soutien au projet Liberty à Crolles sont considérés comme allant dans le bon sens, même si certains estiment que les efforts devraient être plus importants, ou que d'autres estiment que le soutien aux technologies matures devrait être plus important.

Au-delà de cette politique de réindustrialisation, qui dépasse son champ, la mission a examiné les différents items mentionnés dans la lettre de mission, et a constaté que, pour beaucoup d'entre eux, l'accueil apporté par les industriels est assez ou très réservé. La mission estime qu'un ensemble de mesures permettrait d'améliorer la situation, et formule en ce sens un nombre resserré de recommandations.

Le dialogue entre entreprises de l'électronique et utilisatrices n'est pas toujours facile : en Europe, la localisation comme la « nationalité » des fournisseurs ne sont pas une garantie de livraison, de même que la « nationalité » et la localisation du client ne lui accordent pas de priorité d'approvisionnement. Des travaux ont été menés entre les filières électroniques et aval, mais ce dialogue n'a permis que des progrès limités.

La mission estime ainsi qu'il faut aller plus loin dans les relations entre entreprises en veillant, en lien avec les comités stratégiques de filières, à la diffusion et à la mise en place de bonnes pratiques prenant en compte la complexité et les spécificités des achats de composants électroniques. Celles-ci doivent comprendre plusieurs volets : établir un diagnostic (comprendre les schémas d'approvisionnement en composants électroniques et identifier les principaux risques) ; réduire les vulnérabilités (allonger les séries, diminuer le nombre de références, développer le multi-sourcing lorsque c'est possible, augmenter la durée de stockage des composants les plus difficiles à remplacer, prendre en compte la vulnérabilité dès la conception...) ; construire des relations de long-terme avec les fournisseurs ; se préparer à gérer des crises notamment avec des stress-tests.

Lorsqu'elle est pertinente, l'augmentation des stocks à des fins de sécurité se traduit par des besoins de financement accrus, qui doivent souvent être refinancés par le secteur bancaire. Afin de faciliter cette montée en puissance, la mission a étudié la mise en place d'un mécanisme visant à aider les PME à financer l'accroissement des stocks. Un échange avec Bpifrance a mis en évidence que des dispositifs existants permettent d'ores et déjà d'assurer le financement de ce type de besoins – les mécanismes correspondants gagneraient à être mieux connus. De façon analogue, pour encourager les entreprises à avoir plusieurs fournisseurs, la mission propose de mettre en place une aide à la qualification d'une source alternative, provenant d'une usine européenne.

La bonne compréhension de la situation des approvisionnements nécessite un dialogue approfondi entre les acteurs de différents secteurs, la connaissance des projets menés au niveau mondial et des évolutions de l'offre et de la demande en composants électroniques (par secteur industriel et globalement) et l'identification des principaux risques. Peu d'entreprises ont les capacités d'avoir seules une telle vision. Afin de progresser collectivement dans la compréhension des chaînes d'approvisionnement et de mesurer les tensions, et pour faciliter la mise en œuvre du Chips Act, la mission propose de mettre en place un observatoire des tensions d'approvisionnement en composants électroniques, et de désigner le CEA pour préfigurer et être l'opérateur de cet observatoire.

La mission estime que ces mesures seront utiles, mais que le risque de problèmes d'approvisionnements sérieux reste élevé pour les années à venir. En conséquence, elle estime qu'il est indispensable de se préparer à une crise en définissant des scénarios d'ampleur variable, et en organisant des stress-tests.

En outre, compte-tenu de leur caractère vital pour l'économie, l'approvisionnement en composants électroniques des opérateurs d'importance vitale (OIV) doit faire l'objet d'une démarche très active de sécurisation sur la base des bonnes pratiques précédemment décrites.

*

* *

INTRODUCTION

Suite à la crise économique liée au Covid, et au redémarrage rapide de l'économie mondiale en ordre dispersé, de graves perturbations des circuits d'approvisionnement en composants électroniques ont été constatées en 2021 et 2022, et ont affecté de très nombreuses industries : par exemple, de façon très visible et emblématique, la construction de nombreux véhicules automobiles a été interrompue en raison de pénuries de composants électroniques liées aux annulations de commandes et à la réorientation de la production de composants vers d'autres secteurs. Plus généralement, des industriels se sont retrouvés dans l'incapacité de finaliser la production de produits parce qu'un composant manquait alors qu'il représentait parfois une toute petite partie de la valeur ajoutée du produit fini.

Ces perturbations des flux d'approvisionnements sont largement moindres aujourd'hui, mais elles ont mis en évidence l'extrême complexité des chaînes d'approvisionnement en composants électroniques, leur omniprésence dans les produits industriels, et la grande vulnérabilité de l'industrie française et plus largement européenne : malgré la présence de quelques « champions », l'industrie mondiale est très largement dominée par des acteurs asiatiques (Taiwan, Chine, Corée du Sud, Japon) ou américains, et un événement imprévu (incendie, inondation, etc.) dans une usine peut avoir des répercussions importantes sur le marché au niveau mondial.

En parallèle, l'évolution de la situation géopolitique mondiale est très préoccupante avec d'une part la guerre en Ukraine mais également les menaces de la Chine sur Taïwan : un blocus de l'île est désormais assez largement perçu comme non seulement possible, mais aussi comme pouvant avoir des conséquences économiques très négatives voire catastrophiques.

Enfin, l'industrie électronique, comme d'ailleurs l'industrie en général, est très dépendante de ses propres approvisionnements en eau (de très bonne qualité), en énergie, et en un certain nombre de matières premières cruciales. La mission n'a pas étudié spécifiquement ces sujets, dont le champ et la complexité sont considérables.

Dans ce contexte incertain, de nombreuses initiatives ont été prises tant au niveau communautaire que national.

Au niveau européen, la nécessité d'un renforcement de la souveraineté stratégique est mise sur la table, et de nombreux textes ont été récemment adoptés ou sont en voie de finalisation. Parmi eux figure le projet European Chips Act, spécifiquement consacré aux composants électroniques. Il comprend trois volets, dont le troisième consiste en un mécanisme de détection et de réaction aux tensions d'approvisionnement.

Au niveau national, une politique de réindustrialisation et de reconquête de la souveraineté nationale a été lancée. Concernant spécifiquement les pénuries de composants électroniques rencontrées en 2021, le Conseil National de l'Industrie et les Comités stratégiques de filières (CSF) ont été mandatés pour travailler sur le sujet. Des échanges sont ainsi régulièrement organisés entre la filière amont et les filières utilisatrices. Même si ce dialogue est considéré comme utile, il n'a pas permis de réduire vraiment la vulnérabilité de l'industrie face à ses approvisionnements en composants électroniques.

C'est dans l'objectif d'aller plus loin que le Ministre délégué chargé de l'industrie, par lettre du 27 février 2023, a missionné le Conseil Général de l'Économie. Les missionnaires ont été désignés le 9 mars.

Après un échange avec le Cabinet du Ministre et la DGE pour bien comprendre les attentes du Ministre, la méthode de travail suivie par la mission comprend deux parties : le travail documentaire et l'organisation de nombreux entretiens.

Travail documentaire

La mission s'est attachée à rassembler une importante documentation pour, d'une part, bien comprendre les enjeux stratégiques de l'industrie électronique mondiale et française, son organisation, ses relations avec l'aval, mais aussi le cadre européen relatif au Chips Act et aux textes qui lui sont liés. La DGE a fourni de nombreux textes, d'autres documents ont été demandés à la profession, une littérature abondante est disponible en ligne. En particulier l'étude PIPAME¹ donne un état des lieux détaillé de la filière de fabrication électronique française, mais elle date de 2019.

Concernant spécifiquement les chaînes d'approvisionnement, la documentation disponible est en fait très limitée : les chiffres disponibles sur le marché le sont en général à l'échelle mondiale, ou à défaut européenne, et les descriptions portent surtout sur les difficultés rencontrées par les uns et les autres, sans véritable quantification.

Entretiens

La mission a sollicité et a rencontré six types d'acteurs :

- des entreprises utilisatrices de composants électroniques, avec un focus sur le secteur automobile compte-tenu de son importance
- des représentants institutionnels de la filière électronique ;
- des entreprises du secteur électronique implantées en France ;
- des représentants des filières aval ;
- des administrations françaises et européenne ;
- des experts, personnalités qualifiées connaissant bien le secteur et pouvant apporter un regard éclairé.

¹ <https://www.filiere-electronique.fr/2019/07/04/les-enjeux-et-perspectives-pour-la-filiere-francaise-de-la-fabrication/>

À noter que si la mission reprend ici les termes amont et aval couramment utilisés, l'industrie électronique comprend énormément de relations de sous-traitance faisant qu'une entreprise considère un de ses clients comme relevant de l'aval même si ce dernier est aussi du secteur des composants.

Les entretiens ont porté sur la description des chaînes d'approvisionnement, les difficultés rencontrées, les solutions que nos interlocuteurs jugent envisageables. De façon assez systématique, les items de la lettre de mission ont été passés en revue pour qu'ils puissent réagir par rapport à eux. La mise en œuvre du volet 3 du Chips Act a également été abordée, ainsi que la préparation à une nouvelle crise.

Les entretiens menés et l'exploitation de la documentation rassemblée ont mis en évidence plusieurs difficultés :

- le caractère tardif du lancement de la mission alors que les difficultés sont récurrentes depuis plusieurs années et ont été particulièrement fortes en 2021 et 2022 ;
- l'extrême diversité des composants utilisés (composants actifs, composants passifs, connecteurs divers...);
- l'extrême complexité des chaînes d'approvisionnement, largement mondialisées, et évoluant rapidement dans le temps ;
- la multiplicité des niveaux de sous-traitance dans de nombreux cas ;
- le très faible poids de l'industrie électronique française ou européenne ou niveau mondial ;
- le très faible poids que représente l'ensemble de l'industrie française ou européenne aval en tant qu'acheteur de composants électroniques au niveau mondial, y compris pour des secteurs comme l'automobile ;
- l'organisation de la profession électronique, divisée en multiples tâches, qui fait que le secteur doit être également considéré comme son propre client.

Plus fondamentalement, ces approvisionnements sont régis par des contrats privés dans un domaine très concurrentiel et sont légitimement considérés comme des données sensibles et confidentielles. La mission n'a donc pas pu accéder qu'à peu de données précises et quantifiées ni vérifier les chiffres qui lui ont été donnés ; certains de ces chiffres, les plus pertinents, sont rapportés ici, et la mission de manière générale n'a pas de raison de ne pas croire ce qui lui a été dit.

Pour la même raison, cette version du rapport, qui relate des échanges et quelques données d'entreprises ou extraits d'études non publiques qui lui ont été communiquées, est à considérer comme confidentielle.

Dans ce contexte, les missionnaires croient nécessaire de souligner que l'accueil qu'ils ont reçu par les industriels, quoique toujours policé et parfois excellent, est de façon générale en dessous de ce qu'ils ont pu rencontrer pour d'autres missions. D'une part, beaucoup de messages de sollicitation sont restés sans réponse et beaucoup de relances ont dû être faites. Certains interlocuteurs ont indiqué qu'il n'était pas utile de nous rencontrer (cas de la Fédération Française des Télécoms). D'autres ont accepté de rencontrer la mission mais lui ont indiqué clairement qu'ils n'en attendaient rien. Il semble que, pour beaucoup, l'objectif principal était d'éviter que la mission ne recommande des mesures se traduisant par de nouvelles contraintes réglementaires.

À titre d'exemple, un responsable des achats d'un groupe automobile a accepté de consacrer 45 minutes pour rencontrer la mission ; en réalité, il aurait fallu plusieurs jours pour comprendre comment ce seul groupe organise ses achats électroniques, gère ses stocks pour des dizaines de milliers de composants électroniques alimentant de nombreuses usines sur plusieurs continents, gère ses relations avec ses fournisseurs, anticipe des situations de crise, etc., et l'on voit bien que ce n'était pas possible.

Toutefois, la mission a recueilli des informations qualitatives sur les mesures concrètes prises par les entreprises, les leçons qu'elles ont tirées de la crise des années 2021 – 2022, et elle s'est attachée à en faire le bilan et en tirer des enseignements pour nourrir ses recommandations.

TABLE DES RECOMMANDATIONS

Avertissement : l'ordre dans lequel sont récapitulées ci-dessous les recommandations du rapport ne correspond pas à une hiérarchisation de leur importance mais simplement à leur ordre d'apparition au fil des constats et analyses du rapport.

- Recommandation n° 1.** (DGE - CSFs) Généraliser la diffusion et la mise en œuvre de bonnes pratiques de gestion des approvisionnements en composants électroniques dans l'industrie.....52
- Recommandation n° 2.** (DGE et BPI) Mettre en place pour les PME une aide à la qualification d'un fournisseur alternatif fabriquant le composant dans un établissement européen.....53
- Recommandation n° 3.** (DGE) Mandater le CEA pour préfigurer et animer, en lien avec l'industrie, un observatoire des tensions d'approvisionnement en composants électroniques.54
- Recommandation n° 4.** (SGDSN avec DGE) Se préparer à la crise en définissant des scénarios d'ampleur variable, organiser la mise en place de stress-tests par les entreprises, en tirer les enseignements, étudier la faisabilité de l'organisation d'exercices de crise.56
- Recommandation n° 5.** (SGDSN, ministères coordinateurs) Sécuriser l'approvisionnement des points d'importance vitale en demandant aux opérateurs d'établir un diagnostic de leurs approvisionnements en composants électroniques, une stratégie d'achat et de stockage, et en se préparant par des stress tests à des scénarios de crise.....57

1 UNE OFFRE DE COMPOSANTS ELECTRONIQUES MONDIALISEE OU L'INDUSTRIE FRANÇAISE TIENT SA PLACE

1.1 Les grandes familles de composants électroniques

En commençant par les composants les plus sophistiqués, on trouve les circuits intégrés communément appelés « puces » (*chips*). Avec les diodes et les transistors, ils forment la famille des composants dits « actifs » parce qu'ils permettent de contrôler ou d'amplifier un signal électrique et qui nécessitent une source d'énergie pour fonctionner.

Viennent ensuite les composants dits « passifs » comme les résistances, condensateurs et bobines, qui modulent le signal électrique. Ils ne nécessitent pas de source d'énergie autre que le signal entrant.

À ces deux familles, il faut ajouter les connecteurs, les capteurs, les caméras, les diodes électroluminescentes (*LED*), les émetteurs et récepteurs radio, qui jouent un rôle croissant compte-tenu de l'interconnexion des différents systèmes électroniques embarqués dans certains objets et de leur interaction avec l'environnement ou l'utilisateur.

Enfin, tous ces composants sont généralement fixés par soudure sur des circuits imprimés également appelés « PCB » (*printed circuit board*) – à ne pas confondre avec les circuits intégrés ci-dessus.

1.1.1 Les différents types de semi-conducteurs

Pour appréhender les risques d'approvisionnement en semi-conducteurs, il est utile de distinguer les grandes sous-familles dont la technologie et la difficulté de fabrication est très variable.

La gravure de semi-conducteurs est un processus qui consiste à retirer des parties d'un film de semi-conducteur pour créer un circuit intégré sur une plaquette de silicium ou *wafer*. Le terme « nœud de gravure » se réfère à la plus petite taille de composant (généralement un transistor) qui peut être créé en utilisant cette technologie.

En ce qui concerne la technologie des semi-conducteurs, il y a eu un certain nombre d'évolutions au fil des ans. Voici les principaux types de semi-conducteurs en fonction de la finesse de gravure et de la technologie utilisée :

- Technologie Planar (*bulk*) : C'est la technologie de semi-conducteurs la plus ancienne et la plus couramment utilisée. Les transistors sont formés sur la surface plane du silicium et la taille des nœuds de gravure a progressivement diminué, passant de 10 micromètres (nm) à 90 nanomètres (nm).
- Technologie FinFET (*Fin Field-Effect Transistor* ou transistor à effet de champ à ailettes) : Lorsque les nœuds de gravure sont descendus en dessous de 90 nm, la technologie planar a commencé à rencontrer des problèmes tels que le courant de fuite, qui peut conduire à un gaspillage d'énergie et à une génération de chaleur excessive. La technologie FinFET, qui utilise une structure 3D pour le transistor, a permis d'atteindre des nœuds de gravure de 10 nm, voire moins.

- Technologie GAA FET (*Gate-All-Around FET* ou transistor à nanofeuilles) : c'est la prochaine génération de technologie de semi-conducteurs, actuellement en développement. Les nœuds de gravure de cette technologie peuvent descendre jusqu'à 2 nm. Ce chiffre ne reflète plus la finesse de la gravure physique à proprement parler, car on atteint l'échelle atomique, mais est un indicateur qui permet d'évaluer l'accroissement de densité obtenu en poussant plus loin la gravure 3D.

Il convient de noter que la réduction de la taille des nœuds de gravure est un objectif majeur de l'industrie des semi-conducteurs, puisqu'elle permet d'améliorer la vitesse et de baisser la consommation électrique, que ce soit pour les composants de type microprocesseurs ou pour les mémoires. Dans le présent rapport, on parlera de *leading edge* (technologie de pointe) pour désigner les nœuds inférieurs à 10 nm et de technologie mature pour le 10 nm et plus.

Enfin, les semi-conducteurs ci-dessus utilisent généralement des wafers en silicium dopé, dans lequel des « impuretés » ont été soigneusement implantées. Cependant d'autres matériaux tels que le nitrure de gallium (GaN) ou le carbure de silicium (SiC) sont utilisés pour certaines applications nécessitant une forte puissance (par exemple batteries et moteurs électriques), des fréquences élevées (micro-ondes) ainsi que dans les LED à forte intensité lumineuse.

1.1.2 Les principaux maillons de la chaîne de fabrication des semi-conducteurs

La chaîne de fabrication d'un composant électronique peut être très complexe, en particulier pour les semi-conducteurs, de l'extraction des matières premières jusqu'aux tests de qualification des composants finis, la logistique et la distribution. Cette longue chaîne est de plus divisée entre des acteurs mondiaux et susceptible d'être perturbée à différents niveaux. D'où l'importance d'avoir à l'esprit les principaux maillons de la chaîne de valeur afin d'identifier les sources possibles de tensions d'approvisionnement :

- L'architecture sur la base de laquelle un circuit particulier sera conçu. Parmi les exemples d'architecture connus, on peut citer la famille X86 d'Intel dont sont issus les microprocesseurs généralistes, l'architecture RISC (*Reduced Instruction Set Computer* ou ordinateur à jeu d'instructions réduit) et en particulier celle de la société ARM (*Advanced Risc Machines*) dont le modèle d'affaires repose sur la propriété intellectuelle en accordant des licences aux concepteurs de microprocesseurs, ou encore l'architecture FPGA (*Field Programmable Gate Array* ou réseau de portes programmables) qui embarque une bibliothèque de blocs fonctionnels pouvant être configurés de façon flexible pour répondre à des besoins spécifiques. Dans certains cas, la conception ne repose pas sur une architecture prédéfinie car le circuit doit être optimisé pour être très performant sur une application très spécialisée comme c'est le cas pour les ASIC (*application-specific integrated circuit* ou circuit intégré spécialisé).
- La conception ou *design* du circuit intégré. Qu'il s'agisse d'une architecture RISC ou d'un ASIC, chaque circuit passe par une étape de conception, généralement assistée par des outils informatiques (*computer aided design*).

- Sur la base du design de l'étape précédente, les circuits intégrés sont « gravés », par exemple dans des wafers de silicium. Les étapes intermédiaires du processus de fabrication sont : la fabrication de lingots de silicium monocristallin (ou d'autres supports le cas échéant), leur découpe en tranches circulaires ou *wafers*, le traitement préalable de surface, la photolithographie qui « grave » plusieurs circuits dans un même *wafer*, la découpe du wafer en puces individuelles rectangulaires.

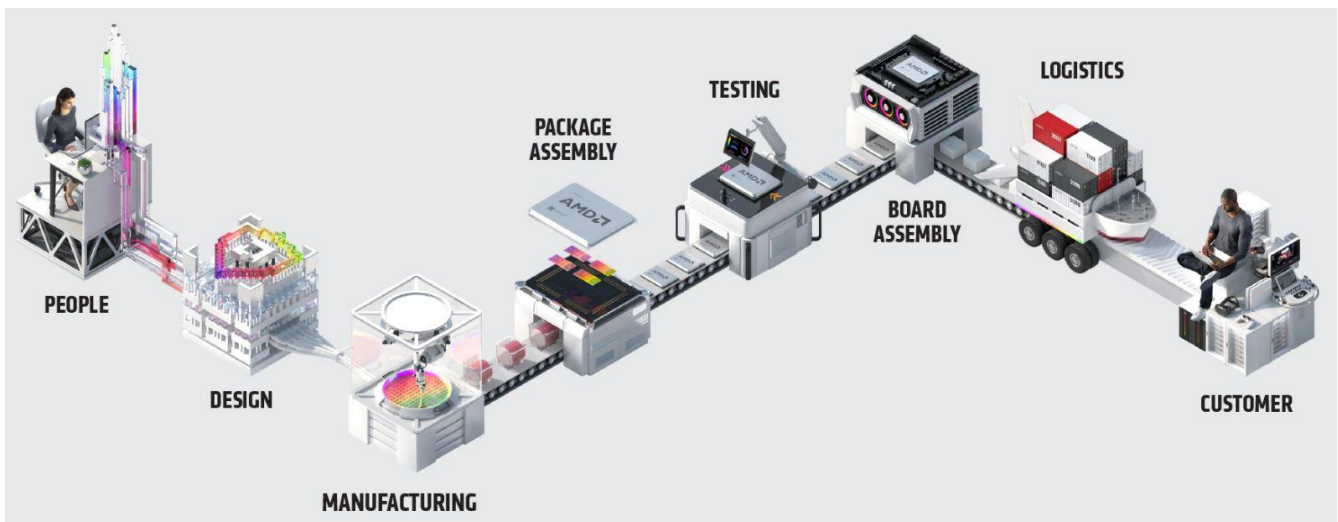


Machine de photolithographie de dernière génération (Source : ASML)

- La soudure des fils de connexion, le montage de la puce dans un boîtier plastique avec des pattes de soudure.
- Le test des composants afin d'éliminer les puces défectueuses.

L'ensemble de ces processus nécessite de recourir à de grandes quantités de matériaux ou produits chimiques. Sans oublier le recrutement et la formation des scientifiques, ingénieurs et techniciens intervenant aux différentes étapes.

À cela s'ajoutent ensuite la soudure sur les circuits imprimés, le stockage des produits finis et leur transport jusqu'aux clients finals :



Source : AMD

Pour des raisons liées à la très grande sophistication des technologies à utiliser et à l'ampleur des investissements nécessaires, l'industrie électronique mondiale est hautement spécialisée, chaque acteur intervenant à une étape particulière du processus.

1.2 L'offre mondiale, européenne et française

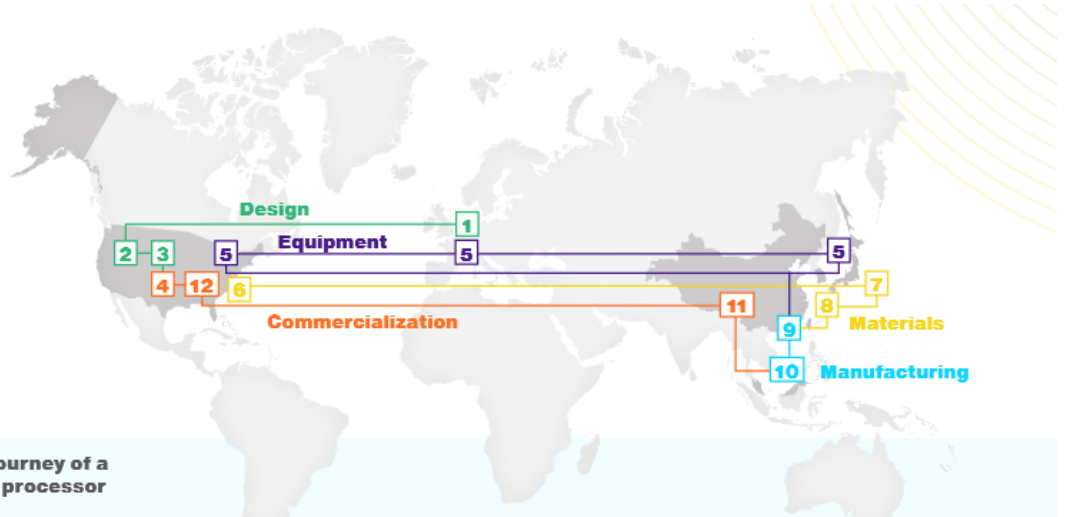
Qualitativement, la répartition mondiale de l'offre peut se résumer de la façon suivante pour les grandes familles de composants :

Semi-conducteurs « Leading edge »	Semi-conducteurs « Mature »	Autres composants : passifs, etc.
Gravure < 10 nm	Gravure > 10 nm	Résistances, condensateurs, connecteurs, diodes, PCB, etc.
Applications : smartphones, PC, centres de calcul	Applications : microcontrôleurs, capteurs, communications, puissance	Applications : partout
Besoins en Europe : faibles	Besoins en Europe : oui	Besoins en Europe : oui
Offre européenne : pas de fonderie ni de design	Offre en Europe : oui	Offre en Europe : faible, souvent en Asie (coût de la main d'œuvre)
Offre mondiale : très concentrée (Taiwan, Corée, US) et très rentable	Offre mondiale : déconcentrée, mais accords de licence, mais moindre rentabilité (frein pour les investissements)	Offre mondiale : Chine, Taïwan, mais aussi Indonésie, Philippines, Malaisie, etc.

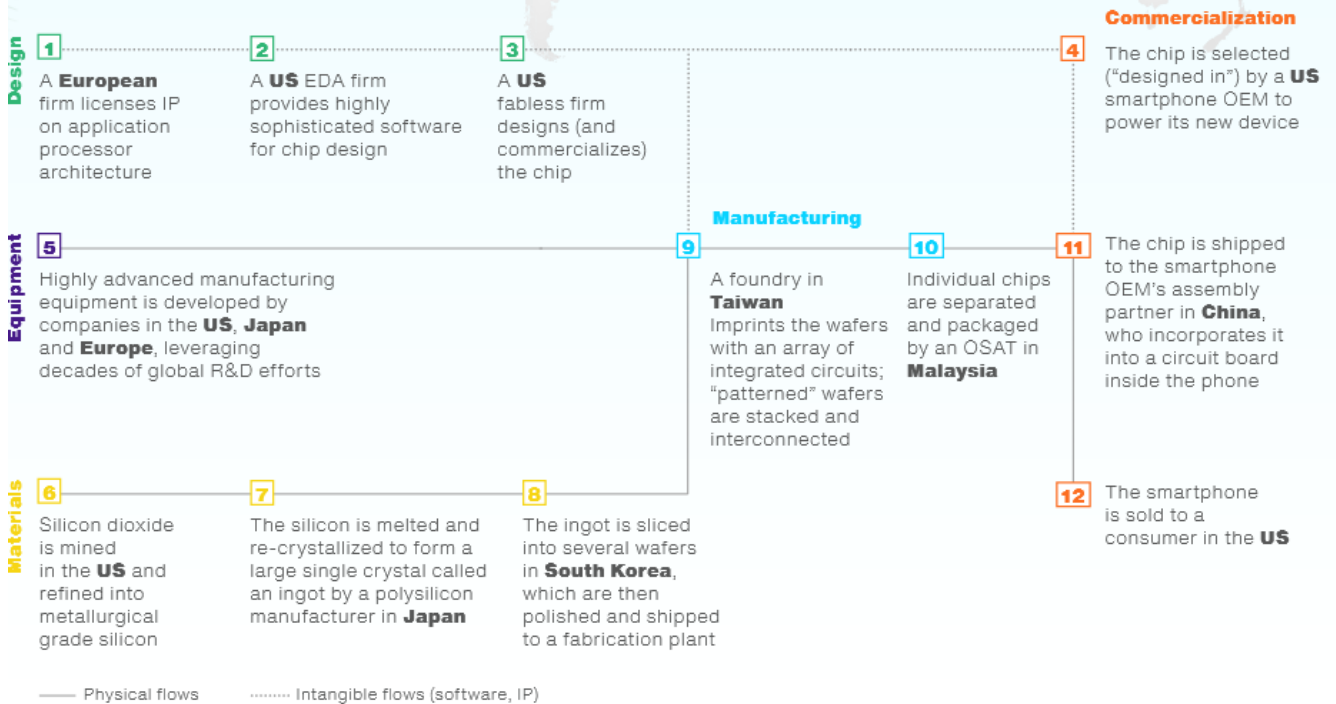
Le processus de fabrication d'un composant élaboré implique donc une multitude d'acteurs dans de nombreuses zones géographiques, comme l'illustre le schéma qui suit pour un processeur de smartphone :

EXHIBIT 12

The semiconductor value chain is truly global and relies on the specialized capabilities of different geographic areas



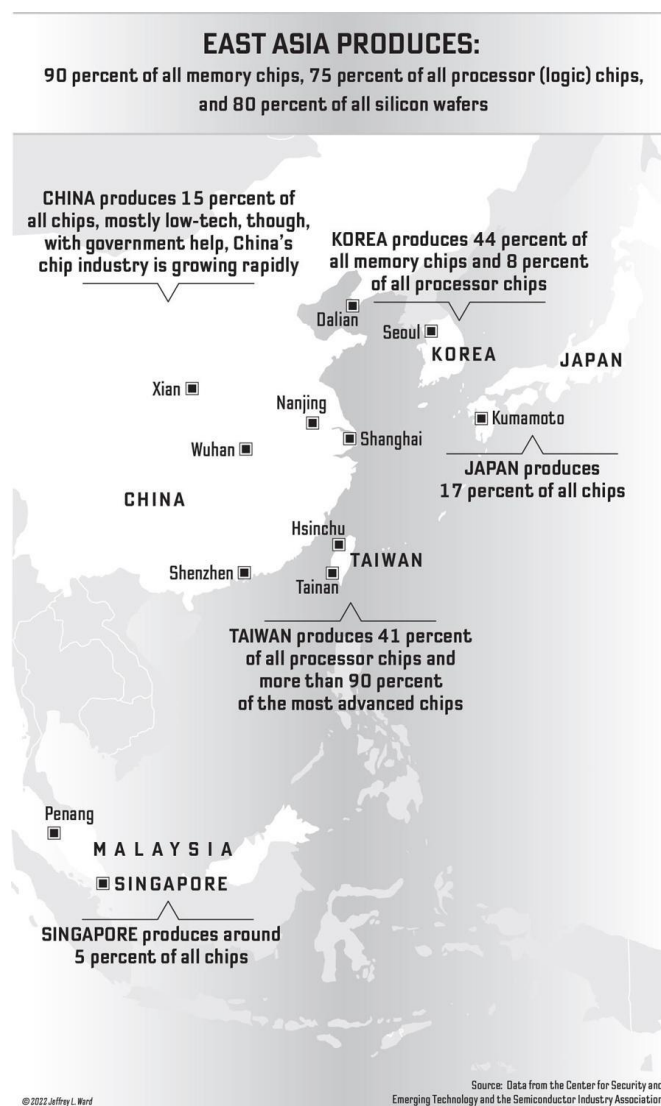
Illustrative: The global journey of a smartphone application processor



Source : étude BCG - SIA²

² https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf

Pour ce qui est des semi-conducteurs uniquement, la carte ci-dessous présente la répartition de la production en Asie :

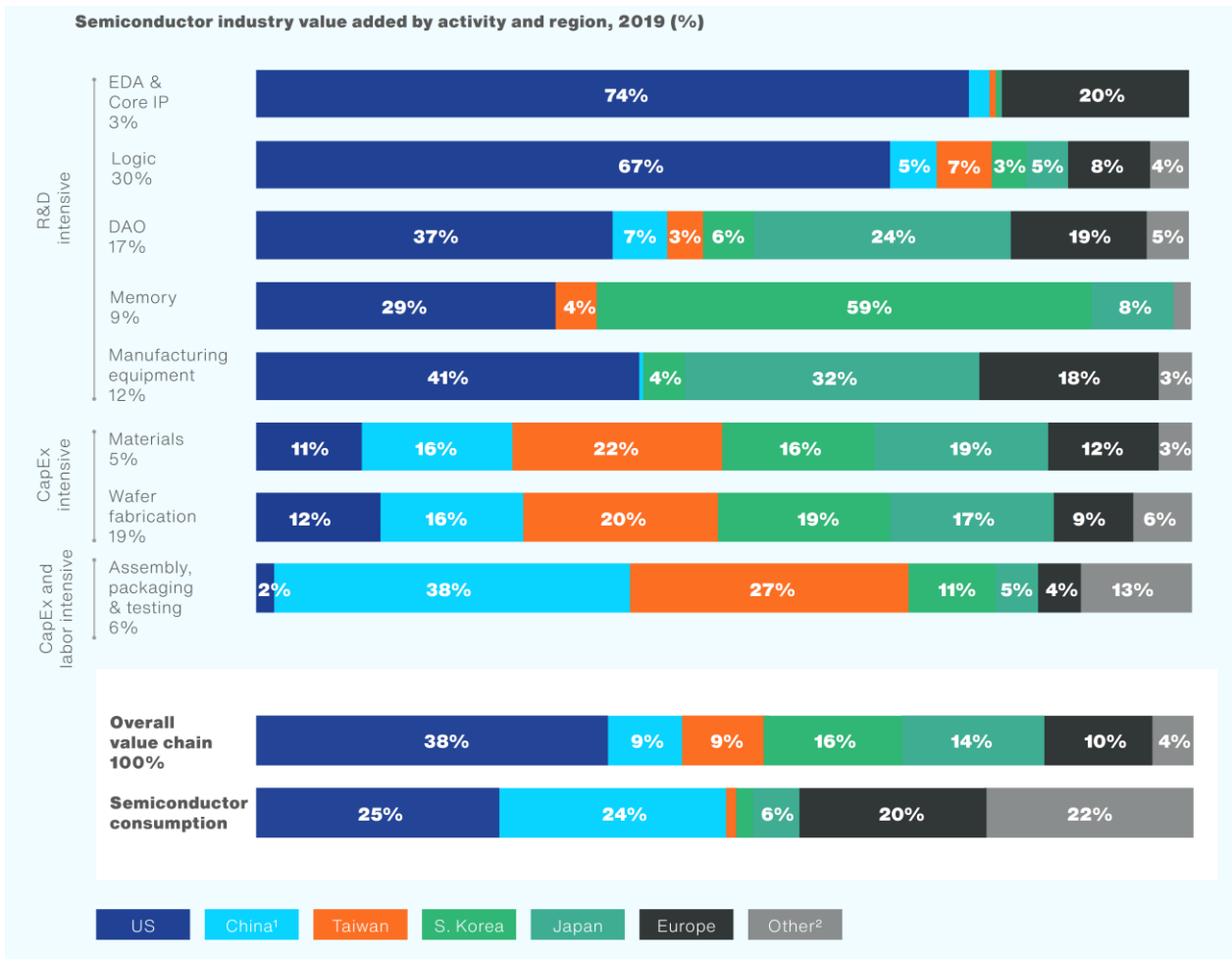


Source : Chip war, de Chris Miller (© 2022 Simon & Schuster)

En Europe, les principaux fabricants de semi-conducteurs sont STMicroelectronics³ (plusieurs sites de fonderie en France et en Italie), Infineon (Allemagne, Autriche), et NXP (Pays-Bas), auxquels il faut ajouter les fonderies filiales de groupes étrangers : Intel (plusieurs sites en Irlande), Texas Instrument (Allemagne), Micron Technology (Italie) et GlobalFoundries (Allemagne). On doit également mentionner le fabricant de machines de photolithographie ASML (Pays-Bas).

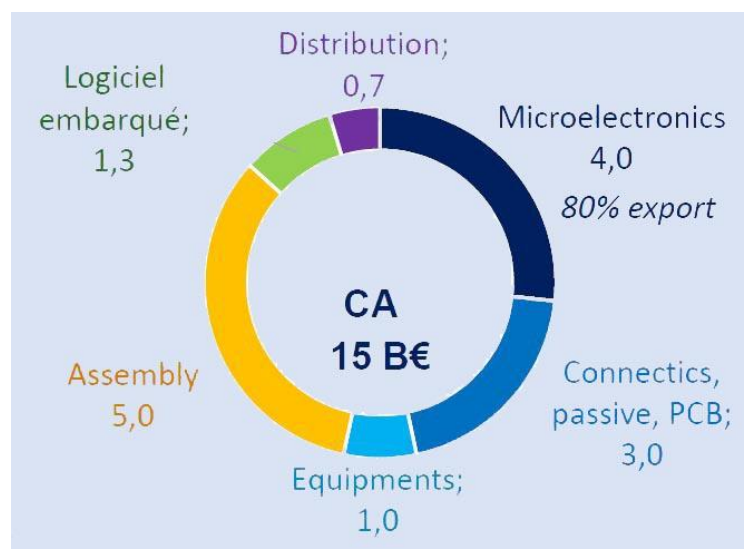
³ Ce groupe mondial a comme actionnaires principaux des institutionnels français et italiens. C'est une entreprise de droit néerlandais, et son siège social est situé en Suisse.

Le graphique qui suit illustre par type de composants la part des principales zones géographiques dans la production et montre également à la fois le faible poids de l'Europe et la part majeure de l'Asie :



Source : étude BCG – SIA précitée

Dans l'économie française, l'industrie électronique pèse environ 15 Md€, qui se répartissent entre les divers segments d'activités évoqués plus haut :



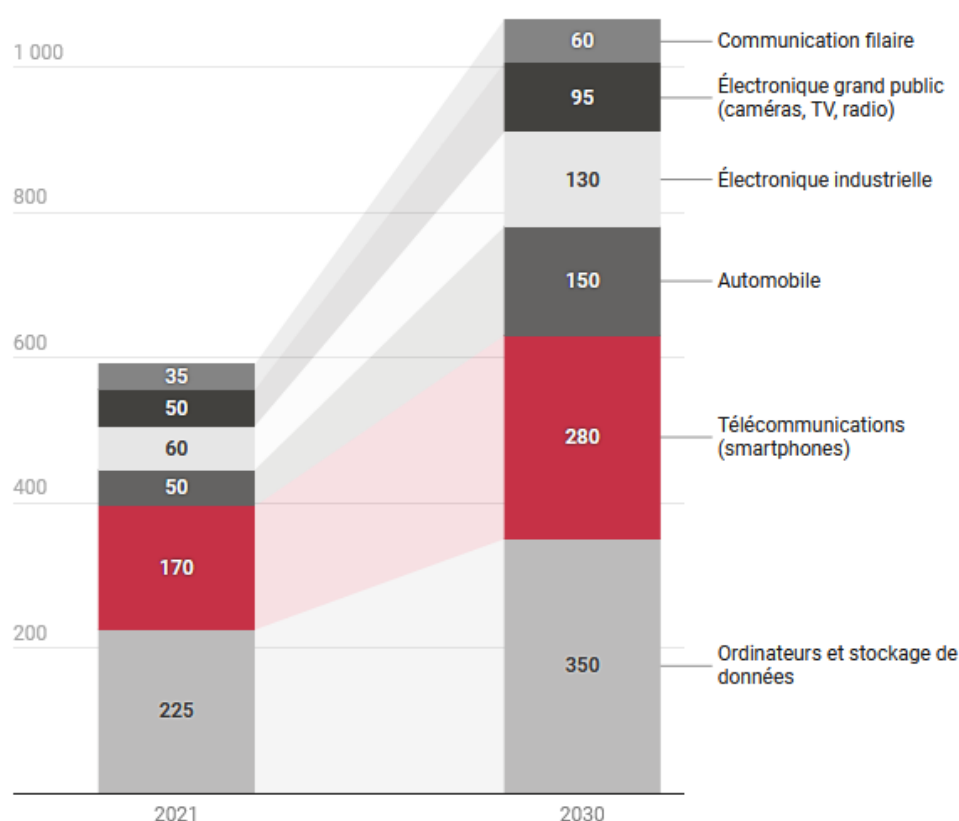
Chiffres en Md€ - Source : Acsiel

Un descriptif détaillé de l'industrie électronique française est disponible dans une étude réalisée par le Pipame (Pôle interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations économiques)⁴. Il date de 2019 ; il serait d'ailleurs utile de lancer sa réactualisation.

Le poids relativement modeste de l'industrie électronique française ne doit pas faire oublier que la France maîtrise des technologies clés qui permettent, si nécessaire, de négocier avec des producteurs plus importants. C'est le cas en particulier de STMicroelectronics et Soitec, avec la technologie SOI qui permet de réduire la consommation énergétique des semi-conducteurs, et du SiC (*silicium carbide* ou carbure de silicium) utilisé en électronique de puissance. Ces atouts stratégiques pourront être utilisés le moment venu si nécessaire.

2 LES BESOINS EN COMPOSANTS DANS L'INDUSTRIE CROISSENT, MAIS LA DEMANDE LIEE AUX SMARTPHONES ET PC RESTE LARGEMENT DOMINANTE AU PLAN MONDIAL

Le marché mondial des semi-conducteurs s'élevait à environ 600 Md\$ en 2021. Il devrait croître de plus de 60%, à 1050 Md\$ en 2030, avec une multiplication par 3 des besoins de l'automobile, une multiplication par 2 des besoins pour les smartphones et l'électronique industrielle, par 1,5 pour les ordinateurs et le stockage de données, comme le montre le schéma ci-dessous.



Source : Le Grand Continent, sur la base de McKinsey & Company « Le marché mondial des semi-conducteurs » (les données sont exprimées en Md\$).

⁴ https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/etudes-et-statistiques/prospective/electronique/2019-06-rapport-fabrication-electroniques_0.pdf

Aujourd'hui, les principaux marchés consommateurs de semi-conducteurs sont l'informatique (ordinateurs et serveurs) et les télécommunications (smartphones), qui représentent respectivement 225 Md\$ et 170 Md\$ en 2021, soit près des deux tiers du marché mondial. Les projections pour 2030 prévoient que ces deux marchés pèseront à eux seuls 350 et 280 Md\$ respectivement, et resteront prépondérants, bien devant le marché de l'automobile qui triplera pour atteindre 150 Md\$ en 2030.

La partie « ordinateurs et stockage de données » comprend l'augmentation des besoins liée au développement de l'intelligence artificielle.

Les producteurs intégrés européens que sont STMicroelectronics (France et Italie), NXP (Pays-Bas) et Infineon (Allemagne) sont des producteurs de puces qui répondent en particulier à une partie des besoins de l'industrie européenne dans la robotique, l'automobile et l'aérospatial. A l'inverse, l'Union Européenne est mal positionnée dans les secteurs des télécommunications et des ordinateurs. Par conséquent, en l'absence d'industrie des équipements informatiques (ordinateurs, serveurs, smartphones), la demande européenne de processeurs ou de puces mémoires reste limitée.

Après les secteurs du numérique lui-même (télécommunications, ordinateurs et stockage de données), l'industrie automobile est la principale utilisatrice de composants.

2.1 L'industrie automobile consomme de plus en plus de composants

Aujourd'hui les besoins en semi-conducteurs pour le secteur automobile représentent environ 10% du marché mondial, et devraient s'accroître à environ 14% du marché en 2030.

Le triplement en valeur des besoins de l'industrie automobile en semi-conducteurs est le résultat de trois effets qui s'ajoutent : l'électrification des moteurs, la croissance de l'« infotainment » (informations à bord, navigation et GPS, distraction radio musique), et le renforcement des aides à la conduite jusqu'à la conduite autonome.

Les besoins de l'automobile sont importants en électronique de puissance, qui est le domaine le plus stratégique d'après la PFA, en numérique et en capteurs (microsystèmes électromécaniques ou MEMS). Les principaux fournisseurs européens de l'automobile en semi-conducteurs sont les sociétés Infineon, NXP, et STMicroelectronics, mais sans leadership net (beaucoup de fournisseurs divers), et un fort niveau de sous-traitance). Les standards automobiles sont nettement plus exigeants, pour des raisons de sécurité qui impliquent un fort niveau de qualité et de fiabilité, que les standards pour les smartphones ou les objets connectés (pour le marché des particuliers). Les procédures et délais de qualification sont particulièrement longs.

Les technologies utilisées sont plutôt matures, avec des nœuds entre 10 nm et 40 nm principalement, à l'exception de quelques applications (radar, vision) d'aides à la conduite (ADAS ou advanced driver assistance system) ou d'autonomie, des écrans pour HMI (interface homme machine) et distraction (entertainment), qui exigent l'utilisation de technologies les plus récentes, processeurs et mémoires, avec des nœuds de 7 à 5 nm. Ces besoins en nœuds les plus fins restent de petites quantités y compris à l'horizon 2030 (moins de 10% du besoin global du secteur automobile).

Les constructeurs rencontrés craignent des tensions sur les capacités de production des composants matures dans les prochaines années (nœuds de 40 à 130 nm).

La mission n'a pas été en mesure de quantifier plus précisément les problématiques d'approvisionnement en composants électroniques des deux constructeurs « historiques » en France, Renault comme Stellantis ayant refusé de partager tout chiffre ou liste de composants critiques et super critiques pour des raisons de confidentialité.

Les périodes d'arrêt de lignes de production à Sochaux et à Flins, de 2 à 3 semaines au début de l'année 2023, pour cause selon la presse de pénurie de composants, et avec recours au chômage partiel et indemnisation des salariés par l'État, n'ont pas pu être analysées par la mission, faute de réponse apportée aux questions posées (nature des composants en pénurie, volumes en cause, origine géographique de ces composants, ...).

2.2 Les besoins des autres secteurs industriels rencontrés sont, quantitativement, plus faibles

La mission a rencontré des représentants des secteurs aéronautique et espace, santé et dispositifs médicaux, énergies renouvelables, nucléaire, télécommunications, défense et sécurité. Ces secteurs industriels ont en commun le fait d'être consommateurs de composants électroniques, mais pour des volumes nettement moins importants que la construction automobile. Ceci se comprend bien en regardant les ordres de grandeur des séries selon les secteurs :

- Les ventes de smartphones dépassent le milliard d'objets par an (1,21 milliards en 2022, le total le plus faible depuis 2013)⁵
- Les ventes d'automobiles en 2022 se sont élevées à environ 80 millions⁶
- Les ventes d'avions s'expriment en milliers : Airbus a livré 663 appareils en 2022 et a obtenu 1 078 commandes en 2022, soit un total net de 820 après déduction des annulations. Boeing, a livré 480 appareils en 2022 et a déclaré avoir vendu 935 avions, soit un total net comparable de 774 après annulations⁷. Les ventes de jets privés, en pleine croissance, s'expriment aussi en centaines ou milliers⁸.

Les exemples pourraient être multipliés pour les trains, les centrales électriques, etc.

Tous ces secteurs ont des besoins en croissance, moins forte toutefois que la croissance des besoins du secteur automobile, mais les volumes nécessaires resteront marginaux par rapport à la production mondiale de semi-conducteurs et par rapport aux besoins des télécommunications, des ordinateurs et des bases de données (voir graphique plus haut).

⁵ Source <https://www.clubic.com/smartphone/actualite-455325-les-ventes-de-smartphone-ont-plonge-en-2022-au-plus-bas-depuis-tres-longtemps.html>

⁶ Source <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/marche-automobile-mondial-se-redresse-en-fin-dannee>

⁷ Source Les Echos

⁸ Voir par exemple l'étude de l'Institute for Policy Studies citée par <https://patrioticmillionaires.org/2023/05/17/high-flyers-the-cost-of-private-jets-for-the-rest-of-us/>

À la différence du secteur automobile pour lequel la PFA établit des études, consolide des données et dégage les tendances, aucun autre secteur industriel rencontré par la mission ne fait un travail analogue et n'est en mesure de fournir des chiffres et des analyses à la mission.

3 UN MARCHÉ MONDIAL SUJET A DES TENSIONS ACCRUES DEPUIS LE COVID

Le constat général est que le marché des composants électroniques est traditionnellement cyclique, mais que le choc survenu à partir de 2020 a été d'une ampleur inhabituelle, ce qui a amené les industriels à prendre des mesures d'urgence, voire à changer durablement certaines pratiques afin de sécuriser leurs approvisionnements. Au second trimestre 2023, si la situation s'est nettement améliorée, au point de constater une baisse de la demande et des prix pour le *leading edge* destiné au marché des smartphones et des ordinateurs, des tensions subsistent dans certains secteurs. Cela concerne aussi des technologies matures ou des composants simples pouvant aboutir à l'arrêt d'une chaîne de production.

L'interruption en juin 2023 de la production de la Renault Zoé dans l'usine de Flins en raison selon la presse des délais de livraison de transistors de puissance et de composants analogiques illustre la persistance actuelle des tensions sur des composants qui ne sont pas *leading edge*⁹.

3.1 Un marché cyclique et des chaînes de valeur complexes

Selon un équipementier, une précédente crise avait eu lieu en 2018 sur les composants passifs. A partir de 2020, ce sont les microcontrôleurs entre 40 et 90 nm qui ont manqué. Dans les autres secteurs, la crise la plus marquée a été celle des processeurs *leading edge*. Selon les interlocuteurs rencontrés, qui avaient parfois une assez grande ancienneté dans le secteur des composants électroniques, des crises récurrentes ont eu lieu ces dernières décennies environ tous 3, 5 ou 8 ans. Certains composants comme les mémoires ou des matières premières comme le cuivre sont souvent les premiers à connaître des hausses de prix. Les périodes de tension sont suivies de baisses des prix et de pertes financières pour les fabricants.

Les raisons avancées pour expliquer une telle volatilité sont principalement liées à la durée nécessaire pour mettre en place de nouvelles usines, représentant des investissements de plus en plus élevés, et à la complexité des chaînes de valeur.

Ces cycles sont en réalité multiples et différent en fonction de la nature des composants : certains décroissent pendant que d'autres sont en croissance.

Les investissements destinés à augmenter la capacité de production pour une technologie éprouvée peuvent aller de 12 ou 18 mois et jusqu'à 5 ans pour construire et mettre au point une unité de production innovante. La production des composants électroniques repose sur des processus fortement

⁹ La presse a donné ces informations. Renault, interrogée par la mission sur ce point, n'a pas souhaité faire de commentaire.

automatisés, ce qui suppose des investissements importants et donc un fort taux d'utilisation pour atteindre la rentabilité (entre 80 et 95 %). Sans une demande anticipée suffisante, l'investissement présente un profil risque/rendement défavorable et n'est pas réalisé, ce qui ne laisse que les variations de prix comme mécanisme permettant d'ajuster à court terme l'offre aux variations de la demande.

Par exemple, les personnes rencontrées et les analystes sont unanimes pour estimer qu'en 2020, la demande de smartphones et d'ordinateurs personnels a cru plus rapidement que ce qui avait été anticipé, en raison du COVID, des périodes de confinement et du développement du télétravail. D'autres facteurs plus ponctuels ont joué, comme la forte hausse du cours du bitcoin entre 2020 et 2021 qui a stimulé la demande de cartes graphiques utilisées pour le « minage » des cryptomonnaies. De même, l'adoption en 2021 du paquet « fit for 55 » et l'annonce de la fin de la commercialisation de véhicules thermiques en 2035 se sont traduites par une hausse de la demande de composants de puissance utilisés dans les véhicules électriques.

Les tensions commerciales entre Chine et États-Unis se sont également traduites par un accroissement des stocks des entreprises chinoises : par anticipation ou en réaction aux sanctions américaines, Huawei et Xiaomi ont passé d'importantes commandes de puces pour terminaux en 2020 (source DG Trésor).

Enfin, du côté de l'offre, un incendie dans l'usine de semi-conducteurs d'Asahi Kasei au Japon en mars 2021, un autre incendie dans l'usine de Renesas à Naka au Japon en octobre 2021, des tempêtes de neige au Texas en 2021 et des inondations en Malaisie en 2022 sont autant de chocs imprévisibles qui sont venus perturber la production. Les difficultés d'approvisionnement en eau sont également un problème récurrent à Taïwan, la sécheresse obligeant le gouvernement à indemniser les cultivateurs de riz pour privilégier l'approvisionnement en eau de TSMC¹⁰.

Or, comme indiqué au 1.1.2, la chaîne de valeur des composants électroniques est complexe. Chaque industriel doit anticiper la demande de plusieurs secteurs qui sont en aval dans la chaîne et dépend en amont de plusieurs fournisseurs chez qui il est en concurrence avec d'autres entreprises pour obtenir des composants. Il doit obtenir à la date prévue la totalité des références nécessaires (*bill of materials* ou *BOM*) de façon synchronisée, faute de quoi sa production risque d'être arrêtée.

L'ajustement permanent des capacités de production est un processus complexe, qui repose sur la connaissance fine de leur segment de marché par un grand nombre d'acteurs. Il s'accompagne ponctuellement de décisions de fusion-acquisition en vue d'atteindre une taille critique, de réaliser une intégration verticale ou au contraire d'externaliser des activités spécialisées, au gré des évolutions de la technologie. Des exemples sont donnés par le choix d'Apple en 2020 qui, après avoir pendant de nombreuses années acheté des puces conçues par Intel pour ses ordinateurs portables, a décidé avec sa puce « M1 » de réinternaliser le design des puces et de contractualiser en direct avec TSMC comme elle le faisait déjà pour ses smartphones. Ou encore AMD qui a externalisé son activité de fonderie en 2009, donnant naissance à GlobalFoundries.

L'ajustement de l'offre et de la demande dans une chaîne de valeur complexe n'a rien d'exceptionnel en soi, c'est la norme dans toutes les économies avancées. Ce qui caractérise les composants

¹⁰ La fonderie de semi-conducteurs est un processus industriel gros consommateur d'eau.

électroniques, c'est le contraste entre la taille des investissements et le temps nécessaire pour déployer les nouveaux moyens de productions, d'une part, et la rapidité d'évolution des technologies et de la demande, d'autre part. A cela s'ajoutent les tensions géopolitiques et commerciales qui introduisent un facteur d'incertitude supplémentaire dans ce secteur. Elles sont discutées au paragraphe suivant.

3.2 Les déséquilibres impactent fortement les entreprises

La mission a demandé aux entreprises quelles sont les conséquences à court terme en cas de hausse rapide et non anticipée de la demande. Elles sont de trois ordres :

- allongement des délais de livraison et priorisation des commandes en fonction des capacités de production disponibles ;
- amenuisement des stocks et hausse des commandes pour éviter leur épuisement ;
- hausse des prix.

Allongement des délais de livraison

De nombreux interlocuteurs ont fait part à la mission d'allongements importants des délais de livraison de composants électroniques et, par suite, de cartes électroniques.

Évolution des stocks : baisse des stocks, surcommandes, hausse paradoxale des stocks

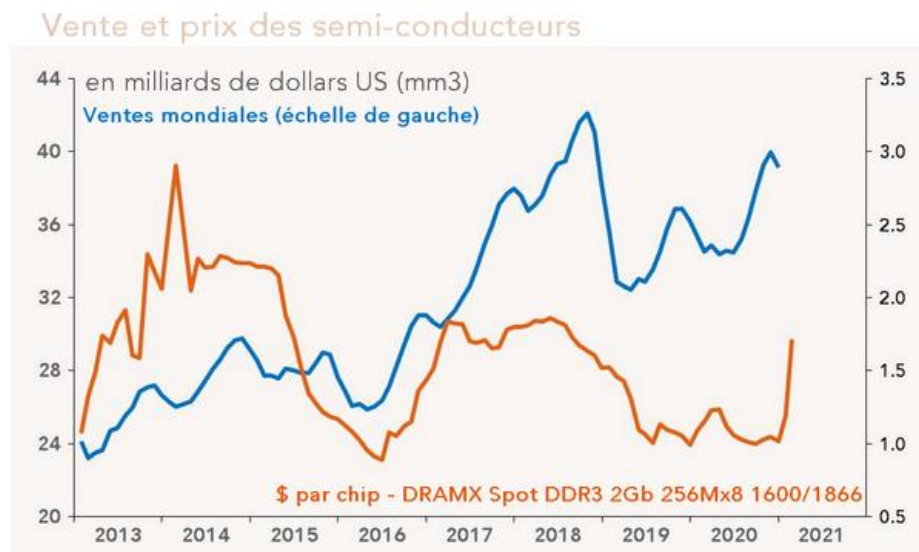
Les stocks ont donc permis de maintenir le rythme de production initialement mais se sont amenuisés, jusqu'à épuisement dans certains cas. Les chiffres fournis à la mission par les industriels sont très généraux et approximatifs mais permettent d'apprécier qualitativement l'importance de l'impact de l'augmentation des délais de livraison.

Paradoxalement, les tensions se sont parfois traduites par une augmentation des stocks de certains composants. Ceci est facile à comprendre sur un exemple fictif : lorsque 100 composants sont nécessaires à la fabrication d'une carte et que 99 composants ont été livrés mais que le 100^{ème} fait défaut, le stock des 99 premiers composants s'accumule mais le produit fini ne sort pas de l'usine. Ceci peut entraîner des problèmes logistiques et surtout financiers, en particulier pour les petites et moyennes entreprises.

En période de tensions, certains industriels multiplient les actions pour se réapprovisionner. Ceci peut se traduire par des commandes accrues auprès d'un fournisseur pour tenter d'éviter que le problème ne se reproduise, par des commandes multiples auprès de fournisseurs différents. Ces différents comportements ont à leur tour des conséquences : les fournisseurs sollicités peuvent en déduire une perception erronée du marché et de la demande, augmenter excessivement leur capacité de production, et aboutir à une surproduction ou une chute des prix quelques années plus tard qui va à son tour se traduire par une baisse des investissements, etc.

Hausse des prix

Début 2021, le prix moyen mondial des semi-conducteurs a augmenté d'environ 80 % sur une courte période.



Source : Rexecode

Par exemple, la FEFIS a constaté une hausse moyenne du prix des composants destinés au secteur de la santé de 5 à 20 % entre 2021 et 2022. Le SPDEI estime avoir limité la hausse des prix à 15 % mais au prix d'engagements plus forts de la part des clients à qui il a été demandé d'étendre le carnet de commande de 1 à 2 ans et plus. Dans les situations les plus tendues, certains industriels ont fait appel à des *brokers*, acteurs spécialisés qui achètent un stock en espérant le revendre plus tard à un prix plus élevé. Dans les cas les plus extrêmes début 2020, les prix de composants vendus aux enchères ont atteint 10 ou même 100 fois le prix habituel du composant concerné.

Baisse de la production en aval

L'actualité est parfois marquée par l'arrêt d'une chaîne de production, mais ce type d'événement ne représente que la partie émergée de l'iceberg. Ainsi, dans le secteur automobile, nombre de véhicules ont été supprimés du planning de production à cause de manque de semi-conducteurs, sans pour autant interrompre systématiquement la production.

3.3 Les tensions géopolitiques et commerciales se renforcent

L'approvisionnement en composants électroniques est soumis à diverses sources de tensions commerciales et protectionnistes qui se sont accrues ces dernières années.

Depuis 2019, le géant chinois Huawei est sous embargo américain et ne peut plus utiliser la suite logicielle Google (Android) dans ses smartphones, ce qui constitue un handicap majeur pour fournir le marché occidental. La Commission Fédérale des Communications (FCC) américaine a interdit la vente aux États-Unis de ses équipements de réseau 5G, aux côtés de ceux de plusieurs autres entreprises chinoises.

Justifiées par des raisons de sécurité nationale, ces mesures viennent renforcer la position des fabricants nationaux en rendant difficile l'importation de certains produits. Elles viennent s'ajouter aux aides accordées aux entreprises implantées sur le sol américain dans le cadre de l'IRA (cf. chapitre 5.5).

Enfin, depuis 2020, les sous-traitants de Huawei doivent demander une autorisation pour utiliser des composants américains¹¹. Cette mesure participe d'un ensemble de restrictions à l'exportation de technologies sensibles, ainsi que des accords officieux avec le Japon et les Pays-Bas visant à interdire la vente par ces pays de technologies critiques à la Chine (cf. annexe 6).

S'y ajoutent les dispositions du Defense Priorities and Allocations System Program (DPAS) qui imposent de servir prioritairement les industries de défense américaines (cf. chapitre 7.2).

De façon plus générale, la réglementation américaine de contrôle des exportations donne aux États-Unis un grand pouvoir pour tous les produits fabriqués à l'étranger qui incorporent des marchandises contrôlées d'origine américaine, les produits fabriqués à l'étranger qui sont groupés avec un logiciel contrôlé d'origine américaine, ou encore les logiciels fabriqués à l'étranger qui incorporent des logiciels contrôlés d'origine américaine. La législation relative aux contrôles d'exportation (Export Administration Regulations - EAR) lui donne ainsi un pouvoir de contrôle sur une large part du commerce mondial, surtout lorsqu'elle est combinée à l'ITAR (International Traffic in Arms Regulations) qui contrôle la fabrication, la vente et la distribution d'objets et de services liés à la défense et à l'espace, tels que définis dans l'USML (United States Munitions List).

Les questions de contrôle des exportations ne se limitent pas à ce seul cas des États-Unis. Des restrictions peuvent également se rencontrer dans le cas de pays considérés comme de proches alliés. Par exemple, dans le cadre d'un conflit sur les dommages de guerre entre la Corée et le Japon, le Japon a imposé en 2019 des restrictions à l'exportation vers la Corée du Sud pour 1000 produits, parmi lesquels plusieurs produits chimiques essentiels à la fabrication de semi-conducteurs (fluorure d'hydrogène, polyimides fluorés, matériaux photorésistants, etc.), impactant ainsi l'ensemble des chaînes aval.

Ces tensions croissantes perturbent les chaînes de valeur mondiales et incitent les entreprises concernées à revoir leurs accords de sous-traitance. Le fondateur de Huawei a déclaré que l'entreprise avait dû remplacer 13 000 composants électroniques d'origine américaine dans ses produits. La FCC estime que remplacer les équipements Huawei existants dans les réseaux télécoms américains coûterait 1,8 Md\$.

Par ailleurs, les tensions géopolitiques croissantes dans le détroit de Taïwan incitent également les acteurs concernés à envisager des scénarios de crise d'approvisionnement. Les nouveaux sites de fonderie leading edge en cours de construction aux États-Unis et en Europe n'entreront pas en service avant 2025 pour les premiers. Dans l'intervalle, une rupture des chaînes logistiques dans la région aurait des conséquences majeures.

¹¹ https://www.lemonde.fr/international/article/2022/11/26/huawei-zte-les-etats-unis-interdisent-officiellement-les-equipements-telecoms-chinois_6151751_3210.html

3.4 L'approvisionnement des constructeurs automobiles a connu des difficultés particulières

Les relations entre entreprises de l'électronique et constructeurs automobiles sont complexes, et leurs équipementiers et fournisseurs ont décrit à la mission un historique marqué par d'importantes difficultés qui sont encore dans leurs mémoires. En effet, les fabricants de composants ont indiqué avoir eu le sentiment d'être traités par les constructeurs comme tous les autres fournisseurs, avec une pression forte sur les prix, les délais, etc. Lorsque, lors de la crise du Covid, les constructeurs automobiles ont constaté, en raison des confinements, une baisse drastique de la demande de voitures, ils auraient annulé leurs commandes. Lorsque le marché automobile est reparti, les constructeurs ont voulu relancer leur approvisionnement en composants, mais entretemps, les fondeurs avaient réalloué leurs capacités de production vers d'autres marchés où au contraire la demande explosait en raison du confinement et du télétravail (smartphones, ordinateurs portables, etc.). En complément des autres phénomènes décrits au paragraphe 3.1, cette analyse des problèmes d'approvisionnement de la filière automobile est à considérer. Elle est également reprise par Chris Miller, dans des termes très vifs, dans son ouvrage « Chip war », cité en annexe 8.

À noter que les constructeurs automobiles ou leurs équipementiers ont des stratégies qui peuvent différer : par exemple, Bosch dispose de ses propres capacités de fabrications de composants électroniques (usine de Dresde, produisant des plaquettes de 300 mm inaugurée en 2021 et complétant un réseau de 4 autres usines dont celle de Mondeville). Comme détaillé en annexe 5, Bosch souhaite également investir 3 Md€ dans le secteur des puces jusque 2026. Même si certains interlocuteurs ont indiqué à la mission que ceci ne changeait pas grand-chose à la situation de Bosch, on ne peut que penser que ce genre de stratégie et d'investissement va dans le bon sens.

C'est pour la même raison que Stellantis a annoncé en juin¹² un partenariat avec la société taïwanaise Foxconn, dans le but de produire dès 2026 des semi-conducteurs pour l'industrie automobile, et dont le siège social sera installé aux Pays-Bas. La mission a interrogé Stellantis sur ce projet mais n'a pas obtenu de réponse. Cette annonce s'inscrit dans le cadre plus global d'une « stratégie pluridimensionnelle de grande ampleur et de longue durée qui associe des accords avec des fabricants de semiconducteurs, l'achat direct de pièces et une visibilité complète des besoins à venir en matière de puces électroniques ». Cette stratégie a été rendue publique en juillet 2023¹³ et comprend plusieurs volets :

- la mise en place d'une base de données des semiconducteurs afin d'assurer une transparence totale sur la disponibilité des puces ;
- une évaluation systématique des risques afin d'éviter et d'éliminer de manière proactive les composants obsolètes ;

¹² <https://www.stellantis.com/fr/actualite/communiqués-de-presse/2023/juin/siliconauto-concoit-et-commercialise-des-semi-conducteurs-innovants-pour-l-industrie-automobile>

¹³ <https://www.stellantis.com/fr/actualite/communiqués-de-presse/2023/july/stellantis-met-en-place-une-strategie-pluridimensionnelle-pour-securiser-l-approvisionnement-en-semi-conducteurs-et-stimuler-l-innovation>

- une prévision de la demande à long terme en puces électroniques pour soutenir les accords visant à garantir l'approvisionnement avec les fabricants de puces électroniques et les fonderies de silicium ;
- la création et la mise en œuvre d'une liste verte afin de réduire la diversité des semiconducteurs et, en cas de pénurie de puces électroniques, donner à Stellantis le contrôle de l'allocation ;
- l'achat direct des pièces essentielles auprès des fabricants de puces électroniques, incluant la sécurisation à long terme de l'approvisionnement en semiconducteurs.

Stellantis n'a pas jugé utile de donner à la mission des informations supplémentaires sur cette stratégie.

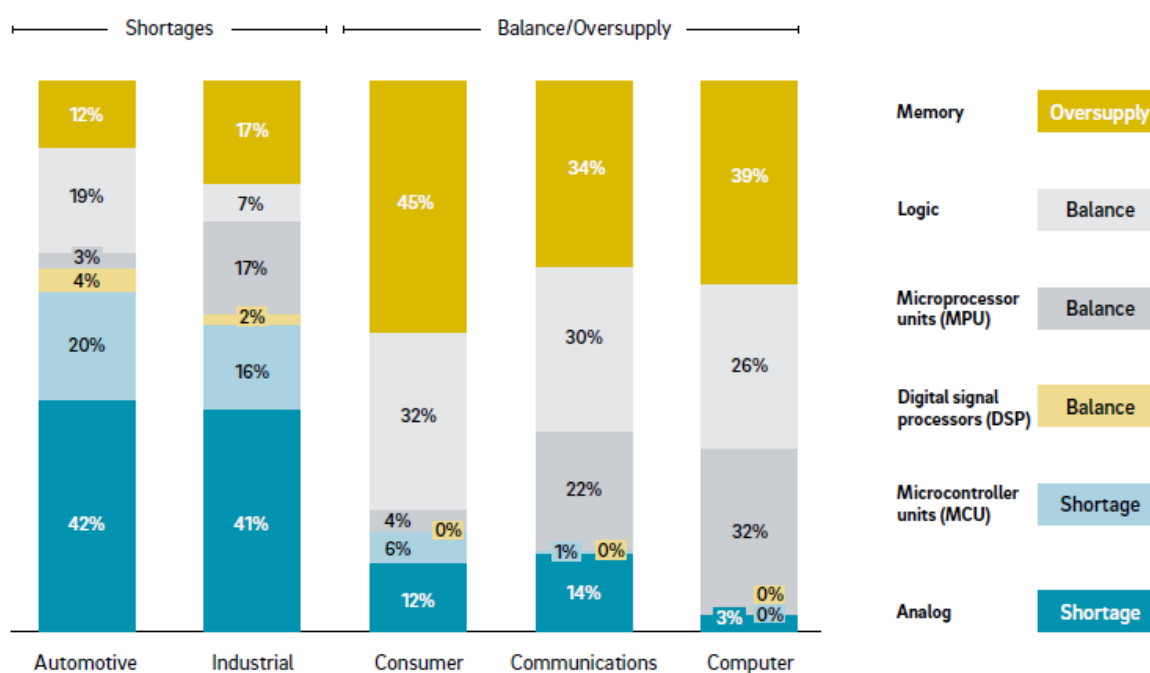
La mission a également essayé de connaître la stratégie de Tesla en matière de composants électroniques. Elle a pu poser des questions à l'entreprise par l'intermédiaire de l'Ambassade de France aux États-Unis, mais n'a pas eu de réponse. Dans ce contexte, la meilleure description disponible de la stratégie de Tesla pour les composants est celle de Chris Miller dans l'ouvrage précité « Chip war » (traduction DeepL) :

« Il n'y a pas de meilleure étude de cas montrant comment la connectivité et la puissance informatique vont transformer de vieux produits en machines numérisées que Tesla, l'entreprise automobile d'Elon Musk. Le culte de Tesla et l'envolée de son cours en bourse ont attiré beaucoup d'attention, mais ce que l'on remarque moins, c'est que Tesla est aussi un concepteur de puces de premier plan. L'entreprise a engagé des concepteurs de semi-conducteurs vedettes comme Jim Keller pour construire une puce spécialisée pour ses besoins en matière de conduite automatisée, qui est fabriquée à l'aide d'une technologie de pointe. Dès 2014, certains analystes notaient que les voitures Tesla "ressemblent à un smartphone". L'entreprise a souvent été comparée à Apple, qui conçoit également ses propres semi-conducteurs. À l'instar des produits Apple, l'expérience utilisateur finement réglée de Tesla et son intégration apparemment sans effort de l'informatique de pointe dans un produit du XXe siècle - une voiture - ne sont possibles que grâce à des puces conçues sur mesure. »

Le fait que l'industrie automobile ait été particulièrement affectée par les problèmes d'approvisionnement en composants se mesure également dans le schéma suivant, qui montre que les segments du marché pour lesquels la tension est la plus grande correspondent surtout à ses besoins :

AUTOMOTIVE AND INDUSTRIAL ARE PARTICULARLY AFFECTED BY SEMICONDUCTOR SHORTAGE, DUE TO HIGH USE OF ANALOG AND MCU CHIPS IN CRITICAL APPLICATIONS

Total IC sales by type and end-industry [in % of total spend, 2020]¹



¹Analysis not including passive components (discrete, optoelectronics, sensors)

Source: IC Insights (The Mclean report), Roland Berger

Source : étude Roland Berger - Not over yet :

Why chip shortages are still slowing automotive and industrial companies¹⁴

4 LES INDUSTRIELS NE SONT PAS RESTES INACTIFS

La mission a constaté que la résilience des sociétés interviewées était variable, en raison des spécificités de leur secteur mais aussi en raison de l'hétérogénéité des pratiques d'achats, de contractualisation, de veille de marché et de gestion des stocks. De plus, certaines entreprises ont pris des mesures spécifiques à partir de 2020, qui peuvent constituer un catalogue de « bonnes pratiques », ou parfois de « mauvaises pratiques ». Le terme de « bonnes pratiques » est à mettre entre guillemets, car les mesures qui suivent ont en général un coût supplémentaire et leur mise en œuvre doit faire l'objet d'une évaluation coûts / bénéfices et d'un arbitrage au cas par cas. Elles n'ont pas vocation à être appliquées systématiquement dans toutes les entreprises, ni à être rendues obligatoires, sauf peut-être dans certains cas en rapport avec des activités régaliennes ou indispensables au fonctionnement de l'économie.

¹⁴ <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Semiconductor-Shortage-3-2022.html>

4.1 Les stocks ont généralement été augmentés (en volume)

La culture du juste-à-temps est répandue dans certains secteurs comme l'automobile où les constructeurs rencontrés par la mission ont confirmé que la pression concurrentielle les incite à minimiser le coût des stocks et de la logistique.

Dans certains secteurs d'activités spécifiques, les stocks sont structurellement très longs. C'est le cas, par exemple, dans le nucléaire : le contrôle-commande d'une centrale, dont la durée de vie est très longue, passe par un processus de validation poussé auprès de l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire) et il ne peut pas être repensé et reconstruit parce qu'un composant ancien fait défaut. Par conséquent, pour assurer le maintien en condition opérationnelle du réacteur, il faut stocker certaines pièces plusieurs décennies à l'avance.

À un moindre degré, les industriels de l'aéronautique et du ferroviaire ont confirmé avoir souvent des stocks importants, parce que le cycle de vie de leurs produits est long¹⁵.

La principale difficulté pour augmenter les stocks, en particulier pour une entreprise de taille petite ou moyenne, tient au coût et à la difficulté d'obtenir un financement bancaire, ce qui suppose d'avoir recours à des fonds propres.

4.2 La gestion des stocks reste complexe

Les distributeurs jouent naturellement un rôle de mutualisation des stocks au moins pour certains produits. Ils représentent généralement de l'ordre de 25 ou 30 % du marché selon le type de composant. Leurs clients estiment parfois qu'ils n'ont pas suffisamment rempli ce rôle pendant la crise, voire se demandent si les stocks n'ont pas été utilisés de façon stratégique pour user de leur pouvoir d'influencer les prix.

Pour les commandes passées en direct, certains fabricants proposent désormais à leurs clients un service de stockage tout en garantissant la confidentialité des informations commerciales vis-à-vis des concurrents.

Pour ce qui concerne la gestion des stocks à l'intérieur d'une entreprise, certaines gèrent leurs stocks sur un site centralisé au niveau national, à l'exception des pièces qui doivent pouvoir être disponibles sur site rapidement en cas d'urgence et qui sont stockées dans chaque usine. A l'inverse, un équipementier automobile a expérimenté la mutualisation interne des stocks, dans les cas où les commandes et les stocks étaient précédemment gérés par chaque site de production. Quoique séduisant en principe, ce schéma pose de nombreuses difficultés en pratique : il peut inciter les sites à surestimer leurs besoins, ou au contraire à délaisser la prévision (« celui qui gère mal est récompensé »), pose des problèmes de refacturation et d'autres frottements internes. En tout état de cause, à l'intérieur de chaque entreprise, la problématique de gestion des stocks physiques entre différents sites et zones géographiques relève d'une politique interne.

¹⁵ Safran dit même avoir augmenté ses stocks après la crise.

Dans tous les secteurs d'activité, la mutualisation de stocks entre concurrents est considérée comme difficile, pour ne pas dire impossible, par les interlocuteurs que la mission a rencontrés. Pour le faire entre deux entreprises en concurrence directe, il faudrait en effet éliminer tout risque de fuite d'informations commerciales confidentielles (volumes, prix) et éviter les violations du droit européen de la concurrence (ententes). Même si le recours à un tiers de confiance pourrait en théorie résoudre cette difficulté, aucune entreprise n'a indiqué à la mission que le fait de partager un stock avec une autre réduit son risque d'approvisionnement en composants. Au contraire, il peut craindre que lorsqu'il voudra puiser dans le stock, celui-ci aura déjà été réduit pour satisfaire les besoins d'une autre entreprise.

L'ensemble des interlocuteurs rencontrés estiment que la constitution de stocks stratégiques publics est impossible pour les composants électroniques, en raison du très grand nombre de références existantes, contrairement à ce qui peut être fait pour des hydrocarbures, par exemple.

4.3 Le double référencement est recherché quand c'est possible

Le référencement double ou multiple (*double sourcing*) est déjà une pratique courante dans certaines entreprises. Une entreprise rencontrée, intègre cette contrainte dès la conception des projets dans les équipes de développement. Mais même si des pièces sont achetées auprès de deux sources prétendument différentes, elles peuvent provenir en bout de chaîne du même fabricant de rang 3 ou 4.

En ce qui concerne les composants électroniques, les commodités se prêtent très bien au double référencement, mais ce n'est pas le cas des microprocesseurs et microcontrôleurs : il faudrait développer deux versions différentes du logiciel, une pour chaque processeur.

Un équipementier fait valoir que le référencement multiple est possible dans l'automobile, en raison du nombre relativement élevé de composants achetés pour certaines références (*low mix, high volume*). C'est une pratique très répandue chez cet équipementier, d'autant que les tentations protectionnistes que l'on observe depuis quelques années amènent parfois les constructeurs américains et chinois à imposer des contraintes géographiques sur l'origine des composants. Il s'est donc adapté à cette contrainte supplémentaire.

Pour un autre, le double sourcing est utile, mais néanmoins très coûteux pour les semi-conducteurs. Pour partager la production entre deux sites du même fondeur, l'investissement est de l'ordre de 500 000 euros, et s'il faut travailler avec un second fondeur, 50 % de l'investissement initial doit être refait. Pour les entreprises qui ne correspondent pas au profil *low mix, high volume*, le coût du double référencement est prohibitif.

4.4 Les contrats longs se développent

En l'absence de contrat long, un constructeur automobile donne par exemple des prévisions de volume à titre indicatif aux équipementiers qui sont ses sous-traitants de rang 1, mais sans toujours d'engagement de volume ou de durée. Le constructeur s'attend à trouver les pièces disponibles « sur étagère » lorsque le besoin se présente. C'est ainsi que sont achetées des pièces comme les pneumatiques ou les matières premières et ce type de processus imprègne fortement la culture des achats dans la filière automobile.

Par contraste, l'idée de contrats longs consiste à donner plus de visibilité dans le temps à ses sous-traitants, à s'engager sur les volumes, et à collaborer plus étroitement avec eux de manière générale. C'est un processus d'achat très différent qui commence à se diffuser. Ainsi, les constructeurs automobiles avaient parfois déjà mis en place des contrats longs avec leurs équipementiers avant la crise, pour des durées de 2 à 3 ans.

Les contrats longs permettent au fabricant d'investir et de réserver de la capacité de production, ce qui lui permet de donner une meilleure sécurité d'approvisionnement au client en contrepartie d'un engagement financier plus important. Ils permettent de mieux diffuser les informations sur la demande tout au long de la chaîne de valeur. Pour un fabricant qui tente d'anticiper la demande sur son marché, les prévisions de volume indicatives sont une information moins crédible qu'un engagement ferme d'achat.

Les contrats longs présentent pour l'acheteur un risque financier. En simplifiant, si l'on considère que les trois principaux critères d'un acheteur sont la qualité, la baisse des coûts et la sécurité d'approvisionnement, l'amélioration de cette dernière peut se faire par arbitrage entre ces facteurs.

Cependant, la sécurité qu'ils confèrent n'est pas absolue. Dans les cas de force majeure, les contrats longs peuvent être dénoncés aussi bien par les fournisseurs qui annoncent des ruptures et des hausses de prix et arbitrent entre leurs clients en fonction notamment de leur importance, que les clients qui annulent les commandes prévues parce que leurs propres ventes sont en berne. Le risque dans ce dernier cas est que le fournisseur refuse les commandes suivantes. Les contrats longs ne sont pas des garanties à toute épreuve.

La mission retient des différents entretiens qu'elle a eus que le recours aux contrats longs augmente, aussi bien pour des besoins de sécurité d'approvisionnement que de collaboration plus étroite dans la conception des produits, et que cette tendance s'est encore accentuée depuis la crise.

4.5 La cartographie des composants est une démarche réservée aux grands groupes

Certains grands groupes, qui en ont les moyens, intègrent la connaissance des composants et des fournisseurs de rang 2 et parfois plus au stade de la conception des produits, mais cela reste une démarche lourde et incomplète. Il reste de nombreux cas où le client final n'a aucune idée de la provenance des composants dans les pièces qu'il achète.

Certaines entreprises travaillent sur le sujet, mais l'abordent plutôt sous l'angle des composants « critiques » et renoncent à établir une cartographie complète de tous les composants. Il s'agit de composants dont la chaîne d'approvisionnement est fragile, dont la fabrication requiert des matières premières rares, qui sont difficilement substituables dans un délai court et dont un retard de livraison entraînerait des répercussions lourdes sur la production et les ventes.

Les distributeurs, de par leur rôle d'intermédiaire entre les fabricants et les acheteurs de composants électroniques, s'efforcent également de connaître et d'anticiper les tensions sur ceux des composants qui passent par leurs circuits de revente.

Les intervenants rencontrés estiment que les pouvoirs publics n'auraient pas les moyens d'établir une cartographie générale, et raison de l'immensité du catalogue de références, de la variété des applications concernées et des contraintes spécifiques à chaque secteur.

4.6 Les industriels cherchent à anticiper la fin de vie des composants

L'obsolescence d'un composant est l'un des rares cas où la pénurie peut parfois être anticipée et même prévue, mais pas systématiquement. Les secteurs les plus concernés sont ceux où le cycle de vie des produits est plus long, comme par exemple le nucléaire, le ferroviaire, l'aéronautique ou le militaire.

Lorsque la durée de vie initiale des projets est telle qu'elle sera certainement supérieure à celle des composants utilisés, la solution consiste à stocker dès le départ des pièces en nombre suffisant, comme on l'a vu au 4.2.

Il arrive cependant qu'un fournisseur prévienne son client qu'il va prochainement arrêter la production d'un composant « ancien », alors que cela n'avait pas été anticipé. Une pratique souvent utilisée consiste alors à passer un « last buy order » (dernière commande d'achat) afin de constituer un stock suffisant pour répondre aux besoins à venir.

Pour gérer au mieux ces situations, l'acheteur doit être en mesure d'anticiper la fin de vie des composants, ce qui passe par une activité de veille.

4.7 Les grands groupes ont également mis en place une veille de marché

Certains cabinets de conseil, des plus généralistes aux plus spécialisés, produisent régulièrement des études sur la situation du marché des composants, avec une maille d'analyse plus ou moins fine par type ou famille de composant. On peut citer, sans être exhaustif, le Gartner, le BCG, McKinsey, IBS et Yole, dont les travaux sont parfois centrés plutôt sur les aspects économiques – évolutions des prix et des volumes, prospective – ou plutôt sur la veille technologique et l'innovation.

Les industriels, plutôt de grande taille, sont clients de ces études. Certains ont également mis en place, en plus de la cartographie des composants critiques évoquée plus haut, des équipes internes de veille de marché (*market intelligence*).

Au niveau de la filière, le secteur électronique s'est déjà mobilisé sous l'impulsion du gouvernement avec la création par le CSF Electronique d'une task-force incluant des filières aval, qui associe fabricants, distributeurs et industriels utilisateurs. A noter que le CSF Industries de Sécurité n'y participe pas. Cette task-force se réunit en principe quatre fois par an et permet aux représentants des différents secteurs concernés d'échanger des informations sur les difficultés d'approvisionnement qu'ils rencontrent. Comme dit plus haut, la PFA se distingue par la profondeur et la qualité des chiffres qu'elle réunit pour le secteur automobile (cf. chapitre 2.2).

Il serait sans doute possible d'aller plus loin avec la création, à l'initiative des pouvoirs publics, d'un Observatoire tel que mentionné au paragraphe 6.11.

5 DE NOMBREUSES INITIATIVES PUBLIQUES POUR AMELIORER LA RESILIENCE DES CHAINES D'APPROVISIONNEMENT

Les pénuries de composants électroniques et les ruptures d'approvisionnement rencontrées par plusieurs secteurs industriels depuis la fin de l'année 2020 jusqu'à aujourd'hui, et décrites dans les deux chapitres précédents, ont mis en exergue le fort enjeu de souveraineté porté par le secteur de la microélectronique. C'est ainsi que les décideurs publics, en particulier de l'Union Européenne et de la France, mais aussi des États-Unis, ont décidé de réinvestir ce secteur où leurs parts de marché ont fortement chuté ces 30 dernières années.

En résumé de ce qui a été exposé au chapitre 1 de ce rapport, on estime aujourd'hui que l'Europe représente seulement 8 à 9% de la production mondiale des composants électroniques. La part des États-Unis n'est pas beaucoup plus importante, elle est estimée entre 10 et 12%. La majorité des puces électroniques est aujourd'hui fabriquée en Asie par des acteurs très importants comme Samsung et SK Hynix en Corée du Sud, ou TSMC à Taïwan, et d'autres, qui concentrent 80% de la production mondiale, et jusqu'à 100% sur les dernières générations technologiques (nœuds inférieurs à 7nm). L'Europe dépend ainsi de l'Asie pour la fabrication des puces et des États-Unis pour leur conception.

C'est pourquoi l'initiative a été prise d'un règlement européen sur les puces (ou European Chips Act, ou ECA), visant à retrouver davantage de souveraineté sur ces composants en portant la part de marché mondiale de l'Europe de 8 à 20% d'ici 2030. Dans une démarche cohérente, en France, le Président de la République a annoncé fin 2021, dans le cadre du plan France 2030, 6 Md€ d'investissements pour soutenir des projets permettant de doubler la production nationale d'électronique.

5.1 Le règlement européen sur les puces ou « European Chips Act » marque une ambition importante de l'Union européenne

Le Parlement européen et les États membres ont trouvé un accord le 18 avril 2023 sur ce projet de règlement censé aider le continent à rattraper son retard dans le domaine des semi-conducteurs. Le Parlement a approuvé le règlement le 11 juillet, puis le Conseil de l'UE l'a approuvé, à l'unanimité, le 25 juillet.

Cette dernière étape va permettre au texte d'entrer en vigueur, 3 jours après sa publication au Journal officiel de l'UE. Cette initiative s'inscrit dans une démarche plus globale de sécurisation de l'industrie européenne, avec les projets de règlements SMEI (Single Market Emergency Instrument) et CRM Act (sécurisation des approvisionnements en matériaux critiques) : le SMEI vise ainsi à tirer les enseignements de la crise de la COVID-19 et à réagir aux situations d'urgence en mettant en place une architecture de gestion de crise pour le marché unique (mécanisme de veille pour le marché unique, définition et détermination de différents niveaux de risque, coordination d'une réponse graduée selon plusieurs phases : prévention des urgences, situation d'alerte et situation d'urgence) ; pour sa part le CRM Act vise à sécuriser d'ici 2030 l'accès de l'Union européenne aux matériaux critiques à la transition écologique par un ensemble de mesures relatives à l'extraction, la sécurisation des chaînes d'approvisionnement, la gestion de crise, etc.

Avec le deuxième projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) en microélectronique, en cours de validation, la Commission européenne estime entre 90 et 100 Md€ les plans d'investissement industriels dans les semi-conducteurs en Europe. L'adoption du Chips Act doit permettre une réalisation plus rapide de ces projets et un attrait renforcé du continent pour les investisseurs en microélectronique.

Le projet de Chips Act est organisé autour de trois piliers, décrits ci-dessous, qui portent respectivement sur l'innovation, la sécurité d'approvisionnement via le soutien à l'investissement productif en Europe, et un mécanisme d'anticipation des crises et de réponse coordonnée.

Une enveloppe de 3,3 Md€ est prévue par la Commission pour financer la recherche et développement, en partie via le programme Horizon Europe et dans les limites du budget pluriannuel de l'Union Européenne en cours d'exécution. Ce montant devrait être doublé par les contributions des États membres concernés. Pour de nouvelles usines de semi-conducteurs les États membres pourraient apporter des financements d'un montant global estimé à 30 Md€ d'aides d'État au travers de PIIEC.

5.1.1 Pilier 1 : soutenir l'innovation pour renforcer le leadership technologique de l'Europe

Afin de pouvoir doubler la production de puces en Europe, un effort conséquent est nécessaire en recherche et développement pour que les semi-conducteurs produits soient compétitifs en termes de coût, mais aussi de performances et de consommation énergétique. Il est également essentiel de créer des passerelles plus fluides entre la R&D et la production industrielle de puces. Le Chips Act a donc comme ambition de créer trois lignes pilotes, étapes nécessaires à la transition vers l'industrialisation des technologies innovantes :

- Une première ligne pilote portée par le CEA-Leti sur les développements de la technologie du FD-SOI. Cette technologie permet de faire des transistors moins consommateurs d'énergie (30% de gain d'énergie), indispensables aux circuits électroniques intégrés et constituant la plus petite unité de calcul au cœur de tout processeur. Cette technologie est particulièrement intéressante pour tous les marchés dits de l'embarqué (objets connectés, automobiles autonomes, électronique nomade et puces GPS, enceintes connectées mais aussi certains smartphones). Ces composants sont aujourd'hui produits en 28 nm et 42 nm. L'objectif est d'aller vers de nouvelles générations avec des nœuds de 10 nm qui répondront aux besoins du marché basse consommation d'ici 5 à 7 ans.

- Une deuxième ligne pilote portée par l'IMEC, institut de recherche flamand (Louvain, Belgique), sera dédiée aux puces de génération très avancée FinFET (nœud égal ou inférieur à 2 nm) qui font appel aux techniques les plus avancées de la lithographie (extrême UV), avec des équipements qui sont ensuite produits par le leader mondial ASML (Pays-Bas).
- La troisième ligne pilote sera gérée par l'Institut Fraunhofer en Allemagne, et concerne le packaging et l'assemblage qui sont des enjeux importants pour les prochaines années.

Une autre initiative importante en matière d'innovation est le projet de mise en place d'une plateforme de conception virtuelle ouverte, qui cherche à combler le déficit européen en matière de design.

5.1.2 Pilier 2 : doter l'Union Européenne de capacités de production de semi-conducteurs pour les technologies matures et de pointe (leading edge)

L'objectif n'est pas une autosuffisance du continent en composants électroniques mais de sécuriser une partie de la production en semi-conducteurs et de peser dans les grands équilibres internationaux. Pour y arriver il peut être nécessaire d'attirer en Europe des partenaires comme Intel (États-Unis) qui va construire une usine en Allemagne à Magdebourg.

Le Chips Act prévoit par conséquent un soutien à l'investissement productif en Europe, en définissant un cadre pour des installations « pionnières » ou « first of a kind » comme des installations de production intégrées (IPF integrated production facilities), c'est-à-dire des unités de production fabriquant et vendant des produits finis, ou des fonderies ouvertes (OEF open EU foundries) , c'est-à-dire des unités proposant des services de fabrication à leurs clients, qui contribueront à un écosystème de production résilient dans l'intérêt de l'Union. Des aides d'État pourront leur être accordées, et ces installations pourront bénéficier de procédures d'autorisation accélérées.

À ce jour seuls quelques projets sont connus. Outre le projet d'Intel à Magdebourg, un deuxième projet allemand est porté par l'entreprise Infineon à Dresde. Le projet Liberty à Crolles à côté de Grenoble, porté par les sociétés STMicroelectronics (franco-italienne) et GlobalFoundries (américaine) rentrera dans ce cadre quand le règlement aura été finalisé et validé. Toutefois le critère de « first of a kind », ou d'absence de projet ou d'unité similaire en Europe, limite beaucoup le nombre de projets pouvant bénéficier du soutien mis en place par le Chips Act européen, alors que seule une multiplication des projets d'usines de production pourrait permettre d'atteindre l'objectif fixé de 20% du marché mondial des semi-conducteurs en 2030 produits en Europe.

5.1.3 Pilier 3 : anticiper les crises et y répondre de manière coordonnée entre États membres et Commission

La Commission lancera des requêtes d'informations volontaires par questionnaires directement auprès des acteurs industriels dont la liste lui aura été fournie par chaque État membre. Elle utilisera ces données pour élaborer des indicateurs d'alerte avancés.

Le déclenchement formel du constat d'un état de crise par le conseil se fera par alerte d'un État membre ou directement par la Commission en cas de risque d'une rupture grave d'une chaîne d'approvisionnement.

L'activation de l'état de crise rend possibles des mesures d'urgence qui ont un caractère obligatoire et sont accompagnées d'amendes :

- Les acteurs de la filière d'approvisionnement en semi-conducteurs devront fournir des informations à la Commission concernant leurs capacités de production et les pénuries éventuelles rencontrées.
- La Commission peut établir des commandes prioritaires pour certains produits, qui s'imposeront aux IPF et OEF avant toute autre obligation publique ou contractuelle ; ces commandes prioritaires pourront s'étendre aux installations ayant bénéficié d'aides publiques et l'ayant accepté par avance. Elles répondront aux besoins des secteurs dits critiques pour l'Union.
- La Commission peut agir en tant que centrale d'achats groupés pour les États membres volontaires. L'utilisation ou la revente des produits achetés dans ce cadre sera de la responsabilité de chaque État membre participant.

Le projet de règlement daté du 5 mai 2023 donne dans son annexe la une liste assez large des secteurs critiques (énergie, transport, banque, infrastructure du marché financier, santé, eau potable, eaux usées, infrastructure numérique, administration publique et espace). Cette liste est toutefois restreinte par le considérant 46 du projet de règlement.¹⁶

En conclusion de cette partie, beaucoup de nos interlocuteurs nous ont fait part de leur satisfaction concernant les orientations générales de ce texte, mais ont aussi pointé des zones de flou ou d'incertitudes dans la manière dont ce règlement sera appliqué, particulièrement pour ce qui concerne l'utilisation opérationnelle des outils de gestion des crises d'approvisionnement ou bien la quantité et la nature des informations qu'ils devront transmettre à la Commission. Ces interrogations sont d'ailleurs assez partagées au niveau européen par l'industrie des semi-conducteurs, comme l'illustre par exemple la position écrite prise par l'ESIA (European Semiconductor Industry Association) « guidance on pillar 3 » en octobre 2022.

Il est important pour la future bonne prise en compte des intérêts français, que la représentation de la France au sein du European Semiconductor Board soit bien organisée en particulier sur la cartographie des acteurs français et sur les principales chaînes d'approvisionnement du pays. Le Semiconductor Board devra en effet donner son avis à la commission sur des sujets importants et variés, comme les critères d'activation de l'état de crise, ou bien la prise en compte de la confidentialité des données transmises par les entreprises privées à la Commission.

5.2 Le soutien à la filière électronique en France est important

Comme les autres secteurs industriels, le secteur de l'électronique a bénéficié des aides mises en place par l'État pendant la crise du Covid (prêts garantis par l'État, mesures de chômage partiel pour l'essentiel), de fin 2020 à 2022, voire début 2023. Ces mesures ont permis la survie de nombreuses entreprises de taille modeste ou plus importante et de conserver un écosystème productif national stratégiquement important.

¹⁶ En application du considérant numéro 46, la liste donnée en annexe la est limitée à celle figurant en annexe de la directive (EU) 2022/2557 relative à la résilience des secteurs critiques, à laquelle sont rajoutés les secteurs de la défense et de la sûreté.

Plus spécifiquement, plus de 5 Md€ ont été alloués dans le cadre de France 2030 pour répondre aux besoins de l'industrie française dans le cadre des transitions numériques et énergétiques, c'est-à-dire des technologies électroniques basse consommation (FD-SOI), de puissance (GaN nitrure de gallium, SiC carbure de silicium...), et des capteurs civils et militaires. Ces projets ont été autorisés par la Commission européenne dans le cadre du PIIEC portant sur la microélectronique et la connectivité, adopté jeudi 8 juin 2023. Ils sont portés par 12 entreprises¹⁷.

Signalons enfin que le projet de loi de programmation militaire pour les années 2024 à 2030 en cours d'examen au Parlement au moment de la rédaction de ce rapport, prévoit diverses dispositions qui pourront concerner des matériaux ou des composants électroniques nécessaires au secteur de la défense. Ainsi, pour répondre aux urgences, le régime des réquisitions du code de la défense devrait être rénové. Certaines entreprises pourraient se voir imposer de constituer des stocks stratégiques de matières (telles que le titane) ou de composants d'intérêt stratégique pour les armées. L'État pourrait également ordonner l'exécution prioritaire des commandes passées à une entreprise dans le cadre d'un marché de défense et de sécurité.

5.3 Le leader européen, l'Allemagne, fait face aux mêmes difficultés

Les données qui suivent sont issues de l'étude fournie par la DG Trésor (SER de Berlin), qui figure en annexe 5.

L'Allemagne porte une attention particulière aux enjeux des semi-conducteurs notamment à cause de l'importance de son industrie automobile, moteur de sa croissance. D'après la fédération de l'industrie automobile VDA (Verband der automobilindustrie), la pénurie en semi-conducteurs liée à la pandémie de Covid a entraîné une baisse de 6% de la production de l'industrie automobile allemande dans le monde en 2022.

Par ailleurs, l'Allemagne est le leader européen dans la fabrication de semi-conducteurs, les plus gros producteurs étant Bosch, Globalfoundries et Infineon. Le secteur de la micro-électronique est organisé en trois clusters : la Bavière au sud, la Saxe à l'est du pays, et le Bade-Würtemberg au sud-ouest de l'Allemagne. Pour renforcer ces clusters, une série d'investissements d'importance ont été annoncés ou sont en cours de discussion. L'Allemagne entend mettre à profit le Chips Act européen et bénéficier du PIIEC (projet important d'intérêt commun européen) sur la micro-électronique pour attirer les investissements étrangers et les mégafabs de semi-conducteurs. Ainsi :

- Fin janvier 2023, Wolfspeed a annoncé investir 2,5 Md€ pour construire une usine de semi-conducteurs dans la Sarre, en partenariat avec l'équipementier allemand ZF, plus gros employeur de la région (sous réserve de la confirmation des subventions européennes, nationales et régionales afférentes).
- En février 2023, le ministère de l'Economie et du Climat (BMWK) a autorisé une procédure de démarrage accéléré pour la construction de l'usine Infineon. L'entreprise va investir 5 Md€ dans une usine à Dresde, subventionnée par le gouvernement fédéral à hauteur d'1 Md€ et dont la construction débutera en 2026.

¹⁷ Airbus, Aledia, Continental, Lynred, Orange, Renault, Teledyne e2V Semiconductors, Soitec, STMicroelectronics, Valeo, Vitesco et X-Fab.

- Le 19 juin 2023, Intel a finalement conclu une déclaration d'intention avec le gouvernement allemand pour son usine de semi-conducteurs à Magdebourg : l'entreprise américaine devrait recevoir 9.9 Md€ de subventions publiques, au lieu des 6.8 Md€ promis jusqu'à présent. Intel investira au total 30 Md€ dans cette usine de puces de 5 nm. La subvention doit encore être soumise à l'approbation de la Commission européenne et se ferait sur le fondement du Chips Act.
- Le taïwanais TSMC serait (d'après la presse) en négociation actuellement avec le gouvernement allemand pour sa première usine de production en Europe, à Dresde. Le site produirait des puces d'une taille de 22 à 28 nanomètres, celles utilisées par l'industrie automobile.

Outre les investisseurs étrangers, l'industrie automobile allemande commence à se positionner sur le secteur.

- En juillet 2022, Volkswagen a annoncé un partenariat avec le fabricant franco-italien STMicroelectronics pour développer une nouvelle puce (probablement produite par TSMC). Par le biais de sa filiale Cariad, le groupe établit pour la première fois des relations directes avec un fabricant de semi-conducteurs de rang 2 et 3, pour équiper sa nouvelle génération de véhicules électriques.
- Bosch souhaite investir 3 Md€ dans le secteur des puces jusque 2026 pour le projet IPCEI pour la microélectronique et les technologies de communication, avec la construction de deux nouveaux centres de développement pour les puces à Reutlingen et Dresde. Bosch a également acquis en avril 2023 le fabricant américain TSI Semiconductors et compte investir 1.5 Md de dollars pour moderniser les lignes de production de cette entité et étendre ses activités de production. Le groupe Bosch va bénéficier des subventions de l'Inflation Reduction Act pour ce projet.

Outre un gain de parts de marchés, l'Allemagne vise aussi une plus grande indépendance de production. Dans ce cadre, le gouvernement a par exemple mis son veto en 2022 à la vente d'Elmos et ERS Electronic à des entreprises chinoises au nom de la sécurité des approvisionnements en puces électroniques.

Toutefois, les ambitions allemandes sont contrariées par l'effet conjugué de la flambée des prix, de l'IRA américain et du ralentissement de la demande en semi-conducteurs, qui entravent les projets d'investissements en Europe.

Comme en France, l'administration allemande n'a pas à ce jour de cartographie des composants électroniques critiques, alors même que les industriels les plus importants et en particulier ceux de la défense, ont dorénavant une vision détaillée de leurs approvisionnements. Mais, comme en France, ils ne partagent pas d'informations sur ces données qui sont très sensibles.

5.4 L'industrie des semi-conducteurs est l'un des moteurs de l'économie des Pays-Bas

Les données qui suivent sont issues de l'étude fournie par la DG Trésor (SER de La Haye), qui figure en annexe 4.

Les Pays-Bas sont un pays incontournable dans la chaîne de valeur mondiale de l'industrie des semi-conducteurs. Une grande partie de la chaîne de valeur y est représentée, dont des géants mondiaux comme le fabricant de machines de photolithographie ASML qui détient un monopole mondial sur les machines EUV nécessaires à la fabrication de puces les plus avancées (taille de gravure inférieure à 7nm) et une position de quasi-monopole partagée avec les japonais Nikon et Canon sur les machines DUV servant à la fabrication de puces plus courantes de taille de gravure supérieure à 7 nm.

Plusieurs producteurs de semi-conducteurs de classe mondiale comme Ampleon, Nexperia ou NXP, y sont implantés. La plupart de ces entreprises, issues de la constellation Philips, sont localisées à Eindhoven à proximité d'un pôle d'innovation « Brainport ».

Les écosystèmes français et néerlandais des semi-conducteurs entretiennent des relations de coopération, notamment entre les pôles de Grenoble et d'Eindhoven, qui pourraient être, selon le SER de La Haye, davantage développés et formalisés.

Suite à l'accord tripartite passé entre les États-Unis, le Japon et les Pays-Bas, le gouvernement néerlandais a confirmé le 8 mars 2023 qu'il mettra en place des restrictions sur l'exportation d'équipements de semi-conducteurs les plus innovants (machines DUV les plus avancées et EUV produites par ASML, machines ALD produites par ASML)¹⁸. Le « règlement sur les équipements de fabrication de semi-conducteurs avancés », selon lequel les entreprises exportant des équipements de production de pointe pour les semi-conducteurs devront obtenir une licence d'exportation, entrera en vigueur le 1er septembre 2023.

Les Pays-Bas ne semblent pas avoir pris des mesures spécifiques relatives aux conditions d'approvisionnement en composants électroniques de leurs entreprises. Le SER estime que l'approvisionnement en puces n'y est plus sous tension et constate que le sujet des pénuries en composants électroniques n'est plus mis en avant par le secteur industriel.

Un rapport¹⁹ de la DNB (banque centrale des Pays-Bas) de janvier 2021 estime que les relocalisations industrielles ne sont pas à privilégier car elles exposent les entreprises aux risques domestiques : cette position est originale par rapport au consensus européen. Le même rapport juge que la diversification des fournisseurs est trop coûteuse et engendre une perte d'économies d'échelle. En outre, une crise pouvant affecter tous les pays simultanément, elle n'est pas gage de sécurité d'approvisionnement. Par contre la DNB estime que la détention de stocks tampons plus importants constitue une solution qui doit être privilégiée. Enfin elle insiste sur la nécessité d'une meilleure visibilité dans les chaînes d'approvisionnement.

De façon générale, il est à noter que les Pays-Bas ont une bonne connaissance des chaînes d'approvisionnement de leur pays et une liste d'entreprises nationales, appartenant au réseau « Holland semiconductors ».

¹⁸ Le gouvernement américain s'est appuyé notamment sur les composants ou technologies cruciales qui sont elles-mêmes produites aux États-Unis (lasers spécialisés fabriqués par la filiale Cymer par exemple).

¹⁹ <https://www.dnb.nl/en/publications> : « Changing international landscape and the Dutch economy : trends, drivers and consequences »

En résumé, l'État néerlandais n'intervient pas dans l'approvisionnement mais encourage les entreprises à assumer davantage de responsabilités dans la gestion des risques liés à la sécurité de l'approvisionnement.

En revanche, les Pays-Bas ont initié une démarche générale de sécurisation de l'ensemble des approvisionnements des secteurs considérés comme vitaux pour le pays (aviation civile, énergie, TIC, banques, navigation, transport, chimie et nucléaire) et qui font l'objet d'une surveillance particulière.

5.5 Les États-Unis mettent en œuvre une politique de relocalisation industrielle ambitieuse

Les données qui suivent sont issues de l'étude fournie par la DG Trésor (SER de Washington), qui figure en annexe 6.

Traditionnellement incontournables dans le domaine du design, avec des sociétés comme Qualcomm ou Nvidia, les États-Unis sont devenus au fil des ans dépendants des productions de semi-conducteurs asiatiques. Conscients de cette situation, ils affichent depuis deux ans une politique ambitieuse de relocalisation industrielle des chaînes d'approvisionnement avec deux textes législatifs : le Chips for America Act et le Inflation Reduction Act ou IRA.

Le Congrès américain a approuvé en juillet 2022, au sein du *Chips and Science Act*, le financement des programmes du *Chips for America Act*, visant à soutenir la souveraineté américaine en termes de fabrication de semi-conducteurs, sa compétitivité et enfin sa sécurité nationale. Les aides financières sont au cœur de ce programme, avec des fonds s'élevant à plus de 50 Md\$, dont 39 de subvention pour les investissements visant à construire, agrandir ou moderniser des installations et des équipements nationaux pour la fabrication, l'assemblage, le test et l'emballage avancé de puces. 13 Md\$ sont prévus pour soutenir la recherche et le développement. La loi prévoit également un nouveau crédit d'impôt dédié aux investissements pour construire des installations de production de semi-conducteurs ou des appareils spécialisés destinés à la production de semi-conducteurs ou d'achat d'équipements pour la production de semi-conducteurs.

L'Inflation Reduction Act, ou IRA, est une loi fédérale américaine entrée en vigueur en août 2022, destinée à réduire le déficit budgétaire et à lutter contre l'inflation tout en réalisant des investissements dans un éventail diversifié de solutions bénéfiques à la lutte contre le réchauffement climatique.

Avec l'IRA, les États-Unis se donnent comme objectif d'atteindre une réduction de 50% de leurs émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2030 par rapport à 2005. Pour l'atteindre, l'IRA prévoit ainsi sur 10 ans 369 Md\$ de dépenses d'investissement pour la transition énergétique. Cette loi est perçue en Europe comme une menace potentielle pour la compétitivité et les emplois de l'industrie européenne.

En effet ce plan de transition énergétique prévoit entre autres des subventions et des réformes favorisant les entreprises implantées aux États-Unis, notamment dans les secteurs des véhicules électriques et des énergies renouvelables. Les entreprises américaines pourront également bénéficier de crédits d'impôt pour leurs investissements dans les véhicules électriques, l'éolien, l'hydrogène vert, le stockage de carbone, le solaire, les biocarburants, les batteries, ainsi que dans la production des matériaux de base permettant de les produire. Le but de l'IRA est de stimuler la production industrielle américaine, afin d'y implanter les chaînes d'approvisionnement, y compris pour les semi-conducteurs nécessaires à ces secteurs.

Les industriels européens redoutent son contrecoup en Europe où les perspectives économiques sont moins brillantes, et où le coût de l'énergie se maintient à un niveau élevé. De manière plus générale on peut craindre une désaffectation des investissements en Europe au profit d'investissements plus avantageux aux États-Unis.

Cependant il est difficile de chiffrer cet impact pour le cas particulier des chaînes d'approvisionnement en composants électroniques. On pourrait imaginer par ailleurs, à terme, un effet plutôt positif de diminution de la dépendance de l'Europe à Taïwan, si davantage de production se fait aux États-Unis.

En comparaison avec l'IRA américain, l'Europe a surtout aménagé des exceptions à son régime d'interdiction des aides d'État, mais elle a peu mobilisé de nouveaux fonds pour soutenir les industriels : il reste aux États membres à assumer le coût de telles subventions. Et surtout, l'Europe reste fortement dépendante des États-Unis pour les outils de conception des composants électroniques, et de l'Asie pour la fabrication de puces avancées.

Les États-Unis ont par ailleurs mis en place des restrictions d'exportations de biens et technologies américains vers les entreprises chinoises, engagées sous l'administration Trump puis renforcées en octobre 2022, et qui visent notamment les sociétés chinoises inscrites sur l'« entity list » du Department of Commerce (DoC). Il existe d'ailleurs un équivalent chinois à cette liste qui restreint l'accès des entreprises qui y figurent aux technologies chinoises. Dans la foulée, un accord officieux a été conclu avec le Japon et les Pays-Bas début 2023 pour restreindre la vente d'équipements de production de semi-conducteurs avancés vers la Chine.

L'administration américaine a mis en place un système d'alerte prenant la forme d'une coordination renforcée entre le DoC et le DoS (Département d'État) pour anticiper les perturbations de production de semi-conducteurs à l'étranger. Ce système s'appuie sur la veille effectuée par les ambassades américaines dans le monde, des canaux de communication dédiés avec l'industrie et l'analyse des données disponibles.

Enfin le secteur des semi-conducteurs fait l'objet d'une activité diplomatique intense. C'est ainsi que le président Biden a proposé en mars 2022 une alliance avec le Japon, la Corée du sud et Taïwan, dénommée CHIPS 4, afin de créer une instance de discussion et de coordination des politiques en matière de sécurisation des chaînes de logistique, de R&D, de développement des compétences et de subventions dans le domaine des puces électroniques.

D'autres accords ont été conclus avec le Royaume-Uni (sur les activités de recherche et de développement), avec l'Inde (mieux coordonner les politiques de soutien public au secteur des semi-conducteurs et dialogue stratégique sur les contrôles à l'export de ces biens), une conférence a été lancée en mai 2023 avec le Canada et le Mexique, pour renforcer la résilience des chaînes d'approvisionnement en semi-conducteurs de l'Amérique du Nord.

6 QUELLES MESURES PRENDRE ?

Cette partie a pour objectif d'examiner successivement les différents items de la lettre de mission, de façon à conclure si ces idées peuvent être transformées en actions ; elle a également pour objectif d'examiner les autres pistes de propositions qui sont apparues lors des entretiens conduits par la mission.

6.1 Criticité des approvisionnements en composants électroniques des filières utilisatrices

L'idée sous-jacente était d'identifier des composants « plus importants » que d'autres, car nécessaires aux filières utilisatrices prioritaires.

Cette idée se heurte à deux difficultés principales :

- d'une part, comme on l'a vu, la production d'un produit fini très complexe comme une automobile représentant plusieurs dizaines de milliers d'euros peut être bloquée à cause du manque d'un composant à faible valeur ajoutée ne coûtant que quelques dizaines de centimes. Comme expliqué au paragraphe 4.5, il n'est pas possible de constituer des listes de composants « essentiels » permettant de garantir la sécurité d'approvisionnements. Cela n'empêche pas les entreprises, produit par produit, de distinguer quels sont les composants les plus stratégiques, au sens où ils concentrent le plus de savoir-faire et de valeur ajoutée, ou qui sont a priori plus difficiles à remplacer ; et de prendre des mesures spécifiques concernant leurs approvisionnements. Certaines entreprises rencontrées nous ont indiqué avoir identifié des composants critiques (voir « super-critiques ») en ce sens, mais n'ont pas souhaité pour des raisons de confidentialité en donner les détails à la mission ;
- d'autre part, il n'est pas possible (et en tous cas cela dépasse le champ de la mission) de définir des secteurs qui seraient plus prioritaires que d'autres. Par exemple, l'arrêt de la production d'usines automobiles n'a aucun impact direct sur les fonctions vitales du pays ; par contre, s'il se prolonge, son impact économique et social peut être considérable.

Dans ce contexte, la mission estime que le concept qui résume le mieux les besoins vitaux de la nation est celui d'Opérateur d'Importance Vitale (OIV). Parce qu'elles concourent à la production et à la distribution de biens ou de services indispensables à l'exercice de l'autorité de l'État, au fonctionnement de l'économie, au maintien du potentiel de défense ou à la sécurité de la Nation, certaines activités sont considérées comme « d'importance vitale ». Ces activités sont, par nature, difficilement substituables ou remplaçables.

Les opérateurs d'importance vitale sont désignés par le ministre coordonnateur du secteur qui les sélectionne parmi ceux qui exploitent ou utilisent des installations indispensables à la vie de la Nation. Les critères de choix et les objectifs de sécurité recherchés sont fixés par le ministère coordonnateur. La procédure repose, d'une part, sur une consultation des opérateurs pressentis, et d'autre part, sur une concertation interministérielle permettant une protection équivalente entre les secteurs d'activités. Le choix des OIV tient compte des éventuelles distorsions de concurrence et vise à éviter les charges indues²⁰.

Sous l'égide du SGDSN, ont été ainsi identifiés environ 1370 points d'importance vitale (PIV) exploités par 250 opérateurs d'importance vitale (OIV)²¹.

Les points d'importance vitale (PIV) sont des établissements, ouvrages ou installations qui fournissent les services et les biens indispensables à la vie de la Nation. Ce sont les opérateurs eux-mêmes qui proposent la liste de leurs points d'importance vitale qui peuvent être, par exemple, des sites de production, des centres de contrôle, des nœuds de réseau, des centres informatiques, etc.

Dès lors qu'un point est considéré comme d'importance vitale, il paraît nécessaire de prendre des mesures spécifiques pour en sécuriser les approvisionnements en composants électroniques, comme par exemple :

- leur donner la priorité en cas de déclenchement de mesures d'achat groupées au niveau communautaire dans le cadre du volet 3 du Chips Act (cf chapitre 5) ;
- la mise en œuvre de mesures d'achat priorisées négociées dans le cadre du projet Liberty à Crolles ;
- la mise en œuvre de mesures de précaution spécifiques analogues à celles mises en œuvre dans le cadre des contrats d'armement.

La mission préconise l'instauration de mesures spécifiques pour sécuriser les approvisionnements en composants électroniques des OIV. Ces mesures seront détaillées au paragraphe 7.2.

6.2 Rôle des acteurs de la chaîne de valeur de la filière électronique, notamment les distributeurs, dans l'anticipation et la cartographie des risques d'approvisionnement

La mission a noté l'importance du rôle des distributeurs dans l'anticipation de la demande et la gestion des stocks. Il s'agit d'acteurs pas forcément très connus du grand public mais qui sont des intermédiaires indispensables pour les achats de composants en « petites quantités » que les producteurs ne souhaitent pas prendre en charge directement : même si un constructeur comme ST Microelectronics dispose de 200 000 clients²², il ne sert pas les entreprises les plus petites. Le syndicat professionnel des distributeurs en électronique industrielle (SPDEI) regroupe 22 entreprises, employant 1000 personnes et représentant un chiffre d'affaires en France de l'ordre de 1,3 Md€. Ces entreprises sont parfois des PME, plus souvent des filiales de grands groupes internationaux, souvent américains (Arrow, TTI, AVNET...).

²⁰ Ces formulations sont issues de la documentation du SGDSN

²¹ Chiffre ancien publié par le SGDSN

²² Source https://www.lemonde.fr/economie/article/2023/06/16/guerre-en-ukraine-des-centaines-de-composants-electroniques-occidentaux-retrouves-dans-les-armes-russes_6177928_3234.html

Au niveau « physique », les transactions portent sur des nombres considérables : un distributeur nous a parlé de centaines de milliers de références gérées, et de plusieurs dizaines de milliards de pièces expédiées en 2022 (au niveau européen).

Les distributeurs estiment que leur rôle n'est pas seulement commercial : ils affirment jouer un rôle technique important en guidant les choix techniques des clients vers les solutions les plus adaptées à travers des services variés (aide au design, approche solution, assistance technique, accès aux spécialistes produits des fabricants...). Ils estiment aussi jouer un rôle logistique important en assurant la chaîne logistique du fabricant jusqu'au client : consolidation des besoins et gestion du portefeuille de commandes avec le fabricant, mise en place de stock assurant une disponibilité adaptée aux besoins du marché, livraison des clients suivant leurs besoins, gestion des fins de vie, exigences de qualité, traçabilité et exigences réglementaires.

Ils se situent à la croisée entre d'une part fabricants de composants, et d'autre part donneurs d'ordres et sous-traitants, comme l'illustre le schéma suivant :



Les distributeurs au cœur de l'écosystème entre Fabricants, Donneurs d'Ordres, et Sous-Traitants.

Source : SPDEI

Le SPDEI estime qu'en France, 30% du marché (total available market – TAM) passe par les distributeurs.

Les distributeurs sont parfois soupçonnés, à tort ou à raison, de contribuer aux difficultés rencontrées par le secteur : selon certains, ils auraient parfois accumulé des stocks de produits en phase de montée des prix de façon à les revendre à des prix plus élevés à un moment plus favorable ; selon d'autres, les stocks favoriseraient en priorité d'autres marchés, par exemple le marché nord-américain.

Les distributeurs rencontrés se défendent vigoureusement de ces accusations. Ils affirment ainsi que leur marge a plutôt diminué à l'occasion des difficultés rencontrées ces dernières années, que la gestion des difficultés rencontrées pour le compte de leurs clients a représenté au contraire pour eux une charge supplémentaire importante, qu'ils ont dû augmenter leurs stocks pour mieux approvisionner leurs clients, et enfin que ces stocks sont gérés localement sans que les maisons mères n'interviennent.

Comme pour l'ensemble des interlocuteurs rencontrés, la mission n'est pas en mesure de vérifier ces affirmations mais n'a pas de raison de ne pas les croire.

Il n'en reste pas moins que la présence d'un distributeur européen serait de nature à lever ces inquiétudes. Un tel choix ne relève pas des pouvoirs publics mais de la stratégie des industriels européens, qui pourraient étudier l'opportunité de créer un tel distributeur pour satisfaire les demandes dont ils considèrent que, prises individuellement, elles ne relèvent pas de leur commercialisation en direct.

La mission s'est également interrogée sur la question de la gestion des stocks de composants sur le territoire européen : ne faut-il pas prévoir un dispositif qui dans certains cas donnerait la priorité au marché européen, c'est-à-dire interdirait en cas de tensions le fait de réexporter les composants correspondants ? Outre les difficultés importantes qu'elle poserait au niveau juridique et politique alors que le Chips Act vient d'être adopté, une telle mesure pourrait avoir beaucoup d'effets pervers, comme par exemple d'inciter les distributeurs à stocker à proximité mais hors de l'Union européenne (Suisse, Afrique du Nord, etc.), et donc la mission ne le recommande pas.

6.3 Marges d'amélioration relatives à la constitution, la mutualisation et la gestion des stocks et à leur financement

Cette question complexe en recoupe en fait plusieurs : quels composants stocker ? En quelle quantité ? À quel maillon de la chaîne de la production ? Avec quel financement ?

En premier lieu, à l'inverse de matières premières minérales, les composants électroniques se comptent en certaines de milliers ou millions. Il est donc vain de penser à un concept de « stock stratégique » géré par l'État ou la Commission européenne. De la même façon, il semble très difficile de mutualiser des stocks entre entreprises concurrentes, alors qu'elles sont déjà réticentes à le faire pour des stocks de matières premières pour lesquelles en théorie cela paraîtrait beaucoup plus simple. Les grandes entreprises interrogées ont d'ores et déjà de nombreuses opérations d'optimisation à effectuer en interne pour gérer au mieux leurs stocks et les flux logistiques d'un composant qui approvisionnera plusieurs usines sur plusieurs continents. De la même façon, les entreprises sont très réticentes à gérer des achats en commun, même pour des matières premières ; concernant les achats groupés de composants électroniques, la mission n'a rencontré qu'un seul cas : BuyIn, filiale commune d'Orange et de Deutsche Telekom créée en 2011 centralise les achats des sociétés de télécommunications affiliées aux deux entreprises, à hauteur de plus de 20 Md€ par an. Cela fonctionne bien, mais doit être limité aux pays sur lesquels les entreprises ne sont pas en concurrence frontale. L'exemple ne paraît donc pouvoir être généralisé, d'autant que les risques juridiques (droit de la concurrence) peuvent être considérés par les entreprises comme importants.

La véritable question qui se pose aux entreprises concernant les stocks est celle du financement des stocks eux-mêmes.

Une demande exprimée par plusieurs industriels rencontrés concerne le financement des stocks de produits semi-finis, dans le cas où le produit est *presque* prêt à être livré, mais où le manque d'un composant mineur empêche d'achever sa fabrication et donc de facturer. Dans ce cas, le stock pèse lourdement sur la comptabilité de l'entreprise, sa notation par les agences de notation peut se dégrader mathématiquement, et une aide de l'État serait attendue. Il semble cependant à la mission qu'une aide dans une telle situation ne serait pas pertinente, car il s'agit avant tout d'éviter qu'elle se produise, et donc il convient davantage d'agir sur les causes que d'atténuer les effets, ce qui serait un signal contre-incitatif.

La vraie question est celle du financement de stocks de composants à utiliser dans la chaîne. Au-delà des relations contractuelles qui permettent de définir des niveaux de stocks exigés de fournisseurs et des modalités de financement afférents, les entreprises rencontrées sont bien conscientes qu'elles devraient augmenter leurs stocks de composants pour réduire les risques de rupture. Beaucoup semblent l'avoir fait, dans une certaine mesure et pour les composants les plus « importants », mais en restant à des niveaux encore assez bas, particulièrement dans le secteur automobile. A l'inverse du secteur de la Défense où des exigences de stocks peuvent être formulées par le donneur d'ordre final (le Ministère de la Défense), et où les coûts sont in fine assumés, les industriels rencontrés sont en effet souvent dans un système concurrentiel extrêmement serré. Alors que la situation du marché des composants se détend progressivement, il leur est très difficile d'assumer des coûts de stockage importants que des concurrents ne supportent pas. Et ceci est d'autant plus difficile à assumer dans l'hypothèse d'une crise qui serait de longue durée.

A noter aussi que, sur le plan financier, la question du financement de stocks de composants électroniques se pose en termes sensiblement différents de celle du financement de stocks de matières premières : dans ce dernier cas, il existe un actif physique qui peut servir de garantie au prêt, le principal risque à prendre en compte étant celui lié aux variations des cours des matières premières. Dans le cas d'un stock de composants électroniques dont l'usage est très spécifique, la possibilité de le revendre pour un autre usage est en général considérée comme très hypothétique, et donc le stock ne constitue pas une garantie ou un collatéral permettant son financement, que ce soit par une banque traditionnelle ou par un établissement spécialisé dans le financement des stocks (de type Auxiga).

Chaque industriel doit donc opérer un arbitrage fin entre risques d'approvisionnements à moyen ou long terme et coûts du stockage de composants à court terme. Dans les faits, il semble que cet arbitrage ne donne pas lieu à des politiques véritablement formalisées et quantifiées, se traduisant systématiquement par des durées minimales de stockage significativement augmentées.

Si l'État veut agir, il peut essayer d'alléger le coût de portage de stock de composants par les entreprises. La mission a étudié la possibilité de proposer une aide (subvention) en ce sens, mais cela paraît difficile. Les coûts sont considérables (milliards ou dizaines de milliards d'euros), toutes les entreprises sont concernées, des effets d'aubaine seraient sans doute nombreux, et le contrôle des niveaux de stocks paraît complexe et lourd à réaliser. Pour ces raisons, la mise en place d'une aide directe aux entreprises sous forme de subvention ou d'avance remboursable paraît difficilement envisageable, et le financement des stocks doit être laissé à l'entreprise, qui finance sur ses fonds propres ou dans le cadre de ses relations avec ses banques.

La mission a donc étudié la mise en place d'un mécanisme spécifique de garantie des emprunts. Ses échanges avec BPI ont cependant montré les difficultés à mettre en place un tel dispositif : d'une part, il est très difficile de qualifier une demande spécifique d'augmentation des stocks et de contrôler son effectivité, d'autant que des mécanismes de garantie d'emprunt ne permettent pas un contrôle a posteriori. D'autre part et surtout, il apparaît que les mécanismes de financement déjà en place devraient permettre d'ores et déjà de financer ce type de besoin : les dispositifs de garantie existants notamment le fonds RT (renforcement de trésorerie) permettent une couverture à 50% du risque bancaire pour les PME sur des crédits moyen long terme soit minimum 24 mois : le fonds de garantie du renforcement de la trésorerie a pour vocation de garantir les opérations de renforcement de la structure financière des TPE et PME, par octroi de nouveaux concours bancaires ou par consolidation à moyen terme des concours bancaires à court terme. Ce dispositif s'ajoute à d'autres destinés de façon plus générale à aider les PME ou ETI à faire face aux tensions d'approvisionnement, on peut citer ainsi une gamme de prêts pour l'industrie (solutions de financement des besoins en fonds de roulement et de renforcement de la structure financière), ou encore le fonds de renforcement des PME (solution de quasi-fonds propres ou obligations à bons de souscription d'action) A noter d'ailleurs que la mise en place de tels financements peut être précédée par des missions de conseil « supply » visant aider les PME à faire un diagnostic de leur chaîne d'approvisionnement, ou des missions de conseil « cash BFR3 pour optimiser les flux de trésorerie.

En outre, jusqu'au 31 décembre 2023, le prêt garanti par l'État (PGE) résilience permet de couvrir les besoins des entreprises notamment industrielles ; il commence par une durée de 1 an puis l'entreprise choisit la durée d'amortissement de 1 à 5 ans (une année de franchise supplémentaire est possible). Ce dispositif pourrait être prolongé.

La mission préconise qu'une information spécifique des entreprises soit organisée sur ces dispositifs généraux et leur mobilisation possible dans le cadre d'une stratégie d'accroissement des stocks de composants électroniques.

6.4 Modalités d'une incitation à la prise en compte de la vulnérabilité en approvisionnements lors de la conception des systèmes

L'idée paraît séduisante : de même que la conception d'un produit doit intégrer dès le départ l'ensemble de ses impacts environnementaux, et par exemple prendre en compte sa recyclabilité et le traitement des déchets générés, il s'agit, lorsqu'un nouveau produit est conçu, de s'assurer que les composants électroniques qui seront nécessaires à sa fabrication seront facilement disponibles.

La mission ne peut que souscrire à cet objectif, qui lui paraît relever des bonnes pratiques, pour lesquelles elle fait des propositions plus générales au paragraphe 6.9 ci-dessous, dont plusieurs se rapportent à la phase de conception.

En particulier, pour aller dans ce sens, il paraît indispensable que les entreprises travaillent à une réduction du nombre de références de composants gérés et à une standardisation accrue, de façon à se mettre en position d'acheter des séries à la fois plus grandes et moins nombreuses.

6.5 Relations entre filière électronique et filières utilisatrices, par exemple les contrats de long terme

Comme expliqué au paragraphe 3.4, les relations entre entreprises du secteur de l'électronique et entreprises utilisatrices, notamment dans le secteur de l'automobile, ont été marquées par des tensions importantes : les annulations de commandes à cause du Covid ont été mal vécues, le « juste à temps » n'est pas perçu comme adapté aux composants, les achats de composants ne peuvent pas être traités comme ceux des « commodities », etc.

De nombreuses actions ont été menées pour favoriser le dialogue entre entreprises, tant au niveau collectif qu'individuel, et toutes sont convenues qu'il était d'un intérêt réciproque de donner et d'avoir beaucoup plus de visibilité sur les plans de charge et les commandes.

Les industriels avancent donc dans le sens de contrats à plus long terme, avec des commandes ou des engagements de livraison aussi « fermes » que possible sur des périodes plus longues, et des prévisions pour la suite. Les durées elles-mêmes varient en fonction des secteurs, des entreprises, du type de composant acheté, etc.

Tous restent néanmoins conscients que, quel que soit le contrat signé, il subsiste un risque de non-approvisionnement : si un fournisseur se trouve lui-même face à une situation imprévue en raison d'une canicule, d'une sécheresse, d'une inondation, d'une décision politique, etc., il sera amené à reprioriser l'ensemble de ses contrats et clients, et ce sont les clients les plus importants qui seront livrés en priorité.

6.6 Les leviers pour renforcer le recours au re-design de systèmes électroniques

L'idée est, lorsque des difficultés sont rencontrées pour l'approvisionnement d'un composant, d'étudier dans quelle mesure il peut être remplacé par un autre qui serait plus facilement disponible. Dans la pratique, ceci passe d'abord par une étape d'études, puis par une étape de requalification du nouveau composant. L'ensemble est jugé assez long (de 6 mois à 1 an) et assez cher.

Un exemple cité par un interlocuteur rencontré par la mission concerne un connecteur : le fabricant du composant a indiqué à l'industriel qu'il aurait un problème d'approvisionnement pour ce connecteur, et l'industriel a dû redesigner son produit : au lieu d'acheter un connecteur à base de 28nm (sous tension), il a dû passer à une technologie à base de 16nm, plus moderne mais plus chère. L'industriel se demande toujours si cette pénurie annoncée était réelle ou visait simplement à le faire acheter un produit plus cher, et estime qu'un observatoire aurait pu lui permettre de mieux anticiper ou apprécier la situation.

Le redesign peut également présenter des risques : par exemple, une difficulté d'approvisionnement d'un composant peut intervenir parce que le fabricant du composant estime qu'il est trop ancien et veut arrêter de le produire ; si le redesign peut permettre à court terme de le remplacer par un produit qui lui ressemble beaucoup, le risque est fort qu'il soit à son tour rapidement frappé d'obsolescence. Il est sans doute plus sage dans ce cas, mais plus long et coûteux, de revoir plus globalement la conception de l'ensemble intégrant le composant.

De façon générale, le design est perçu comme cher et rarement efficace, et plutôt vu comme une solution palliative. La bonne solution est d'avoir du multi-sourcing lorsque c'est possible, ce qui nécessite d'avoir des séries suffisamment longues, et aussi d'innover régulièrement pour avoir recours à des composants modernes dont l'approvisionnement pourra plus facilement être assuré.

6.7 Pertinence et viabilité d'initiatives portant sur le réemploi et le recyclage et plus largement sur l'économie circulaire

L'idée est de récupérer et réutiliser des composants électroniques usagés. Les industriels rencontrés par la mission ont indiqué que bien sûr, il est possible et souhaitable d'extraire des métaux stratégiques recyclables des composants usagés, comme pour les autres déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E). Par contre, ils ne croient pas au recyclage des composants eux-mêmes compte-tenu des exigences de fiabilité de l'industrie, de l'obsolescence rapide des produits, ou encore des coûts associés. Il nous a également été indiqué que ce sont plutôt des filières mafieuses chinoises qui aujourd'hui font du recyclage de composants usagés.

La DGPR, interrogée, confirme que le recyclage de composants électroniques extraits d'appareils ou d'équipements électriques ou électroniques présente un certain nombre de difficultés. L'accent est mis aujourd'hui sur la réparation des équipements électriques et électroniques dans l'objectif de les maintenir le plus longtemps en vie. Et cela passe plutôt par un changement des composants électroniques défectueux par du neuf pour les remettre en état. La DGPR indique également ne pas avoir connaissance d'initiatives de réemploi de composants.

L'économie circulaire se traduit donc plutôt par des initiatives plus globales dépassant le seul composant électronique : par exemple augmenter la durée de vie des smartphones ou autres produits, favoriser leur reconditionnement global, réutiliser les box internet, etc.

La seule situation citée à la mission est celle d'un véhicule récent accidenté, dont on pourrait récupérer non pas un composant précis, mais un système complet qui serait encore en état. Mais aucun élément concret n'a permis de démontrer à la mission qu'une telle pratique a effectivement été mise en œuvre, et la question de la qualification de l'ensemble issu du véhicule accidenté semble dirimante.

6.8 Coopérations intra-européennes souhaitables

Il existe d'ores et déjà de très nombreuses coopérations européennes, dont le recensement dépasse largement le champ de la mission : des organismes de recherche travaillent entre eux, ou avec des industriels de différents pays ; les entreprises, dès lors qu'elles ont une certaine taille, ont en général des stratégies définies à l'échelle européenne au moins.

La mission a noté deux points lui paraissant nécessiter une mention particulière :

- la plate-forme automobile (PFA) a mis en place des échanges réguliers avec son homologue allemand, la VDA (Verband der Automobilindustrie). Ceux-ci ont porté en particulier sur l'achat de composants électroniques, et se sont traduits par des études communes dont le bilan paraît très positif. Mais lorsqu'une délégation de constructeurs automobiles allemands s'est rendue à Taiwan en pleine crise pour plaider (d'ailleurs sans succès) sa cause auprès des fondateurs, elle y est allée sans ses homologues de l'industrie française ;
- beaucoup d'interlocuteurs rencontrés par la mission craignent que les projets développés en Allemagne comme les investissements massifs d'Intel ou d'Infineon à Magdebourg, bénéficieront en priorité aux besoins de l'industrie allemande. L'industrie allemande est globalement perçue comme très organisée et solidaire, beaucoup plus que l'industrie française.

6.9 Mettre en place des bonnes pratiques

Comme cela est apparu tout au long du rapport, acheter des composants électroniques est complexe, très différent de l'achat de matières premières ordinaires, et nécessite à la fois une vraie technicité et la mise en œuvre de bonnes pratiques. A contrario, des « mauvaises pratiques » ont été identifiées, et doivent autant que possible être évitées.

Les principales bonnes pratiques recouvrent plusieurs axes :

- établir un diagnostic : il s'agit de comprendre autant que possible l'ensemble des schémas d'approvisionnement en composants électroniques en remontant aussi loin que possible dans la chaîne (tier 4 ou 5 le cas échéant et si possible), et d'identifier les principaux risques affectant chaque élément (risques géopolitiques, risques naturels, risques technologiques, risques d'obsolescence, etc.) ;
- mettre en place une politique pour réduire les vulnérabilités : allonger les séries, diminuer le nombre de références, développer le multi-sourcing lorsque c'est possible, augmenter la durée de stockage des composants les plus difficiles à remplacer, prendre en compte la vulnérabilité dès la conception ;
- construire des relations de long-terme avec les fournisseurs, en donnant des prévisions aussi précises que possibles et en prenant des engagements sur des périodes aussi longues que possible ;
- se préparer à gérer des crises, notamment en réalisant des « stress-tests ».

Bien entendu, en fonction de la taille et du secteur de l'entreprise, ces mesures seront mises en œuvre avec un niveau de précision variable. Chacune peut être déclinée de plusieurs façons selon la situation ; par exemple, pour le multi-sourcing, certaines entreprises privilégieront des approvisionnements en Europe ; d'autres choisiront, pour limiter par exemple des risques climatiques, des zones géographiques plus distantes l'une de l'autre. Les bonnes pratiques ne sont pas conçues pour être *toutes* mises en œuvre immédiatement par chaque entreprise, il appartient à chacune de retenir les plus pertinentes en fonction de sa situation et de progresser au bon rythme.

Des recensements plus détaillés de bonnes pratiques ont été faits par Acsiel, par le SNESE ou encore par Yole. Sur cette base, la mission a regroupé différentes bonnes et mauvaises pratiques selon différentes thématiques. Leur détail figure en annexe 7.

Recommandation n° 1. (DGE - CSFs) Généraliser la diffusion et la mise en œuvre de bonnes pratiques de gestion des approvisionnements en composants électroniques dans l'industrie.

En termes opératoires, la mission propose qu'un courrier soit adressé par la DGE aux CSF concernés pour leur demander, sur la base de ces suggestions, de finaliser un guide des bonnes (et mauvaises) pratiques et de le diffuser aux entreprises concernées.

À noter que la DGA gère les approvisionnements relatifs à la Défense nationale en mettant en œuvre spécifiquement deux bonnes pratiques : l'exigence de stocks adéquats de composants chez ses fournisseurs, ou le recours au multi-sourcing quand c'est possible. Ceci s'accompagne d'une veille approfondie sur le sérieux des entreprises concernées. In fine, cette démarche, qui se traduit dans les contrats passés, se retrouve dans les coûts supportés par l'État.

6.10 Aider à la qualification d'un fournisseur alternatif

Parmi les bonnes pratiques vues précédemment figure le multi-sourcing, c'est-à-dire la possibilité d'avoir plusieurs fournisseurs pour une même pièce. Cela n'est pas toujours possible : lorsque les quantités nécessaires sont, vues du fournisseur, faibles, il est difficile voire impossible de les diviser par deux. Mais, lorsque c'est possible, cela va bien sûr dans le sens d'une sécurisation des approvisionnements, et cette sécurisation est d'autant plus grande que les fournisseurs auront des profils différents et des chaînes d'approvisionnement elles-mêmes différentes. Une telle démarche a cependant un coût, notamment parce qu'il faut démontrer que la pièce produite avec le nouveau composant répond à des exigences de sécurité : des études techniques de qualification sont en générale nécessaires, ainsi qu'un processus normatif dépendant du type de pièces, du pays concerné, etc. L'ensemble se traduit par un coût non négligeable, l'ordre de grandeur donné à la mission est de quelques dizaines de milliers d'euros pour chaque opération de qualification.

La BPI pourrait être missionnée pour gérer un tel dispositif ; l'aide pourrait porter sur la moitié du coût, dans la limite de 100 000 € par dossier. Elle serait limitée aux PME. Il est difficile d'estimer a priori le montant nécessaire, mais le mécanisme pourrait être testé avec une enveloppe assez limitée, par exemple comprise entre 1 et 5 M€. Cette aide serait réservée aux fournisseurs européens afin d'accompagner la montée en puissance de la production européenne de composants électroniques voulue par le Chips Act (pilier 2) comme décrit au chapitre 5.

La mission a interrogé la DGE (mission des affaires européennes et internationales) sur la compatibilité d'un tel dispositif avec les règlements européens d'encadrement des aides de l'État. Il en ressort que plusieurs bases juridiques sont envisageables pour adosser ce dispositif.

Recommandation n° 2. (DGE et BPI) Mettre en place pour les PME une aide à la qualification d'un fournisseur alternatif fabriquant le composant dans un établissement européen.

6.11 Mettre en place un observatoire des tensions d'approvisionnement

L'ensemble des acteurs rencontrés par la mission s'accordent sur l'importance d'intensifier le dialogue entre industriels des différents secteurs, amont et aval, et sur l'importance de la connaissance des marchés et des tendances à court, moyen ou long terme.

À cet égard, plusieurs ont évoqué une notion d'« observatoire des tensions d'approvisionnement », sans que le concept ne soit toujours bien défini ni ne recouvre la même acceptation pour chacun.

Il s'agirait d'une instance permanente, rassemblant pouvoirs publics, industriels de l'électronique et aval (utilisateurs), d'un lieu de partage et de dialogue permanent permettant de disposer de données à l'échelle mondiale sur l'offre de composants électroniques par types et par origine géographique, d'identifier les projets d'investissements les plus importants, les risques associés (notamment climatiques), les tendances sur les prix par familles de composants. Sur l'aval, il permettrait aussi de disposer et de partager des données quantifiées sur la demande par secteurs, son évolution passée et prévisionnelle, les grandes tendances stratégiques, notamment en s'abonnant à des publications spécialisées et en organisant une veille technologique et industrielle internationale. Il pourrait passer des marchés à des entreprises privées pour réaliser des études précises. De façon plus générale, il permettrait d'améliorer significativement la compréhension des circuits d'approvisionnement, pour laquelle d'autres pays (par exemple les Pays-Bas) ont des niveaux de connaissance plus élevés.

Même si ceci ne doit pas devenir son objet principal, il pourrait être utilisé également pour mieux connaître l'offre industrielle française (rappelons à cet égard que, comme expliqué au 1.2, la meilleure étude disponible, celle du Pipame, date de 2019).

Cet observatoire permettrait aussi de donner une nouvelle dimension aux échanges organisés par le CSF électronique avec les CSF aval, comme expliqué au paragraphe 4.7.

Il existe un observatoire analogue, l'observatoire français des ressources minérales pour les filières industrielles (OFREMI), lancé officiellement le 29 novembre 2022. Son objectif est d'alimenter les décisions des pouvoirs publics et des filières et acteurs industriels, en agissant sur plusieurs axes : décrypter et suivre les chaînes de valeurs minérales à l'échelle mondiale, évaluer l'impact des évolutions technologiques sur l'offre et la demande, quantifier les risques, faire des stress-tests et proposer des actions. L'OFREMI se veut pluridisciplinaire et associe acteurs publics (BRGM, CEA, IFPEN, IFRI, ADEME, CNAM) et privés, ceux-ci étant sensés apporter 40% du financement estimé à 10 M€ sur 30 mois. La mission n'a pas expertisé ce chiffre, mais il lui paraît assez important et reflète sans doute des coûts historiques portés par l'opérateur principal, le BRGM.

De même que le BRGM est opérateur de l'OFREMI, le CEA pourrait être opérateur de l'observatoire des tensions d'approvisionnements en composants électroniques, qui pourrait être appelé par son

acronyme OTACE. La mission a approché le CEA, qui porte un avis très favorable à l'idée de création un tel observatoire et à celle d'en être l'opérateur, mais souhaite avoir l'assurance d'un financement dédié.

De façon générale, un financement par l'État de l'observatoire est sans doute indispensable. De façon toute théorique, on pourrait rêver d'un financement partagé du type 50% État, 25% par les acteurs de l'électronique, et 25% par les industriels aval, mais ceci paraît très difficile à concrétiser. En particulier, les grandes entreprises qui disposent de leurs propres capacités à observer elles-mêmes les grandes tendances du marché, ont exprimé une certaine réticence à participer à un tel financement. Par contre, elles pourraient contribuer « en nature » en partageant leurs analyses et connaissances, au niveau individuel ou collectif.

Il est à noter que la Direction Générale du Trésor a mené quelques études macro-économiques assez générales sur la dépendance de nos approvisionnements par rapport à certains pays. De la même façon, dans le cadre du Chips Act, la Commission européenne met en place à partir des données douanières un certain nombre d'indicateurs agrégés permettant de mesurer *a priori* les dépendances ou vulnérabilités sur certaines catégories de composants. Sous réserve bien sûr de la confidentialité de certaines données, la mission estime que ces études pourraient également alimenter utilement un tel observatoire. De la même façon, à instar de ce que pratiquent les États-Unis, les services du Ministère des Affaires Étrangères et le réseau international de la DG Trésor pourraient être utilement mobilisés pour abonder les données disponibles pour cet observatoire.

Enfin, pour se préparer à une éventuelle nouvelle crise majeure, l'observatoire pourrait également jouer un rôle (cf. partie 7).

Même si un tel observatoire est construit au niveau français, il s'inscrit en pleine cohérence avec le projet de Chips Act décrit en partie 5.1 : il permettrait à la fois d'alimenter la Commission européenne d'analyses sur la situation française, et en sens inverse pourrait exploiter les données que la Commission collectera auprès des industriels français ou établira elle-même.

Enfin, la mission a évoqué ce projet d'observatoire avec un grand nombre d'interlocuteurs, et n'a recueilli que des avis favorables.

Recommandation n° 3. (DGE) Mandater le CEA pour préfigurer et animer, en lien avec l'industrie, un observatoire des tensions d'approvisionnement en composants électroniques.

7 PREPARER LA CRISE

Comme vu tout au long de ce rapport, les difficultés d'approvisionnement en composants existent depuis de nombreuses années et devraient continuer encore longtemps. Il n'en demeure pas moins que certains événements conjoncturels, plus ou moins graves par leur durée ou leur intensité, peuvent se produire, se traduisant par des impacts plus ou moins importants ou durables. Il peut s'agir d'événements climatiques (sécheresse à Taiwan), de risques naturels (séisme, inondation.), technologiques (incendie, apparition de poussières dans une usine...), géopolitiques (découplage accru États-Unis Chine, invasion ou blocus de Taiwan.).

7.1 Définir les scénarios à prendre en compte et s'y préparer

Quel serait l'impact économique d'un conflit entre Taiwan et la Chine ? Une telle question dépasse très largement le champ de la mission et celui des composants électroniques. L'institut de recherche américain Rhodium a réalisé et publié en décembre 2022 une étude sur ce sujet²³, selon laquelle, même avec des hypothèses minimales, l'impact économique serait immense et global, affectant et mettant en risques des secteurs économiques de l'ordre de 2 000 Md\$ pour une durée inconnue mais potentiellement longue.

Lorsque la mission a demandé aux industriels ce qu'ils feraient dans une telle situation, elle n'a reçu que des réponses polies. Il est vrai qu'il est extrêmement difficile de se préparer à un tel bouleversement, qui affecterait l'ensemble des chaînes mondiales d'approvisionnement en composants électroniques. Pour mémoire, Taiwan abrite 48% des capacités mondiales de fonderie et représente 26% du marché mondial des semi-conducteurs²⁴.

Même si cela est difficile, la mission estime nécessaire de se préparer à la gestion d'une crise nouvelle de grande ampleur. Cette préparation, pilotée au niveau interministériel sous l'égide du SGDSN et en lien étroit avec la DGE, pourrait comprendre trois volets :

- d'une part la définition de quelques scénarios de crise, d'ampleur variable à prendre en compte : tremblement de terre en Californie (faille de San Andras), sécheresse prolongée à Taiwan, incendie d'une usine importante en Corée, blocus de Taiwan pour différentes durées par exemple ; il n'est en effet pas possible de se préparer à un risque s'il n'est pas identifié et nommé,
- d'autre part, l'organisation de « stress-tests ». L'analogie peut être faite avec le secteur bancaire, mis en place par les banques centrales et les autorités en charge de la supervision bancaire à la fin des années 1990 : un « stress test » est un exercice consistant à simuler des conditions économiques et financières extrêmes mais plausibles afin d'en étudier les conséquences sur les banques et de mesurer leur capacité de résistance à de telles situations. Il s'agirait ici, pour les scénarios identifiés, d'évaluer a priori les conséquences d'un tel événement sur les entreprises et sur l'industrie nationale ; la mise en place de tels stress-tests serait de la responsabilité des entreprises, dans le cadre de la mise en place des bonnes pratiques. Les stress-tests doivent bien sûr être plus poussés pour les plus grandes entreprises. La mise en place de ces stress-stress nécessite un suivi et une analyse des résultats par les administrations compétentes (SGDSN, DGE).
- enfin, dans un second temps, des exercices de crise simulant plus globalement la venue en temps réel d'un tel événement et la réaction des acteurs seraient utiles. Mais la préparation de tels exercices nécessite des moyens considérables et sa faisabilité doit être démontrée.

L'organisation de la mise en place des stress-tests et le suivi de leurs conclusions, puis éventuellement l'organisation d'exercices de crise, nécessitent des moyens humains spécifiques, formés à un tel sujet, tant au sein du SGDSN que de la DGE. L'Observatoire, s'il est mis en place, pourrait sans doute également

²³ <https://rhg.com/research/taiwan-economic-disruptions/>

²⁴ <https://vipress.net/taiwan-localisera-48-de-la-capacite-de-production-mondiale-de-fonderie-en-2022/>

jouer un rôle sur ce sujet. Elles nécessitent également, en l'absence de cadre réglementaire spécifique, l'accord des entreprises pour y participer.

Recommandation n° 4. (SGDSN avec DGE) Se préparer à la crise en définissant des scénarios d'ampleur variable, organiser la mise en place de stress-tests par les entreprises, en tirer les enseignements, étudier la faisabilité de l'organisation d'exercices de crise.

7.2 Sécuriser l'approvisionnement des sites stratégiques

Une autre approche consiste à donner la priorité à l'approvisionnement des secteurs les plus stratégiques. Par exemple, aux États-Unis, le Defense Priorities and Allocations System Program (DPAS)²⁵ permet de donner la priorité aux approvisionnements liés en particulier aux besoins de la Défense. En France, dans le cadre des aides apportées au projet Liberty d'investissement à Crolles (Isère), l'État se réserve le droit de demander à ST Microelectronics et à Global Foundries de servir également en priorité certaines commandes, allant jusqu'à quelques pourcents des capacités annuelles de production, afin de servir des besoins souverains ; ceux-ci peuvent être par exemple liés à la sécurité nationale, ou à des besoins prioritaires d'entreprises industrielles. Pour mémoire, l'aide de l'État est de 2,9 Md€ pour un investissement de 7,5 Md€. Cette clause sera effective en 2027, ce qui laisse du temps pour préparer sa mise en œuvre et notamment définir quel sont les besoins prioritaires à servir.

À noter également que des interlocuteurs rencontrés par la mission lui ont indiqué que, compte-tenu des soutiens considérables apportés à ST Microelectronics, celle-ci devrait selon eux vraiment contribuer davantage à l'approvisionnement du marché français et du marché européen.

La mission estime que la clause incluse dans le contrat Liberty va dans le bon sens, et qu'elle doit être généralisée et étendue, en cohérence avec les mesures du Chips Act présentées au chapitre 5.

Plus généralement, il importe de se préparer activement à la mise en place du volet 3 du Chips Act, et notamment de définir dans quels cas la France pourrait être intéressée par recourir aux mesures d'achats groupés.

Il paraît également utile de porter une attention particulière à l'approvisionnement des opérateurs d'importance vitale (OIV) en composants électroniques, définis au 6.1. Pour ce faire, il paraît indispensable que, pour chacun d'entre eux, une démarche active soit menée par l'opérateur, de façon à disposer d'une cartographie précise des besoins en composants électroniques et de leurs sources d'approvisionnement, en remontant la chaîne aussi loin que possible, de façon à en identifier les vulnérabilités. À l'issue de ce diagnostic, et en conformité avec les bonnes pratiques identifiées au paragraphe 6.9, il conviendra de revoir certains contrats, de mettre en place du multi-sourcing, ou

²⁵ Source <https://www.bis.doc.gov/index.php/other-areas/strategic-industries-and-economic-security-sies/defense-priorities-a-allocations-system-program-dpas>

d'augmenter les durées de stockages de certains composants. Une telle politique, opérée par un opérateur, doit être pilotée au niveau interministériel, et les stratégies d'achat et de stockage de composants électroniques par les opérateurs validées par l'État. De la même façon, ceux-ci doivent être sensibilisés à l'importance de se préparer à une crise, et participer à des exercices de crise. Une telle approche serait en quelque sorte le pendant pour l'approvisionnement en composants électroniques de ce qui est fait par l'ANSSI avec eux sur la cyber-sécurité.

Recommandation n° 5. (SGDSN, ministères coordinateurs) Sécuriser l'approvisionnement des points d'importance vitale en demandant aux opérateurs d'établir un diagnostic de leurs approvisionnements en composants électroniques, une stratégie d'achat et de stockage, et en se préparant par des stress tests à des scénarios de crise.

8 CONCLUSION

Au terme d'un tour d'horizon nécessairement limité compte tenu de la diversité des secteurs industriels concernés, mais aussi riche que possible dans les délais impartis, la mission n'a pas trouvé de recette « miraculeuse » qui renforcerait immédiatement et durablement la résilience de l'industrie française face aux vulnérabilités de son approvisionnement en composants électroniques.

La mise en œuvre de quelques recommandations citées dans ce rapport, chacune de portée limitée, mais dont les effets s'ajouteront, peut toutefois diminuer sensiblement les risques de pénurie encourus.

Si les pénuries des années 2020, 2021 et 2022 ont dépassé en ampleur les difficultés d'approvisionnement en composants électroniques rencontrées périodiquement par le passé, la mission est convaincue que d'autres tensions, parfois vives, ont une probabilité significative de se produire. L'État doit s'y préparer notamment en définissant les scénarios à prendre en compte.

Même si ce n'est dans le champ de sa mission, il importe de souligner que l'ensemble des interlocuteurs rencontrés soulignent que la première priorité à leurs yeux est d'intensifier le développement d'une offre de composants européenne et française, tant pour l'industrie « cutting edge » que pour les composants matures, pour lesquels les risques sont aujourd'hui les plus importants compte-tenu notamment de la forte demande et des faibles marges des producteurs.

Enfin la mission insiste sur l'importance stratégique de l'écosystème productif français de composants électroniques qu'il convient de ne pas négliger et qui soutient la comparaison avec son homologue allemand par exemple. Il contient quelques pépites dont le développement doit être facilité et qui seront autant de leviers de négociation potentiels, à utiliser à l'échelle nationale ou européenne en cas de crise, peut-être plus grave que celles déjà rencontrées.

Philippe KAHN

Ingénieur général des mines

**Isabelle WALLARD**

Ingénieur général des mines

**Stéphane COUVREUR**

Ingénieur en chef des mines



9 ANNEXES

Annexe 1 : lettre de mission



Paris, le 27/02/2023

Monsieur ROLAND LESCURE

Ministre délégué chargé de l'industrie

Lettre de mission

à Monsieur le Vice-président du Conseil général de l'économie

Objet : Préparation d'un plan d'actions visant à renforcer la résilience de l'industrie française face aux vulnérabilités de l'approvisionnement en composants électroniques

Monsieur le Vice-président,

La déstabilisation des chaînes de valeurs entraînée par la crise sanitaire a mis en lumière le rôle essentiel de la filière électronique pour la résilience de l'ensemble de l'industrie française. L'internationalisation des activités industrielles électroniques provoque en effet des situations d'interdépendance généralisée mais la France et l'Europe se trouvent dans une situation de dépendance accrue par rapport aux Etats-Unis et aux pays d'Asie orientale, comme en témoignent les tensions persistantes qui demeurent aujourd'hui sur certains composants.

Face à cette situation et compte tenu des incertitudes géopolitiques, le comité stratégique de la filière électronique a souhaité lancer en septembre 2021 une *task force* sur « les tensions en approvisionnement de la filière électronique ». Ce groupe de travail présente l'intérêt de réunir la filière productrice de composants avec les principales filières utilisatrices (automobile, aérien, défense et spatial, santé, nucléaire, infrastructures numériques, électrique etc.) afin d'établir un constat partagé sur le niveau de tension en approvisionnement. Après six réunions, le partage d'information apparaît relativement efficace. La mise en œuvre de mesures d'anticipation et de remédiation semble néanmoins buter sur l'extrême diversité des composants produits, et le peu de visibilité concernant leur criticité (alternatives existantes, dépendances en cascade, etc.).

Monsieur le Vice-président du Conseil
général de l'économie

139 rue de Bercy
75572 Paris Cedex 12

Parallèlement, l'*European Chips Act*, qui entre en phase de trilogue en mars, prévoit des actions harmonisées de *monitoring* du secteur ainsi que de nouveaux outils en cas de crise constatée dans les secteurs critiques : demandes d'information, achats communs et effacement de commandes au profit des secteurs critiques. Cependant ces mesures n'interviennent qu'en dernier recours face à une crise persistante et ne peuvent constituer la seule réponse aux enjeux soulevés par la vulnérabilité des approvisionnements en composants électroniques.

A l'échelon national, des investissements sans précédent ont d'ores et déjà été consentis sur des projets capacitaires afin de répondre à la demande de l'industrie française et européenne. Cependant ce type de soutien public sur des projets hautement capitalistiques est contraint, ce qui justifie la mise en place d'autres modalités d'intervention. De plus, la demande en composants électronique est appelée à augmenter, dans un contexte de transition énergétique et environnementale (électrification du parc automobile par exemple).

Dans cette perspective, nous vous confions une mission dont l'objectif est d'identifier et d'instruire de façon aussi approfondie que possible les actions qui pourront nourrir un plan permettant de répondre de façon concrète et opérationnelle aux vulnérabilités de la chaîne d'approvisionnement en composants électroniques.

Il est demandé à la mission d'examiner à ce titre :

- La criticité des approvisionnements en composants électroniques des filières industrielles utilisatrices, notamment celles de la décarbonation (véhicule électrique, énergies renouvelables) et ciblées par France 2030 (spatial, dispositifs médicaux à usage hospitalier...).
- Le rôle des acteurs de la chaîne de valeur de la filière électronique, notamment les distributeurs, dans l'anticipation et la cartographie des risques d'approvisionnement.
- Les marges d'amélioration relatives à la constitution, la mutualisation et la gestion des stocks et à leur financement.
- Les modalités d'une incitation à la prise en compte de la vulnérabilité en approvisionnement lors de la conception des systèmes par la filière électronique et par les filières utilisatrices.
- Les relations entre filière électronique et filières utilisatrices, par exemple les contrats de long terme.
- Les leviers pour renforcer le recours au re-design de systèmes électroniques, pour notamment réduire la dépendance vis-à-vis d'unique fabricants localisés en Asie, sans fragiliser pour autant les fonctions de recherche et développement.
- La pertinence et la viabilité d'initiatives portant sur le réemploi et le recyclage et plus largement sur l'économie circulaire des composants électroniques les plus courants en réponse à leur criticité.

- Sur ces différents points, les coopérations intra-européennes souhaitables.
- Toute autre action concourant aux objectifs précédemment exposés.

La problématique des vulnérabilités pesant sur la chaîne de valeur de l'électronique du fait des filières amont (énergie, chimie, matières premières, etc.) pourra également faire l'objet d'une réflexion.

Afin de mener à bien cette mission vous consulterez notamment les organisations professionnelles et des entreprises et pourrez interroger les services de nos ambassades dans quelques pays qui apparaîtraient particulièrement pertinents.

Vous pourrez réaliser une comparaison avec la sécurisation des filières militaires.

La mission réalisera un point d'étape intermédiaire précisant le diagnostic et l'identification des leviers dans un délai de deux mois à compter de la signature de la présente lettre, puis un rapport final assorti de propositions dans un délai de cinq mois.

Vous pourrez vous appuyer sur les services de la DGE, y compris en région, et de la DG Trésor à l'étranger ainsi que du haut fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) du Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique.

Veuillez agréer, Monsieur le Vice-Président, mes salutations distinguées.



Roland LESCURE

Annexe 2 : liste des personnes rencontrées

Administrations

Cabinet du Ministre délégué à l'industrie

Eric Paridimal, Conseiller filière électronique, innovation, France 2030, industrie 4.0 et Europe

DGE

Carole Vachet, sous-directrice du spatial, de l'électronique et du logiciel

Andréane Bourges, directrice de projets électronique

Benjamin Bellahnid, chef de projet électronique

HFDS

Samuel Heuzé, haut-fonctionnaire de défense et de sécurité adjoint, chef du service du Haut fonctionnaire de défense et de sécurité

DGPR

Philippe Bodenez, chef du service des risques sanitaires liés à l'environnement, des déchets et des pollutions diffuses (échange électronique)

Vincent Coissard, sous-directeur déchets et économie circulaire (échange électronique)

DIAMMS

Benjamin Gallezot, délégué interministériel aux approvisionnements en minerais et métaux stratégiques

Aurélien Gay, adjoint

SGAE

Tanguy Larher, Chef de secteur Marché intérieur, industrie, recherche et innovation, numérique, espace

Patricia Le Frious, adjointe

DGA

Alexandre Lahousse, chef du service des affaires industrielles et de l'intelligence économique

Vincent Sol, sous-directeur affaires industrielles terrestres, navales, électroniques et numériques

SGDSN

Nicolas de Maistre, Préfet, directeur de la protection et de la sécurité de l'État

François Murgadella, conseiller

Jean-François Hardy, chargé de la stratégie nationale de résilience

Bpifrance

Sophie Rémont, directrice, direction de l'expertise et des programmes

Bertrand Fontaine, directeur de la garantie

Commission européenne

Malgorata Nikowska, DG Connect, head of Unit A4 Digital Transformation of Industrial Ecosystems
Gaspard Demur, adjoint

Fédérations et organisations professionnelles

SNESE (Syndicat National des Entreprises de Sous-traitance Électronique)

Eric Burnotte, président
Jean-François Maire, délégué général

FIIEC (Fédération des industries électriques, électroniques et de communication)

Benoît Lavigne, délégué général

CSF électronique

Frédérique Le Grèves, présidente, présidente de ST Microelectronics France
Hélène Julien, déléguée du CSF

Acsiel Alliance électronique

Stéphane Martinez, président d'Acsiel, directeur de l'usine de Tours de ST Microelectronics

SPDEI (Syndicat Professionnel de la Distribution en électronique Industrielle)

Alain Gorrec, président, et président directeur général de CEL Composants Electroniques Lyonnais
Olivier Flamand, Sales Director France and Aerospace & Defense EMEA at Arrow Electronics
Fabrice Lecordier, Regional Vice President Sales West Europe, TTI

Industriels secteur électronique

Thalès

Cédric Demeure, directeur du centre corporate de recherche et technologie de Thales à Palaiseau, ancien président d'Embedded France (systèmes et logiciels embarqués)
Alexandre Houlié, directeur de la stratégie
Bertrand Demotes-Mainard, Vice-président Recherche et Technologie Matériel

X-Fab

Laurence Dassas, Global Innovation Manager, X-Fab France

Precogs

Cyril Cavaillé, président

Soitec

Christophe Barre, responsable des affaires publiques

José Bériot, directeur des affaires publiques

Würth

Thomas Loos, président Würth Elektronik France

Lacroix

Vincent Bedouin, président directeur général, n'a pas répondu à nos sollicitations.

CEA

Julie Galland, directrice de la recherche technologique, ancienne, sous-directrice du spatial, de l'électronique et du logiciel à la DGE

Sébastien Sylvestre, chef du service de bibliométrie et études marketing

Patrick Cappe de Baillon, référent intelligence économique

Aval

Secteur des télécommunications

Orange

Philippe Lucas, Executive Vice President Devices and Partnerships, Orange Innovation

Sébastien Bertrand, directeur de projets innovation, Orange Innovation

FFT (fédération française des télécommunications)

La FFT n'a pas souhaité rencontrer la mission

Buyin

Khalid Sharaf, Senior Vice President Devices & Platforms

Secteur de l'énergie

CSF nouvelles techniques de l'énergie

Aurélie Picart, directrice générale

CSF nucléaire

Hervé Maillart, délégué permanent filière nucléaire au Conseil National de l'Industrie

Elisa Cavaillès, assistante

EDF

Damien Bilbault, directeur du programme équipements EPR2

Fabrice Gourdeillier, directeur des achats groupe EDF

Secteur automobile

PFA (plate-forme automobile)

Marc Mortureux, directeur général

FIEV (Fédération des industries des équipements pour véhicules)

Xavier Chaptal, responsable technique et affaires publiques

Continental

Stefan May, CEO Automotive- Focus Country Head France

Jean-Philippe Solas, responsable organisation achats de Continental automotive pour composants productifs

Forvia

Cyril Laury, Senior Group Technology Manager

Valeo

Didier Ruhlmann, directeur du développement des achats Groupe

Maurice Labedan, directeur des achats

Renault

François Provost, chief purchasing, artnerships and public affairs officer

Bruno Font, expert leader fiabilité et technologies électroniques

Stellantis

Gilles Testut, purchasing vice-president, head of supplier relationship & risk management

Secteur ferroviaire

Alstom

Philippe Delleur, Vice-Président, affaires publiques, et délégué de la filière ferroviaire au Conseil National de l'Industrie

Emmanuel Guyard, responsable des achats de la division signalisation, coordinateur des achats électroniques

Secteur aérien

GIFAS

Pierre Bourlot, directeur général

Anthony Bourdon, directeur des affaires industrielles

Airbus

Anne-Sophie de la Bigne, vice-présidente affaires publiques, Airbus France

Jean-Marie Garigue, VP engineering, head of cockpit and platforms

Philippe Coq, directeur des affaires publiques

Frédéric Romegoux, VP procurement equipment & systems

Safran

Benoît Martineau, directeur des achats avionique & électronique chez Safran Electronics & Defense

Marc Saulnier, strategic sourcing - open innovation programs manager, Safran Electronics & Defense

Secteur de la santé

Fefis (fédération Française des Industries de Santé)

Catherine Bourienne, déléguée générale

Microport CRM (cardiac rhythm management)

Benoît Chinchamps, président

Secteur de la sécurité

Jacques Roujansky, délégué permanent du CSF Industries de sécurité

Experts

Laurent Gouzènes

Jean-Christophe Eloy, président directeur général, groupe Yole, et Jérôme Azemar, consulting services division director

Thierry Tingaud, ancien président de ST Microelectronics France et du CSF électronique

Stéphane Siebert, ancien directeur de la recherche technologique au CEA

La mission a également participé, à l'invitation du CSF électronique, à une réunion de la task-force « approvisionnements », ce qui lui a permis d'échanger avec de nombreuses personnes, dont seules sont citées ici celles ayant fait l'objet d'un entretien spécifique.

Annexe 3 : glossaire

ACSIEL	Alliance des Composants et Systèmes pour l'Industrie Electronique
ADAS	Advanced driver assistance system
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AIV	Conseil consultatif des Pays-Bas pour les affaires internationales
ALD	Atomic layer deposition
AMD	Advanced Micro Device
ARM	Acorn Risc Machine, architecture de type RISC
ASIC	Application-specific integrated circuit
ASMI	ASM International
ASML	Advanced Semiconductor Materials Lithography
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie – Fédération de l'industrie allemande
BDSV	Bundesverband der Deutschen Sicherheits – und Verteidigungsindustrie – Fédération allemande de l'industrie de la défense et de la sécurité
BOM	Bill of materials
BPI	Banque publique d'investissement, désormais Bpifrance
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CAC	Administration chinoise du cyberespace
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives
CGDD	Commissariat général au développement durable
CGE	Conseil Général de l'Economie
CNAM	Conservatoire National des Arts et Métiers
CRMA	Critical Raw Materials Acts
CSF	Comité stratégique de filière
DAE	Direction des achats de l'Etat
DGA	Direction générale de l'armement
DGE	Direction générale des entreprises
DGPR	Direction générale de la prévention des risques
DIAMMS	Délégation Interministérielle aux Approvisionnements en Minerais et Métaux Stratégiques
DUV	Deep Ultra Violet - Ultraviolet profond
ECA	European Chips Act
EMS	Electronic manufacturing services
ETI	Entreprise de taille intermédiaire
ETP	Equivalent temps plein
EUV	Extreme Ultra Violet - Ultraviolet extrême
FCC	Federal Communications Commission -Commission Fédérale des Communications américaine
FD-SOI	Fully depleted silicium on insulator - Technologie silicium sur isolant
FEFIS	Fédération Française des Industries de Santé
FTT	Fédération Française des Télécommunications
FIEEC	Fédération des Industries Électriques, Électroniques et de Communication
FIEV	Fédération des Industries des Equipements pour Véhicules
FPGA	Field Programmable Gate Array - réseau de portes programmables
GIFAS	Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales
HFDS	Haut Fonctionnaire de Sécurité et de Défense
IFPEN	IFP Energies nouvelles
IFRI	Institut Français des Relations Internationales
IPCEI	Important Projects of Common European Interest (PIIEC en français)
IPF	Integrated production facilities
IRT	Institut de recherche technologique
IST	Information scientifique et technique

ITC	Investment Tax Credit
LED	Light Emitting Diode - Diode électroluminescente
LETI	Laboratoire d'Electronique des Technologies de l'Information (CEA)
MCU	Microcontroller unit - Microcontrôleur
MEDEF	Mouvement des Entreprises DE France
MEFSIN	Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems - Microsystème électromécanique
MPC	Matières premières critiques
MPU	Micro-processing unit - Microprocesseur
MTE	Ministère de la transition écologique
NCNR	Non cancellable non reschedulable
NXP	Next Experience - NXP Semiconductors est un fabricant issu de Philips
OEF	Open EU foundry
OFREMI	Observatoire Français des REssources Minérales pour les filières Industrielles
OIV	Opérateur d'Importance Vitale
PCB	Printed Circuit Board - Circuit imprimé
PFA	Plate-Forme Automobile, filière automobile en France
PGE	Prêt garanti par l'État
PIIEC	Projet Important d'Intérêt Européen Commun
PIPAME	Pôle interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations Economiques
PIV	Point d'importance vitale
PME	Petite et moyenne entreprise
RISC	Reduced instruction set computer
SER	Service Economique Régional
SGAE	Secrétariat Général des Affaires Européennes
SGDSN	Secrétariat Général de la Défense et de la Sécurité nationale
SIA	Semiconductor Industry Association (américaine)
SMEI	Single Market Emergency Instrument
SNESE	Syndicat National des Entreprises de Sous-traitance Electronique
SPDEI	Syndicat Professionnel de la Distribution en Electronique Industrielle
SPP	Sustainable public procurement, programme des Nations Unies
TAM	Total available market
TIC	Technologies de l'information et de la communication
TPE	Très petite entreprise
TSMC	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
VDA	Verband der Automobilindustrie -Fédération de l'industrie automobile allemande
VDD	Parti populaire pour la liberté et la démocratie (Pays-Bas)

Annexe 4 : la situation aux Pays-Bas

Cette annexe reprend la note d'analyse fournie par la DG Trésor (service économique régional de La Haye), que la mission remercie.

Eléments de contexte :

1. Politique industrielle aux Pays-Bas.

La stratégie industrielle néerlandaise s'appuie sur des secteurs prioritaires (*topsectoren*) pour établir les priorités nationales et la politique d'innovation. L'identification et la définition de ces secteurs émane des acteurs économiques eux-mêmes. Formés en 2011, ils sont au nombre de 10 : agroalimentaire, chimie, industries créatives, énergie, santé, logistique, matériaux et systèmes high-tech, horticulture, eau et numérique.

La coopération est institutionnalisée sous forme de consortiums (TKI) qui réunissent le gouvernement, les établissements d'enseignement supérieur et de recherche et les industriels. Ces TKIs déclinent les priorités de la politique industrielle du gouvernement.

Le gouvernement est par ailleurs engagé dans une stratégie de transition numérique et de flexibilisation de l'appareil industriel national, qui se traduit par le cadre du programme *Smart Industry*. Un consortium a été fondé en 2014 par le Ministère de l'Économie et du Climat (TNO, Chambre de Commerce, organisation faïtière de l'industrie métallurgique *Koninklijke Metaalunie*, association des entreprises innovantes *FME*, agence nationale pour l'entreprise *RVO*) pour l'élaboration et la mise en œuvre de ce programme (dont la [deuxième mouture](#) a été publiée en 2022). Trois objectifs affichés sont d'accroître la croissance économique en augmentant la productivité, créer des emplois attractifs, réduire l'utilisation des matières premières et la consommation d'énergie. Ces développements doivent permettre aux Pays-Bas de devenir le réseau de production le plus flexible et le mieux connecté numériquement en Europe en 2025, grâce à des chaînes robustes et fiables avec un nombre limité d'intermédiaires. Le recours à l'intelligence artificielle et au numérique peut contribuer à la réalisation de cet objectif. Ces éléments figurent dans le document stratégique de la *Smart Industry*.

Il convient en outre de noter que les Pays-Bas ont identifié des secteurs comme vitaux car ils conditionnent la stabilité de l'État de droit néerlandais en tant que leur dégradation occasionne des conséquences économiques et sociales d'envergure. Ces secteurs sont : aviation civile, énergie, TIC, système bancaire, navigation, transport, chimie et nucléaire. Pour ces secteurs, une démarche de **sécurisation des approvisionnements** existe afin de répondre à des situations de crise. Ils bénéficient d'une surveillance accrue, essentiellement dans une **démarche sécuritaire**, sous la supervision de la [coordination nationale pour le contre-terrorisme et la sécurité](#).

2. L'industrie des semi-conducteurs est l'un des moteurs de l'économie néerlandaise.

La croissance exceptionnelle de la production de l'industrie néerlandaise de machines et équipements en 2021 (+35%, contre +5% dans l'UE) a été tirée par le secteur des semi-conducteurs. C'est notamment le fait des entreprises ASML, ASMI, NXP et Besi²⁶, dont le CA a plus que doublé entre 2015 et 2021 (+153%) pour atteindre un total cumulé de 35,9 Md\$. Le fédérateur *Holland Semiconductors* se targue de représenter **un secteur employant plus de 20 000 personnes** hautement qualifiées aux Pays-Bas. Entre 2017 et 2021, les exportations nationales du secteur ont crû de +52% pour s'établir à 22 Md€, soit plus de 2% du PIB. En 2021, près de 85% des exportations de semi-conducteurs étaient captées par les 6 premiers clients et se concentrent à 70% sur l'Asie (Taiwan²⁷ 33%, Corée du Sud²⁸ 25%, Chine 10%). Fin octobre 2022, la capitalisation boursière du secteur des semi-conducteurs (276 M€) représentait ¼ du total des sociétés cotées aux Pays-Bas (contre 8% en 2017, avant le départ de Shell et Unilever au Royaume-Uni).

Les Pays-Bas sont un pays incontournable dans la chaîne de valeur mondiale de l'industrie des semi-conducteurs. Une grande partie de la chaîne de valeur y est représentée, dont des géants de l'industrie. Le fleuron néerlandais est le fabricant de machines de photolithographie **ASML** (3^e capitalisation boursière en UE à la date du 20/6/23), qui détient : **(i)** un monopole sur les machines EUV (ultraviolet extrême), essentielles à la fabrication des puces électroniques les plus avancées (taille de gravure < 7 nm) ; **(ii)** un quasi-monopole, partagé avec les Japonais Nikon et Canon, sur les machines DUV (ultraviolet profond) servant dans la production de puces moins avancées et plus courantes (taille de gravure > 7 nm). Les Pays-Bas comptent aussi plusieurs **producteurs de semi-conducteurs** de classe mondiale comme **Ampleon**, **Nexperia** ou encore **NXP**. Ce dernier est *leader* dans le domaine des puces électroniques dédiées à l'automobile (30% des parts de marché en 2021) et à l'industrie. La plupart de ces entreprises, issues de la « constellation Philips », sont de ce fait localisées à Eindhoven à proximité du pôle d'innovation *Brainport*.

L'Asie de l'Est est le premier fournisseur de semi-conducteurs/composants électriques des Pays-Bas. Selon l'office central de statistiques **CBS**, la répartition des importations par pays fournisseur était la suivante en 2021 : 20.8 % Chine, 14,3 % Malaisie, 7.6 % Vietnam.

²⁶ Selon une [étude](#) de la banque ING, juin 2022.

²⁷ ASML a 5 sites (R&D, production, vente, service) et 4 500 ETP à Taïwan, et ouvrira un [site](#) à Taipei en 2024.

²⁸ ASML a 4 sites (vente, service), 2 000 ETP en Corée du Sud, et ouvrira un [site](#) à Hwaesong (181 M\$) en 2024.

3. Restrictions d'exportation d'équipements de semi-conducteurs vers la Chine suite à l'accord tripartite passé entre les États-Unis, le Japon et les Pays-Bas.

Le 8 mars 2023, le gouvernement néerlandais a confirmé qu'il mettra en place des restrictions additionnelles sur l'exportation d'équipements de semi-conducteurs. Dans une lettre au parlement, la Ministre chargée du Commerce Extérieur, Mme Schreijnemacher (VVD), explique que la décision a été prise pour des raisons de « sécurité (inter)nationale ». Elle précise que les mesures sont « chirurgicales » et qu'elles ne concerneraient que les équipements de semi-conducteurs les plus avancés dont : (i) les machines de lithographie DUV (ultraviolet profond) par immersion ; (ii) et celle dite de « déposition ». Le document reflétant la position officielle du gouvernement ne mentionne aucun pays, et *a fortiori* ni la Chine, ni les États-Unis.

Les leaders mondiaux ASML (photolithographie) et ASMI (ALD – atomic layer deposition) seraient les principales entreprises concernées aux Pays-Bas. Dans un [communiqué](#) en réaction à la lettre de la Ministre Schreinemacher, ASML confirme que les nouvelles restrictions ne devraient pas affecter ses performances financières, ni en 2023, ni à plus long-terme. L'entreprise estime toutefois que ces futurs contrôles à l'exportation ne devraient pas concerner l'ensemble des machines de lithographie DUV par immersion, mais seulement les plus avancées²⁹. ASML s'interroge en sus sur l'efficacité des futures restrictions, notant que les producteurs de puces électroniques matures (i.e les plus courantes) sont déjà bien équipés en machines de lithographie par immersion. En revanche, l'entreprise ASMI qui détient 55% du marché mondial des machines ALD, n'a pas encore réagi à l'annonce mais ne devrait pas être significativement affecté considérant la localisation de son site principal de production à Singapour.

Q1/- Quels ont été les problèmes d'approvisionnement en composants électroniques rencontrés par l'industrie de 2020 à 2022 ? En particulier, quels ont été ceux des secteurs de la construction automobile, de l'aéronautique et l'espace, de la défense, de la santé et dispositifs médicaux, du nucléaire, des infrastructures numériques et de la fourniture d'énergie ?

Selon une étude de [KPMG](#) de 2020 pour le gouvernement néerlandais, les Pays-Bas sont l'un des trois pays au monde, avec les États-Unis et le Japon, à disposer d'une chaîne de valeur complète des semi-conducteurs à l'intérieur de leurs frontières. ASML et NXP représentent ensemble un chiffre d'affaires de 33,4 Md€ en 2022 (21,2 Md€ pour ASML et 12,2 Md€ pour NXP) et ASML fournit à elle seule de l'emploi à 40 000 travailleurs (dont 17 000 aux Pays-Bas). ASML détient une part de marché mondiale d'environ 25% pour l'ensemble du marché des équipements de fabrication de plaquettes, de 90% pour la photolithographie et de 100% pour les scanners de lithographie EUV.

²⁹ À l'aune des précisions apportées par la lettre de Mme Schreinemacher, ASML estime que pourraient être concernés les outils d'« immersion critique », à l'instar du TWINSCAN NXT:2000i et des systèmes d'immersion ultérieurs.

Malgré cela, le pays a subi les conséquences de la crise sanitaire, qui se sont manifestées par des pénuries. À titre d'exemples, le PDG de Philips, Frans Van Houten, a [dit](#) fin avril 2021 craindre de devoir cesser la production de certains équipements médicaux en raison de pénuries de puces électroniques. La production de [défibrillateurs](#) a ainsi été affectée. Le 3 mai 2021, l'usine automobile Nedcar de VDL, qui produit des MINI pour le compte du groupe BMW, a quant à elle dû interrompre sa production pour trois jours en raison de problèmes dans sa chaîne d'approvisionnement. Le 8 juillet 2021, la pénurie de puces informatiques a aussi paralysé la production de camions Scania à Zwolle et Meppel. Les entreprises de services de fabrication électronique ont dû faire face à de nombreux problèmes logistiques durant la crise sanitaire dus à l'augmentation des délais de livraison et de la disponibilité des composants électroniques, entraînant des problèmes pour la production électronique.

Q2/-Quelle est la situation actuelle, en 2023, en termes d'approvisionnement en composants électroniques, pour ces secteurs ?

En 2023, l'approvisionnement en puces électroniques n'est plus sous tension et le sujet n'est plus mis en avant par le secteur industriel. D'après les analystes des banques ING et Rabobank, cela s'explique par : (i) une baisse de la consommation de biens numériques suite à la fin des confinements qui ont marqué les années 2020-2021 et du fait de l'inflation depuis le S2 2021 ; (ii) la reprise des cadences de production pré-Covid par les fabricants de puces ; (iii) la constitution de stock, désormais pleins, par les entreprises consommatrices de puces. De ce fait, les producteurs de puces électroniques constatent une baisse de la demande depuis avril 2023.

Du côté des producteurs de puces électroniques, d'après le [journal spécialisé MaakIndustrie](#), Intel et Samsung répondent à cette baisse de la demande en réduisant leur cadence de production et en baissant leurs investissements.

Par ailleurs, dans une interview accordée au [Financial Times](#) en mars 2022, Peter Wennink, le PDG d'ASML, a déclaré ne pas pouvoir répondre à la demande croissante des fabricants de semi-conducteurs comme TSMC, Intel ou encore Samsung dans les deux années à venir (2023 et 2024), à cause d'équipements en machines insuffisants. ASML prévoit d'augmenter sa capacité de production annuelle de 50% pour la porter à 90 systèmes EUV et 600 systèmes DUV (2025-2026), tout en augmentant la capacité High-NA EUV à 20 systèmes (2027-2028).

Dans son [rapport annuel 2022](#) publié en mai 2023, ASML indique toujours faire face à des pénuries d'approvisionnement en matériaux électroniques, pénuries qui l'empêchent de produire autant que souhaité et de suivre la demande.

La tension dans la chaîne de valeur des composants électroniques aux Pays-Bas s'est reportée sur l'approvisionnement en matières premières pour la production de semi-conducteurs, notamment vis-à-vis de la Chine, Russie et de la RDC. Le think-tank néerlandais HCSS l'explique par les tensions géopolitiques et/ou commerciales en cours (guerre entre la Russie et l'Ukraine, Instabilité dans la région de la RDC, restriction de semi-conducteurs des Pays-Bas envers la Chine), qui mettent en évidence la fragilité de la chaîne d'approvisionnement aux Pays-Bas.

Q3/- Quelles ont été les mesures prises ou envisagées par l'administration pour remédier à ces pénuries, en termes de capacités de production de composants électroniques ? en termes d'approvisionnement ? Dans quelle mesure les capacités de ces nouvelles installations pourront-elles alimenter les besoins de l'industrie française ?

Approvisionnement

Le gouvernement néerlandais n'a pas mis en œuvre de mesures spécifiques de soutien public à l'industrie des semi-conducteurs, considérant que la gestion des approvisionnements est du ressort des entreprises.

1. Le gouvernement a toutefois identifié qu'une interruption de l'approvisionnement crée un risque à long terme pour les chaînes de production, comme mis en évidence par la cartographie des chaînes de valeur à l'échelle nationale publiée en octobre 2020 et réalisée par KPMG (cf. [Q1](#)). De ce fait, le gouvernement accorde désormais une attention particulière à la **diversification de l'approvisionnement** par le biais de partenariats avec les pays tiers concernés.
2. Abondant également dans ce sens, [un rapport de la DNB](#) (Banque Centrale des Pays-Bas) de janvier 2021 identifie quatre vulnérabilités principales des chaînes de valeur mondiale : (i) un risque plus élevé de chocs étrangers ; (ii) une livraison de marchandises en flux tendu ; (iii) des restrictions à l'exportation ; et (iv) une visibilité limitée au sein des chaînes d'approvisionnement.

Pour réduire les vulnérabilités, la DNB formule les préconisations suivantes :

- i. Le libre-échange reste efficace et une intervention gouvernementale pourrait être dommageable. Cependant, le gouvernement pourrait prendre des mesures pour protéger l'approvisionnement de biens essentiels du point de vue de l'intérêt public.
 - ii. Rendre les chaînes d'approvisionnement plus robustes. Le reshoring n'est pas à privilégier selon la DNB, car il expose les entreprises aux risques domestiques. De même, la diversification des fournisseurs est jugée trop coûteuse et engendre une perte d'économies d'échelle ; en outre, si une crise affecte tous les pays simultanément, elle n'est pas gage de sécurité d'approvisionnement. En revanche, la détention de stocks tampons plus importants constitue une solution adéquate pour la DNB. Enfin, la DNB note qu'une solution retient peu l'attention dans le débat politique : la nécessité d'une visibilité accrue dans les chaînes d'approvisionnement. Des technologies telles que la blockchain et "l'internet des objets" pourraient jouer un rôle important à cet égard.
3. Au cours de l'année 2020, le Ministre du Commerce Extérieur (BHOS) s'est [entretenu avec une sélection d'entreprises](#) aux chaînes de valeur complexes pour évaluer la gestion de risques leur correspondant. Il en ressort que les entreprises considèrent la gestion de la chaîne d'approvisionnement comme un élément central de leur activité. Elles prennent des mesures de différents ordres :
 - sélection et surveillance des fournisseurs (stratégiques) : exigences en matière de solvabilité et de gestion des risques opérationnels des fournisseurs (directs, stratégiques) ;
 - diversification des fournisseurs ;
 - constitution de stocks tampons, notamment de pièces essentielles ;
 - cellule de gestion de crise pour faire face aux pénuries ;
 - surenchère par rapport aux autres acheteurs sur le marché en cas de pénurie.

4. Du reste, le gouvernement suit de près et avec intérêt les initiatives prises au niveau de l'Union Européenne (accords commerciaux avec des pays tiers, plans susceptibles de réduire les importations en provenance de pays tiers concernant les matières premières et l'économie circulaire).

Production

En matière de production de composants électroniques, les Pays-Bas s'attachent à créer les conditions favorables à la sécurisation de l'approvisionnement en matières premières critiques, ce qui se traduit par des engagements stratégiques au niveau européen.

1. **Les Pays-Bas s'engagent pour favoriser le développement de la capacité de traitement des matières premières critiques (MPC) au niveau européen.** Dans un non-papier publié le 21 février 2023 sur le plan d'action sur les matières premières critiques et la loi sur les matières premières critiques, les Pays-Bas insistent en premier lieu sur l'extension des capacités d'extraction et de raffinage au sein de l'Union européenne, dans le respect de critères de durabilité. En deuxième lieu, les Pays-Bas plaident pour la diversification de l'approvisionnement à travers des partenariats avec des pays tiers. En troisième lieu, la délégation néerlandaise pousse pour une intégration des enjeux liés aux MPC dans les textes européens relatifs à l'économie circulaire et à l'écoconception (pouvant conduire à substituer une MPC par un autre matériau en plus grande quantité). En quatrième lieu, les Pays-Bas plaident pour l'élaboration d'une méthodologie de suivi de la sécurité d'approvisionnement en MPC. Enfin, ils appellent à ce que des mesures de responsabilité sociale et environnementale soient promues par l'UE vis-à-vis des partenaires tiers et des entreprises, en associant ce faisant constamment les États-membres.
2. **Dans le cadre de sa politique relative à l'Autonomie stratégique, le gouvernement néerlandais identifie comme nécessaire le développement de l'exploitation minière et le raffinage durables en Europe** ([stratégie](#) publiée en novembre 2022). Les autres leviers d'action identifiés concernent la diversification ; la circularité et l'innovation ; l'acquisition et le suivi de connaissances ; l'amélioration de la durabilité des chaînes internationales.

Q4/- Sur ces sujets, une coopération internationale, notamment entre des centres de recherche publics et des industriels ou entre États, est-elle recherchée à moyen terme au sein de l'UE/avec les États-Unis, le Japon, la Corée ou l'UE ?

1. **Dans le cadre de sa politique [relative aux matières premières critiques](#) publiée en décembre 2022, le gouvernement néerlandais cherche à nouer des partenariats avec d'autres États dans le but d'assurer une sécurité d'approvisionnement.** Cette stratégie semble répondre aux préconisations du conseil consultatif pour les affaires internationales (*Adviesraad Internationale Vraagstukken - AIV*) d'avril 2022, qui estimait par ailleurs que le gouvernement néerlandais gagnerait à plaider pour l'adoption d'une **politique industrielle dans un cadre européen** et devrait faire des **efforts focalisés sur des secteurs à enjeu**, comme celui des semi-conducteurs. Il recommandait également au gouvernement néerlandais de se joindre au *Chips Act*, au profit de la position concurrentielle des Pays-Bas – recommandation que le gouvernement néerlandais a prise à son compte.

L'agence néerlandaise pour les entreprises (RVO) a ainsi publié dès mars 2023 un [rapport](#) promouvant la coopération avec l'Australie sur les matériaux critiques.

2. **Concernant spécifiquement la France**, lors de la visite d'État du Président de la République aux Pays-Bas, les ministres français et néerlandais Roland Lescure (Industrie), Micky Adriaansens (Économie et Climat) et Liesje Schreinemacher (Commerce extérieur) ainsi que des représentants des fédérations d'entreprises françaises et néerlandaises (MEDEF et VNO-NCW) ont signé le 12 avril 2023 un **Pacte pour l'innovation et la croissance durable**, dont un des objectifs est de structurer et de développer la coopération bilatérale des deux pays notamment pour la R&D et la production de semi-conducteurs.

Les écosystèmes français et néerlandais de semi-conducteurs entretiennent déjà des relations de coopérations étroites, notamment entre les pôles de Grenoble et d'Eindhoven, à travers le *High Level Forum* et la coopération entre les pôles de compétitivité *Minalogic* et *High Tech Netherlands*, dans le cadre de l'*Alliance Silicon Europe* et de l'alliance des régions européennes des semi-conducteurs. Ces échanges pourraient être davantage développés et formalisés dans le cadre du Pacte pour l'innovation.

3. **Au niveau européen, les Pays-Bas ont soutenu le Chips Act et le Joint undertaking**, souscrivant aux efforts de l'UE pour renforcer la position européenne dans ce secteur. Elle est favorable aux grandes lignes du *Chips Act* et à la transformation du *Joint undertaking* en *Chips Joint undertaking*. Les principales préoccupations de la délégation néerlandaise concernent toutefois les aspects financiers.

Les Pays-Bas participent par ailleurs à l'IPCEI ME/CT (projet important d'intérêt européen commun dans le domaine de la microélectronique et des technologies de communication). À ce titre, le ministère néerlandais de l'Économie et du Climat a soumis six projets à la Commission auxquels il souhaite allouer 230 M€. Ils concernent les technologies radar et 6G (tous deux de NXP), la réalisation des dernières machines **pour la production avancée de semi-conducteurs** (*ASML* et *Nearfield Instruments*) et le développement d'innovations pour le test des semi-conducteurs (*Thermo Fisher*), les solutions photoniques intégrées (*SMART Photonics*). Cet IPCEI a été validé par la Commission en date du 8 juin 2023, autorisant les États membres à verser un total de 8,1 Md€ de financement public.

4. **Dans le domaine des coopérations technologiques**, peut être cité le protocole d'accord entre l'entreprise **dpiX** (États-Unis) et l'institut de recherche **TNO** (Pays-Bas), destiné à étendre la coopération entre les entreprises dans le domaine de la recherche, du développement de prototypes et de la fabrication de semi-conducteurs et d'électronique. Cette coopération s'ajoute au *Chips for America Act* qui alloue 280 Mds\$ de financement pour la R&D et la production de semi-conducteurs aux États-Unis dont **dpiX** bénéficie partiellement.

Q5/- Les mesures suivantes, explicitées dans la lettre de mission en annexe, ont-elles fait l'objet d'un développement particulier ou de mesures particulières ? D'autres mesures ont-elles été prises ou sont-elles en cours de réflexion ?

Il convient de noter que les Pays-Bas affichent une réticence à soutenir spécifiquement l'industrie des semi-conducteurs, dans une volonté de ne pas venir perturber le bon fonctionnement du marché. Dans la politique néerlandaise relative aux dépendances stratégiques ([mai 2023](#)), le gouvernement indique explicitement que « **les entreprises sont les premières responsables de l'atténuation des risques dans leurs propres chaînes de valeur** ». Cette politique précise toutefois que, « **lorsque des mesures drastiques sont nécessaires pour atténuer les risques d'une dépendance stratégique, le gouvernement est prêt à les prendre** ».

Dans cette politique sont décrites de **manière générique** les grandes lignes de la politique néerlandaise en matière de prévention des risques liés aux dépendances stratégiques :

- (i) **identification** par l'État des dépendances stratégiques critiques (à l'image du monitor géopolitique publié en [décembre 2022](#), fondé sur une inventarisation par pays partenaire du nombre de chaîne de valeurs critiques pour l'économie néerlandaise) ;
- (ii) **atténuation des dépendances stratégiques** en envisageant dans certains cas une intervention de l'État (cette intervention³⁰ ne se justifie que dans certains cas : risques élevés pour l'intérêt public, action insuffisante des acteurs privés, bilan socioéconomique de l'intervention positif) ;

La mise en œuvre de cette politique est confiée à une *taskforce* dédiée aux dépendances stratégiques, qui en 2023 se concentre sur la définition d'un programme de travail pour les secteurs (i) Matières premières et Énergie ; (ii) Applications numériques ; (iii) Produits médicaux ; (iv) Produits alimentaires.

Les principales mesures prises ou en cours de réflexion aux Pays-Bas sont :

- stratégie nationale relative aux matières premières ;
- développement de la politique de sécurité des connaissances (décembre 2022) ;
- loi Vifo (filtrage des investissements) révisée en 2022 ;
- fin 2023 : stratégie nationale sur les technologies ;
- fin 2023 : établissement d'une stratégie relative à l'autonomie stratégique ouverte dans le domaine du numérique.

a- Établissement de la criticité des approvisionnements en composants électroniques des filières utilisatrices (par l'État ou les entreprises).

Cf. ci-avant.

À noter par ailleurs que l'Agence néerlandaise pour les entreprises (RVO, opérateur sous tutelle du ministère de l'Économie) met à disposition un [scanner de matières premières \(Grondstoffenscanner\)](#), qui permet, en scannant un produit, de connaître les matériaux qui le composent, leur origine et le risque

³⁰ Concernant spécifiquement les composants électroniques, le gouvernement néerlandais cite l'étude 2021, BCG, *Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era*, d'après laquelle le *reshoring* complet de la chaîne de valeur des semi-conducteurs coûterait 1000 Md\$ et entraînerait une hausse du prix des composants électroniques de 35 à 65%.

associé (environnemental, social, économique). Le scanner donne également des estimations quant à la sécurité de l'approvisionnement. Par la mise à disposition de cet outil, l'État attend des entreprises qu'elles se renseignent et prennent elles-mêmes leur responsabilité (cf. [Q3](#)).

b- Diagnostic du rôle des acteurs de la chaîne de valeurs, notamment les distributeurs, dans l'anticipation et la cartographie des risques.

En cours par la *taskforce* de l'État dédiée aux dépendances stratégiques.

c- Améliorations réalisées par les entreprises ou l'État relatives aux stocks et à leur financement. Plus précisément, les entreprises ont-elles augmenté leurs stocks de composants électroniques ? Des stocks stratégiques sont-ils envisagés, étudiés ou mis en place ?

Des stocks stratégiques ont été mis en place par l'État pour les hydrocarbures, les médicaments, les dispositifs médicaux et les liquidités, mais pas concernant les composants électroniques.

L'État n'intervient pas dans l'approvisionnement mais encourage les entreprises à assumer davantage de responsabilités dans la gestion des risques liés à la sécurité de l'approvisionnement.

d- Relations entre fournisseurs de composants électronique et filières utilisatrices visant à sécuriser les approvisionnements (ex : contrats de long terme, accords en vue de réaliser des achats groupés...)

Le producteur néerlandais de puces électroniques NXP (dépendant à 58% des fournisseurs externes, et reposant pour le reste sur sa propre capacité de production) a établi des contrats de long terme avec les « fonderies » qui fabriquent des puces conçues par l'entreprise.

e- Leviers pour favoriser le recours au redesign

Aucune mesure spécifique n'a encore été mise en œuvre pour favoriser le recours au *redesign*.

Toutefois, dans son nouveau programme dédié à la relance de cette transition publié en février 2023, le *Nationaal Programma Circulaire Economie 2023 – 2030* ([NPCE](#)) doté de quelque 70 M€ par an, un des objectifs visés est d'adapter les nouveaux produits à l'économie circulaire. Pour les appareils électriques et électroniques, le programme identifie un potentiel de réduction de 5,52 Mt_{eq-CO2} sur un total de 13,89 Mt_{eq-CO2} d'ici 2030. Au moyen d'un renforcement des exigences européennes sur l'écoconception et d'un déploiement de mesures d'écoconception, le programme se donne pour objectifs d'ici 2030 : (i) que les produits mis sur le marché seront adaptés à une économie circulaire (longue durée de vie, facilement réparable, matériaux réutilisables et recyclables), (ii) l'exploitation à plein du potentiel circulaire des appareils électriques et électroniques ainsi qu'un (iii) recyclage de haut niveau du plus de matériaux possible.

f- Initiatives portant sur le réemploi et le recyclage des composants électroniques

Les Pays-Bas connaissent une fondation organisant la collecte et le recyclage des appareils électroniques et des ampoules électriques.

Entre les mois de mars à décembre 2021, 141 251 tonnes de déchets électroniques ont ainsi été collectés aux Pays-Bas par **Wecycle** (contre 125,5 tonnes en 2020). Il existe maintenant 14 810 points de collecte

aux Pays-Bas. Les entreprises fournissent un effort croissant dans la collecte de déchets électroniques. Wecycle cite *Bol.com* (leader du commerce en ligne) et *Roompot* comme exemples. Selon Wecycle, 79 % des déchets électroniques collectés sont réutilisés comme matière première, le reste étant généralement incinéré.

Par ailleurs les Pays-Bas, aux côtés de la Belgique, de l'Allemagne, de la Norvège, du Royaume-Uni, de l'Autriche et du Canada se sont engagés le 14 juin 2021 dans le [Circular & Fair ICT Pact](#) (CFIT), partenariat visant à accélérer la circularité, l'équité et la durabilité dans le secteur des TIC qui s'inscrit dans le cadre du programme SPP du réseau One Planet des Nations Unies. Des contacts ont été établis en vue d'y associer la France (MTE/CGDD et MEFSIN/DAE), sans succès.

Annexe 5 : la situation en Allemagne

Cette annexe reprend la note d'analyse fournie par la DG Trésor (service économique régional de Berlin), que la mission remercie.

Q1/- Quels ont été les problèmes d'approvisionnement en composants électroniques rencontrés par l'industrie entre 2020 à 2022 ? En particulier, quels ont été ceux des secteurs de la construction automobile, de l'aéronautique et l'espace, de la défense, de la santé et dispositifs médicaux, du nucléaire, des infrastructures numériques et de la fourniture d'énergie ?

En raison des capacités de production limitées et de chaînes d'approvisionnement perturbées par la pandémie du COVID, **l'approvisionnement en puces électroniques a connu des goulets d'étranglement massifs au cours des dernières années**. L'industrie allemande chiffre ses pertes à 1,6 % de sa performance économique, selon la Fédération de l'industrie allemande (BDI « Bundesverband der Deutschen Industrie »)³¹. Parallèlement, la rivalité géopolitique croissante entre les États-Unis et la Chine aggrave les risques pour un approvisionnement stable de ces composants. Selon la dernière enquête du BDI, près de 70% des entreprises interrogées s'attendent à des perturbations de la chaîne d'approvisionnement en matières premières³².

L'Allemagne porte une attention particulière aux enjeux des semi-conducteurs à cause de l'industrie automobile, moteur de sa croissance. L'industrie automobile est le secteur industriel le plus important en Allemagne, avec un chiffre d'affaires de 379,3 Md€ en 2020³³. **Malgré une baisse de 13 % du chiffre d'affaires annuel due à la pandémie de coronavirus, elle reste l'industrie la plus forte et la plus exportatrice d'Allemagne, avec un volume d'exportations de près de 243 Md€**. Selon le gouvernement fédéral, les capacités de production limitées et fortement exploitées d'un petit nombre de fabricants ont entraîné des goulets d'étranglement dans les livraisons et un manque de composants électroniques spéciaux pour l'industrie automobile, notamment de microcontrôleurs pour les appareils de commande³⁴. Selon une étude réalisée en 2021 par le cabinet de conseil Roland Berger³⁵, la plus grande pénurie concerne les puces de l'ancienne génération de puces, principalement utilisées dans le secteur automobile.

Selon la fédération de l'industrie automobile VDA (« Verband der Automobilindustrie »), **cette pénurie a entraîné une baisse de 6% de la production mondiale de l'industrie automobile allemande en 2022**. Voici quelques exemples concrets :

- Audi a mis en œuvre le chômage partiel pour une partie de son personnel dans les usines d'Ingolstadt et de Neckarsulm.

³¹ Question parlementaire : „Aktuelle Situation und Zukunft der Halbleiterindustrie in Deutschland und Europa“, 11/05/2023

³² « #WirMachen matières premières », Recommandations du BDI pour la 20e législature, site web

³³ [Semiconductor Industry \(gtai.de\)](https://www.gtai.de) – German Trade & Invest, site web

³⁴ Question parlementaire „Einzelfragen zur Halbleiterproduktion question parlementaire“, 23/05/2022

³⁵ Etude de Roland Berger, "Steering through the semiconductor crisis, A sustained structural disruption requires strategic responses by the automotive industry ", 2021.

- BMW a fait face à des arrêts de production de courte durée dans les usines de Regensburg, de Leipzig et d'Oxford.
- Daimler avait stoppé la production dans les usines de Sindelfingen, Brême et Rastatt.
- Ford a dû arrêter la production à l'usine de Cologne pendant plusieurs semaines, touchant moins de 5 000 des 15 000 employés de l'usine.

Or, les besoins en semi-conducteurs ne vont faire qu'augmenter dû à la montée en puissance de l'électromobilité. La **VDA prévoit un triplement de la demande dans l'industrie automobile d'ici 2030, faisant du secteur le troisième consommateur de puces au monde**³⁶. En effet, les véhicules électriques nécessitent deux fois plus de semi-conducteurs que les véhicules à moteur à combustion. Selon l'entreprise néerlandaise de microélectronique ASML, la demande de l'industrie automobile pour des nœuds sophistiqués et avancés destinés aux véhicules électriques et à la conduite autonome devrait plus que doubler d'ici 2032.

Selon la fédération allemande de la microélectronique (ZVEI « *Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie* »), **l'industrie électrique et numérique allemande a fait un chiffre total de 224,5 Md€ en 2022** (Annexe 2). Sur ce montant, 107,3 Md€ ont été vendus en Allemagne et 117,2 Md€ ont été réalisés avec des clients à l'étranger (zone euro : 41,6 Md€ et pays tiers : 75,6 Md€). Cette industrie représente 1/10 de la production industrielle allemande, compte pour 3% du PIB et emploie 906,2 milliers d'employés en Allemagne. Le taux d'exportation pour l'industrie électrique allemande est d'une valeur de 136,2 % en 2022. **Selon le rapport de la ZVEI, la Chine est le plus grand client à l'exportation pour l'industrie électrique et numérique allemande.** En 2022, les produits électrotechniques et électroniques ont été livrés en Chine pour une valeur de 26,5 Md€ (+5,5% par rapport à l'année précédente), ce qui correspond à une part de 11% du total des exportations électriques allemandes, qui s'élève à 245,8 Md€³⁷. En 2022, les secteurs ayant le plus contribué à ces exportations sont l'automatisation (7,6 Md€), les composants électriques (3,8 Md€), l'électronique grand public (1,8 Md€), les Technologies d'Information et de Communication (TIC - 1,6 Md€), l'électromédical (1,6 Md€) et l'énergie (1,4 Md€). Le déficit allemand dans le commerce bilatéral des appareils électriques avec la Chine devrait continuer de se creuser pour atteindre 57,9 Md€ en 2023.

Selon la fédération allemande de l'industrie de l'énergie et de l'eau (BDEW « *Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft* »)³⁸, **l'industrie énergétique allemande est dépendante de la production de matières premières de pays tiers, surtout la Chine, pour les panneaux photovoltaïques, les éoliennes, les batteries de véhicules et les lignes et câbles électriques.** Pour certaines matières premières et composants de batteries, d'éoliennes ou de panneaux photovoltaïques, l'Allemagne serait à près de 100 % d'importations en provenance de tiers. Il existe des parties de la chaîne de valeur qui sont également contrôlées à près de 100% par la Chine, notamment le traitement des minéraux.

³⁶ [Automobilproduktion | VDA, site web](#)

³⁷ Rapport « ZVEI-Außenhandelsreport Spezial China », ZVEI, fédération allemande de la microélectronique, juin 2023

³⁸ Etude du BDEW „Einfluss der angespannten Situation auf den internationalen Rohstoffmärkten auf die Energiewende und das Funktionieren der Energiewirtschaft“, 16/09/2022

Les enquêtes réalisées par la fédération allemande de l'industrie de la défense (BDSV « *Bundesverband der Deutschen Sicherheits- und Verteidigungsindustrie* ») auprès des entreprises membres en 2021 et en 2022 ont révélées **la pénurie de matières premières critiques et de composants électroniques liée aux goulots d'étranglement du COVID**. La rupture des liens commerciaux avec la Russie est venue aggravée cette situation notamment pour l'approvisionnement de titane et de nickel. Dans le domaine de la défense, ces facteurs continuent d'influencer le débat entre les pouvoirs publics et l'industrie sur la manière de gérer l'augmentation des coûts des projets d'armement.

Q2/-Quelle est la situation actuelle, en 2023, en termes d'approvisionnement en composants électroniques, pour ces secteurs ?

Le gouvernement fédéral a déclaré que, **selon les prévisions, le chiffre d'affaires mondial des puces semi-conductrices atteindra 532 milliards de dollars en 2024** (environ 22 % de plus qu'en 2019). L'Allemagne est un leader dans la production européenne de semi-conducteurs : une puce sur trois produites en Europe est fabriquée en Allemagne. Les plus gros fabricants sont Bosch, Globalfoundries et Infineon. Les instituts du Groupe Fraunhofer pour la Microélectronique et de l'Association Leibniz jouent également un rôle décisif de consolidation en Allemagne en tant que centre international majeur de recherche et de développement. Appartenant à la Fraunhofer Gesellschaft, la plus grande organisation européenne de recherche orientée vers les applications, ces instituts ont pour objectifs de transformer la recherche fondamentale en produit commercial pour renforcer la capacité de l'innovation de l'Allemagne.

Le secteur de la microélectronique est organisé **en trois clusters forts** : la Bavière, la Saxe et le Bade-Wurtemberg.

La « Silicon Saxony », située dans le Länder de la Saxe à l'est de l'Allemagne, est le cinquième centre de microélectronique au monde. Il s'agit du plus grand réseau high-tech pour la microélectronique, les systèmes intelligents, le photovoltaïque, les logiciels et les secteurs d'application en Europe, axé sur les nouvelles innovations technologiques telles que l'Internet des objets, l'intelligence artificielle, la robotique, l'automation et les capteurs. La Silicon Saxony rassemble des institutions publiques, des acteurs économiques (fabricants, fournisseurs, prestataires de services et start-ups), notamment les sites de production de Globalfoundries, Infineon et Bosch, et un fort environnement académique (universités techniques, des instituts Fraunhofer, Leibniz, Max Planck et Helmholtz). Le transfert de connaissances et les synergies intra-entreprises sont le résultat d'une coopération étroite au sein du réseau, ce qui consolide la réputation de la région en tant que centre d'excellence dans le domaine des technologies de l'information et de la communication.

Le cluster « microTEC Südwest », dans le Bade-Wurtemberg, au sud-ouest de l'Allemagne, est un important réseau européen de compétence et de coopération pour les solutions technologiques de microsystèmes intelligents dans les domaines de la production, de la mobilité, de la santé et de l'énergie. **Le cluster « it's OWL » à OstWestfalen-Lippe** se concentre sur le développement de technologies d'automatisation et de mécatronique pour l'industrie. Des systèmes techniques intelligents sont développés dans de nombreux projets pour faire de la fabrication avancée et de l'Industrie 4.0 une réalité.

La Bavière abrite également des producteurs de semi-conducteurs, tels que Infineon Technologies et Siltronic. En tant que site de premier plan dans le domaine de l'ingénierie électrique et de l'électronique,

l'État du sud-est de l'Allemagne joue un rôle de premier plan dans le développement de technologies pour l'internet industriel des objets. Apple prévoit notamment d'investir plus d'1 Md€ dans la construction d'une nouvelle installation à Munich, axée sur la 5G et les futures technologies sans fil.

Afin de renforcer ces clusters, une série d'investissement sont en cours de discussion ou ont été annoncés en 2023. **L'Allemagne entend bénéficier du Chips Act Européen et du Projet Important d'Intérêt Commun Européen sur la microélectronique (PIIEC)** pour attirer les investissements étrangers et les mégafabs de semi-conducteurs.

- Fin janvier 2023, **Wolfspeed** a annoncé investir 2,5 Md€ pour construire une usine de semi-conducteurs dans la Sarre, en partenariat avec l'équipementier allemand ZF, plus gros employeur de la région (sous réserve de la confirmation des subventions européennes, nationales et régionales afférentes).
- En février 2023, le ministère de l'Economie et du Climat (BMWK) a autorisé une procédure de démarrage accéléré pour la construction de l'usine **Infineon**. L'entreprise va investir 5 Md€ dans une usine à Dresde, subventionnée par le gouvernement fédéral à hauteur d'1 Md€ et dont la construction débutera en 2026.
- Le 19 juin 2023, **Intel** a finalement conclu une déclaration d'intention avec le gouvernement allemand pour son usine de semi-conducteurs à Magdebourg : l'entreprise américaine devrait recevoir 9.9 Md€ de subventions publiques, au lieu des 6.8 Md€ promis jusqu'à présent. Intel investira au total 30 Md€ dans cette usine de puces de 5 nm. La subvention doit encore être soumise à l'approbation de la Commission européenne et se ferait sur le fondement du Chips Act.
- Début août, **TSMC** a validé en conseil d'administration la construction d'une usine de semi-conducteurs à Dresde : l'entreprise taïwanaise a annoncé un investissement, en collaboration avec Bosch, Infineon et NXP, de 10 Mrds d'euros dans la joint-venture European Semiconductor Manufacturing Company (ESMC). Le projet devrait être subventionné à hauteur de 5 Md d'euros par le gouvernement fédéral qui a longuement négocié avec TSMC avant de trouver un accord. L'usine prévue devrait avoir une capacité de production mensuelle de 40 000 plaquettes de 300 mm (12 pouces) sur les puces CMOS et FinFET. TSMC envisage un début de construction de l'usine au second semestre de 2024 et une production qui devrait commencer d'ici la fin de 2027. La subvention doit encore être soumise à l'approbation de la Commission européenne et se ferait sur le fondement du Chips Act.

Outre les investisseurs étrangers, l'industrie automobile allemande commence à se positionner sur le secteur :

- En juillet 2022, **Volkswagen** a annoncé un partenariat avec le fabricant franco-italien **STMicroelectronics** pour développer une nouvelle puce (probablement produite par TSMC). Par le biais de sa filiale Cariad, le groupe établit pour la première fois des relations directes avec un fabricant de semi-conducteurs de rang 2 et 3, pour équiper sa nouvelle génération de véhicules électriques.

- **Bosch souhaite investir 3 Md€ dans le secteur des puces jusque 2026** pour le projet IPCEI pour la microélectronique et les technologies de communication, avec la construction de deux nouveaux centres de développement pour les puces à Reutlingen et Dresde. Ils ont également acquis en avril 2023 le fabricant américain TSI Semiconductors et investit 1.5 Md de dollars pour moderniser les lignes de production de cette entité et étendre ses activités de production. Le groupe Bosch va bénéficier des subventions de l'Inflation Reduction Act pour ce projet.

Outre un gain de parts de marchés, l'Allemagne vise aussi une plus grande indépendance de production.

Dans ce cadre, le gouvernement a par exemple mis son veto en 2022 à la vente d'Elmos et ERS Electronic à des entreprises chinoises au nom de la sécurité des approvisionnements en puces électroniques.

Toutefois, **les ambitions allemandes sont contrariées par l'effet conjugué de la flambée des prix, de l'IRA américain et du ralentissement de la demande en semi-conducteurs**, qui entravent les projets d'investissement en Europe (Annexe 3). Le marché des semi-conducteurs a reconnu un retour de tendance durant le deuxième semestre réduisant les perspectives de croissance. TSMC a vu son chiffre d'affaires chuter sur deux trimestres consécutifs, et s'attend à ce que ses ventes en 2023 soient globalement dans le négatif. Pour sa part, Intel a enregistré en avril 2023 un chiffre d'affaires de 11,7 Md de dollars, soit une baisse de 36% par rapport à l'année précédente, une chute encore plus marquée que celle qu'il avait enregistré dans le sillage de la crise financière de 2008. Il s'agit d'un phénomène propre au secteur des semi-conducteurs, qui est périodiquement frappé par un cycle baissier, avec une offre plus haute que la demande. Néanmoins, l'ampleur de celui qu'il traverse actuellement est sans précédent, car jamais autant d'industries n'ont autant dépendu de cette technologie.

Q3/- Quelles ont été les mesures prises ou envisagées par l'administration pour remédier à ces pénuries, en termes de capacités de production de composants électroniques ? en termes d'approvisionnement ? Dans quelle mesure les capacités de ces nouvelles installations pourront-elles alimenter les besoins de l'industrie française ?

Comme mentionné précédemment, l'Allemagne mise en premier lieu sur les leviers pour booster sa production de semi-conducteurs : le European Chips Act et le PIIEC Microélectronique, et le « *Key Digital Technologies Joint Undertaking pour la recherche* » :

- **Le gouvernement fédéral va soutenir les projets d'implantation et d'extension des fabricants de semi-conducteurs en Allemagne dans le cadre du European Chips Act** et a prévu des fonds à cet effet dans le budget fédéral 2023. La coalition soutient le European Chips Act qui en son sens promeut un cadre favorable aux investissements et orienté vers les besoins pour les investissements dans les technologies des semi-conducteurs et les "puces made in Europe".
- Validé le 8 juin 2023, **le PIIEC sur la microélectronique va permettre au BMWK de soutenir 31 projets issus de 11 Länder allemands**. Au total, les entreprises allemandes investissent plus de 10 Md€, notamment pour des installations de production innovantes, des sites de fabrication et pour le développement de puces semi-conductrices. Elles devraient bénéficier d'une aide totale d'environ 4 Md€, dont 70 % seront fournis par l'État fédéral et 30 % par les Länder. Le PIIEC ouvre également la voie à 27 partenariats Franco-allemands dans la microélectronique.

- Concernant la recherche, le **ministère fédéral de l'Éducation et de la Recherche (BMBF) fournit le cofinancement national nécessaire au partenariat européen "Key Digital Technologies Joint Undertaking (KDT JU)"** dans le programme-cadre du gouvernement fédéral susmentionné. Le KDT JU doit être poursuivi par le European Chips Act sous le nouveau nom de "Chips Joint Undertaking (Chips JU)". Le Chips JU vise à soutenir la recherche et le déploiement des technologies quantiques et microélectroniques, ainsi que l'innovation des technologies établies.

Diverses initiatives réglementaires visant à renforcer le devoir de diligence dans les chaînes d'approvisionnement sont actuellement en cours, tant au niveau national qu'au niveau européen. En Allemagne, **la loi sur la chaîne d'approvisionnement (« Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz – LkSG ») s'applique depuis janvier 2023 aux entreprises de plus de 3 000 salariés**, et sera étendue à partir de 2024 aux entreprises de plus de 1 000 salariés. Les exigences sont échelonnées en fonction de la capacité d'influence des entreprises. Dans leur propre entreprise et chez leurs fournisseurs directs, elles doivent garantir le respect des droits de l'homme, par exemple l'interdiction du travail forcé et du travail des enfants et le respect des normes sociales reconnues au niveau international. En cas de violation, ils doivent prendre des mesures correctives immédiates. Pour les fournisseurs indirects, le devoir de diligence ne s'applique qu'en cas de besoin. L'Office fédéral de l'économie et du contrôle des exportations (BAFA) doit contrôler le respect de la loi et sanctionner les violations.

Q4/- Sur ces sujets, une coopération internationale, notamment entre des centres de recherche publics et des industriels ou entre États, est-elle recherchée à moyen terme au sein de l'UE/avec les États-Unis, le Japon, la Corée ou l'UE ?

En Allemagne, **La Research Fab Microelectronics Germany (FMD)** a été créée en 2017 pour renforcer la position de l'industrie européenne des semi-conducteurs et de l'électronique sur les règles du jeu mondiales. Pour la première fois, onze instituts Fraunhofer du Groupe de microélectronique et deux instituts Leibniz FBH et IHP regroupent leurs technologies, applications et solutions de systèmes de pointe sous un même toit virtuel pour former une offre globale combinée dans le domaine de la microélectronique et de la nanoélectronique. Avec plus de 2 000 scientifiques, la FMD est l'un des plus grands réseaux de R&D au monde. Grâce à la diversité de son expertise et de son infrastructure au sein des instituts, la FMD aide l'Allemagne et l'Europe à renforcer leur position de leader dans la recherche et le développement. Le ministère fédéral de l'Éducation et de la Recherche (BMBF) soutient la mise en place de la FMD à hauteur d'environ **350 M€** – principalement pour la modernisation et l'extension des équipements des instituts.

En juin 2017, le **CEA-LETI et l'institut Fraunhofer officialisent leur rapprochement** en signant un accord de coopération lors des Leti Innovation Days à Grenoble. L'accord a comme ambition de créer le couple moteur du futur plan européen d'innovation dans les puces, à l'instar du rôle joué par le couple franco-allemand dans la construction politique de l'Union européenne.

L'Allemagne s'est également montrée motrice dans les discussions avec la Commission sur le *European Chips Act* qui permet de renforcer la résilience européenne sur les semi-conducteurs et permet aux États-Membres de soutenir des projets d'innovation et de R&D. L'Allemagne a d'ores et déjà entrepris de financer plusieurs projets allemands via cette base juridique tels que les projets PIIEC et ou des investissements d'entreprises comme Intel (cf Q3).

Le **gouvernement fédéral échange et coopère avec les États-Unis dans le cadre du Conseil euro-américain du commerce et de la technologie**. Lors du sommet UE-États-Unis de juin 2021, les deux parties se sont ensuite engagées à mettre en place un partenariat visant à rééquilibrer les chaînes d'approvisionnement mondiales en semi-conducteurs et à améliorer la sécurité de l'approvisionnement ainsi que la capacité à développer et à produire les "semi-conducteurs les plus performants et les plus efficaces en termes de ressources ».

Q5/- Les mesures suivantes, explicitées dans la lettre de mission en annexe, ont-elles fait l'objet d'un développement particulier ou de mesures particulières ? D'autres mesures ont-elles été prises ou sont-elles en cours de réflexion ?

Établissement de la criticité des approvisionnements en composants électroniques des filières utilisatrices (par l'État ou les entreprises).

Diagnostic du rôle des acteurs de la chaîne de valeurs, notamment les distributeurs, dans l'anticipation et la cartographie des risques

Améliorations réalisées par les entreprises ou l'État relatives aux stocks et à leur financement. Plus précisément, les entreprises ont-elles augmenté leurs stocks de composants électroniques ? Des stocks stratégiques sont-ils envisagés, étudiés ou mis en place ?

Incitation à la prise en compte de la vulnérabilité en approvisionnement lors de la conception des systèmes

Relations entre fournisseurs de composants électronique et filières utilisatrices visant à sécuriser les approvisionnements (ex : contrats de long terme, accords en vue de réaliser des achats groupés...)

Leviers pour favoriser le recours au redesign

Initiatives portant sur le réemploi et le recyclage des composants électroniques

D'après le BDSV, les industriels de défense ont une vision très détaillée des pénuries dans leur chaîne d'approvisionnement en matières premières critiques, dont les composants électroniques. Dans l'ensemble, si les industriels s'assurent d'un meilleur suivi de leurs composants, ils ne partagent pas d'informations sur ces données qui sont très sensibles. L'administration allemande n'a pas à ce jour de cartographie des composants critiques.

Les fédérations d'entreprises (BDI et BDSV) expliquent que les industriels réalisent désormais des **paiements à l'avance** pour pallier aux risques de pénuries. Cette pratique, qui fonctionne pour les gros industriels, est plus difficile pour les PME dont (i) la trésorerie permet moins de marge de manœuvre et (ii) l'activité représente une partie de la chaîne de valeur des produits.

À date, l'administration allemande (BMWK) n'a pas encore défini de politique de stockage stratégique. Les ministres de l'Économie B. Le Maire, R. Habeck (DE) et A. Urso (IT) se sont réunis le 26 juin 2023 dans le cadre d'un **échange sur les matières premières critiques** (notamment sur le CRMA) : un des sujets de discussion concernait le stockage et des achats conjoints.

Dans le secteur de la défense, les contrats signés entre les industriels et le Bundesregierung (Ministère fédéral de la Défense) /BMWK, mentionnent des pénalités en cas de retard de livraison imputées directement aux fournisseurs industriels (comme Rheinmetall) pour qu'ils anticipent eux-mêmes leur stock de composants critiques auprès de leurs sous-traitants. Ce sont donc les industries utilisatrices qui

ont la responsabilité d'anticiper les commandes et risques de pénuries auprès des distributeurs et des fabricants.

Le BMWK est en train de réfléchir à élargir cette stratégie à d'autres secteurs industriels.

L'incitation à la prise en compte de la vulnérabilité en approvisionnement lors de la conception des systèmes et le recours au *redesign* sont en cours de réflexion chez les industriels mais ne font pas l'objet de remontée spécifique.

Annexe 6 : la situation aux États-Unis

Cette annexe reprend la note d'analyse fournie par la DG Trésor (service économique régional de Washington), que la mission remercie.

Q1/- Quels ont été les problèmes d'approvisionnement en composants électroniques rencontrés par l'industrie entre 2020 à 2022 ? En particulier, quels ont été ceux des secteurs de la construction automobile, de l'aéronautique et l'espace, de la défense, de la santé et dispositifs médicaux, du nucléaire, des infrastructures numériques et de la fourniture d'énergie ?

Entre 2020 et 2022, l'industrie des composants électroniques a subi plusieurs chocs d'offre et de demande qui ont donné lieu à des pénuries aux États-Unis.

En 2020, les confinements et l'essor du télétravail ont provoqué une augmentation de la demande en semi-conducteurs utilisés dans l'électronique personnelle et dans les infrastructures numériques. En parallèle, les producteurs automobiles ont anticipé un ralentissement de la demande et limité leurs commandes à l'attention de l'industrie microélectronique. Les fournisseurs de semi-conducteurs ont donc réorienté leur production vers les semi-conducteurs utilisés dans l'électronique au détriment des puces matures utilisées pour l'électronique embarquée du secteur automobile. Avec la reprise de l'industrie automobile fin 2020, le secteur a subi une pénurie et de nombreuses usines américaines ont été mises à l'arrêt faute de semi-conducteurs.

En 2021, des catastrophes industrielles et naturelles ont perturbé l'organisation du secteur : alors que l'incendie d'une usine japonaise de production de semi-conducteurs ainsi que la sécheresse à Taïwan pesaient déjà sur la chaîne de production de la filière, des tempêtes de neige au Texas ont contraint l'entreprise NXP à mettre sa production de puces en pause.

Ces perturbations ont touché les secteurs automobiles et l'électronique. Certaines usines de production automobile ont été mises à l'arrêt faute de semi-conducteurs, et l'électronique personnelle a dû faire face à un allongement des délais malgré l'allocation de la production de puces en sa faveur. Par exemple, Apple a déclaré le report de presque 4 Md\$ de revenus liés à la vente d'Ipad d'un trimestre faute de production suffisante. La banque américaine Goldman Sachs [estime qu'un total de 169 industries](#) étaient directement touchées par la crise, notamment les dispositifs médicaux et la défense, et estime à 3% la production perdue dans l'industrie automobile du fait des pénuries de semi-conducteurs. Le DoC a également publié [une demande d'information](#) pour évaluer l'ampleur de la pénurie de puces. Cette demande a révélé que la demande était jusqu'à 17 % plus élevée en 2021 qu'en 2019, et que les entreprises consommatrices ne voyaient pas d'augmentation proportionnelle de l'offre disponible malgré des usines fonctionnant à 90 % ou plus.

Q2/-Quelle est la situation actuelle, en 2023, en termes d'approvisionnement en composants électroniques, pour ces secteurs ?

En 2023, la situation d'approvisionnement en composants électroniques aux États-Unis s'est améliorée et la plupart des industries auparavant touchées par des pénuries réussissent désormais à assurer leur production à un rythme normal mais en flux tendu. Les ventes d'automobiles sont en hausse, tandis que le marché de l'électronique grand public connaît un ralentissement. L'approvisionnement en semi-conducteurs avancés, utilisés dans l'électronique, la défense et les infrastructures numériques, devient plus simple, tandis que les semi-conducteurs matures utilisés notamment dans l'industrie automobile restent les plus à risque de pénurie.

Il existe néanmoins des risques de perturbation liées aux tensions commerciales entre les États-Unis et la Chine dans le secteur des composants microélectroniques. Ces tensions se matérialisent majoritairement par la mise en place de restrictions d'exportations de biens et technologies américaines vers les entreprises chinoises, engagées sous l'Administration Trump et significativement renforcées en octobre 2022 par l'Administration Biden, et qui visent notamment les sociétés chinoises inscrites sur l'*entity list* du DoC. Il existe par ailleurs un équivalent chinois à cette liste : l'*unreliable entity list*, qui restreint l'accès des entreprises qui y figurent aux technologies chinoises. En février 2023, deux sociétés américaines du secteur de la défense, Lockheed Martin Corporation et Raytheon Missiles & Defense ont été placées sur cette liste. En outre, le producteur de puces américain Micron Technology s'est vu interdire par l'administration chinoise du Cyberspace (CAC) de vendre des semi-conducteurs auprès d'opérateurs d'infrastructures chinois. Ces éléments constituent des risques de perturbations mais ne provoquent pas aujourd'hui de véritables perturbations d'approvisionnement aux États-Unis. D'après une [étude](#) menée par KPMG et la *Global Semiconductor Alliance* (GSA), la majorité des acteurs industriels du secteur interrogés ont des perspectives plus positives que négatives pour 2023. En particulier, 52% d'entre eux considèrent que les pénuries de semi-conducteurs vont s'améliorer d'ici mi-2023, et 24% qu'il existe des stocks de puces suffisants et que la pénurie est d'ores et déjà terminée.

Q3/- Quelles ont été les mesures prises ou envisagées par l'administration pour remédier à ces pénuries, en termes de capacités de production de composants électroniques ? en termes d'approvisionnement ? Dans quelle mesure les capacités de ces nouvelles installations pourront-elles alimenter les besoins de l'industrie française ?

Concernant l'approvisionnement, l'administration a pris les [mesures suivantes](#) pour remédier aux pénuries :

- Mise en place de collaborations avec les partenaires commerciaux et les alliés des États-Unis pour veiller à ce que les installations existantes produisent un maximum de semi-conducteurs, notamment avec l'Union européenne dans le cadre du Conseil Commerce et Technologies (cf. question n°4).
- Création d'un système d'alerte prenant la forme d'une coordination renforcée entre le Département du Commerce (DoC) et le Département d'État (DoS) pour anticiper les perturbations de production de semi-conducteurs à l'étranger. Ce système s'appuie sur la veille effectuée par les ambassades américaines dans le monde, des canaux de communication dédiés avec l'industrie et l'analyse des données disponibles.

- Promotion de la transparence dans les chaînes d'approvisionnement en semi-conducteurs pour favoriser le partage d'informations entre les producteurs de semi-conducteurs et les fabricants d'équipements.

Concernant les capacités de production, l'administration a pris les mesures suivantes pour remédier aux pénuries :

- Collaboration avec le secteur privé pour sécuriser des investissements privés. En 2021, la Maison Blanche annonçait avoir sécurisé près de 80 Md\$ pour la construction de nouvelles usines. En décembre 2022, ce montant avoisinait les 200 Md\$ d'après la *Semiconductor Industry Association* (SIA).
- Mise en place du CHIPS Act à l'été 2022, affectant plus de 50 Md\$ de subventions au soutien à l'industrie microélectronique par le biais de subventions pour la relocalisation de la production (39 Md \$) et de subventions à la R&D (13,2 Md\$), en parallèle, d'un crédit d'impôt, l'*Investment Tax Credit* (ITC) de l'ordre de 25% des montants investis dans la construction de capacités de production de semi-conducteurs, sous conditions. Le CBO (*Congressional Budget Office*) estime que les crédits d'impôts associés représenteraient un montant de 24,25 Md\$ (3/5,6/6,6/6,9/2,3 en 2023/2024/2025/2026/2027).

Les marchés finaux auxquels seront dédiées les nouvelles capacités de production ne font pas l'objet de réglementation ou d'indications, à part pour certaines entreprises ayant été inscrites sur l'*Entity List* du DoC.

Q4/- Sur ces sujets, une coopération internationale, notamment entre des centres de recherche publics et des industriels ou entre États, est-elle recherchée à moyen terme au sein de l'UE/avec les États-Unis, le Japon, la Corée ou l'UE ?

Jusqu'ici, la majorité des mesures de coopération internationale engagées par les États-Unis se sont essentiellement concentrées sur des sujets commerciaux :

- Développement de l'alliance CHIPS 4 avec le Japon, la Corée du Sud et Taïwan, proposée par le président Biden en mars 2022, afin de créer une enceinte de discussion et de coordination des politiques en matière de sécurisation des chaînes de logistique, de R&D, de développement des compétences et de subventions.
- Accord officiel avec les Pays-Bas et le Japon début 2023 pour restreindre la vente d'équipements de production de semi-conducteurs avancés vers la Chine, dans le prolongement des mesures américaines adoptées en octobre 2022.
- Accord avec l'Inde en mars 2023 pour mieux coordonner les politiques de soutien public au secteur des semi-conducteurs et lancer un dialogue stratégique sur les contrôles à l'export de ces biens.
- Lancement en mai 2023 avec le Canada et le Mexique d'une « Conférence semi-conducteurs » avec l'objectif de renforcer la résilience des chaînes d'approvisionnement nord-américaines dans ce secteur.
- Accord en juin 2023 avec le Royaume Uni visant à collaborer sur les activités de recherche et de développement liées aux technologies des semi-conducteurs.

- Lancement par le DoS du fond *International Technology Security and Innovation Fund* (ITSI) doté de 500 M\$, dont l'un des piliers est le renforcement des chaînes d'approvisionnement des semi-conducteurs, notamment en portant assistance aux pays partenaires pour la production de minéraux critiques nécessaires à la production de puces.
- Dans le cadre des discussions du *Trade and Technology Council* (TTC) avec l'Union Européenne, les États-Unis et l'UE ont convenu de se communiquer les soutiens publics qu'ils apportent respectivement à leur industrie via un "mécanisme de transparence pour le partage réciproque d'information".

Concernant la coopération internationale sur la recherche, le principal sujet à suivre est la création du futur *National Semiconductor Technology Center* (NSTC), un consortium public-privé en charge d'accélérer les efforts de R&D de l'industrie ainsi que le développement des emplois et compétences dans le secteur. En termes d'infrastructures, le NSTC se composera d'un siège, où seront menés les programmes de recherche *in-house*, et d'un réseau de centres techniques affiliés répartis dans tout le pays et dotés de capacités de fabrication de bout en bout pour les prototypes et les essais pilotes, l'expérimentation ou le test de nouveaux matériaux et équipements. Le NSTC est conçu sur un modèle d'adhésion, se positionnant ainsi comme une plateforme d'échange entre tous les acteurs du secteur. Le DoC publiera des orientations supplémentaires concernant la possibilité d'adhésion pour les acteurs internationaux dans les mois à venir.

Q5/- Les mesures suivantes, explicitées dans la lettre de mission en annexe, ont-elles fait l'objet d'un développement particulier ou de mesures particulières ? D'autres mesures ont-elles été prises ou sont-elles en cours de réflexion ?

a- Établissement de la criticité des approvisionnements en composants électroniques des filières utilisatrices (par l'État ou les entreprises).

En janvier 2022, le DoC a publié les résultats d'une [demande d'information](#) pour évaluer l'ampleur de la pénurie de puces. Un [rapport](#) de la Maison Blanche de juin 2021 propose également une cartographie détaillée de la chaîne d'approvisionnement (p26).

b- Diagnostic du rôle des acteurs de la chaîne de valeurs, notamment les distributeurs, dans l'anticipation et la cartographie des risques.

Pas d'analyse particulière publiée concernant le rôle des acteurs et plus particulièrement des distributeurs dans l'anticipation et la cartographie des risques. Le [rapport](#) de la Maison Blanche de juin 2021 effectuée cependant un tour d'horizon des risques pour chaque autre échelon de la chaîne de production. Il dresse également une liste des risques généraux qui pèsent sur l'industrie (p 53-60).

Les principaux risques identifiés par le DoC dans le cadre de ce rapport sont :

- Fragilité des chaînes d'approvisionnement ;
- Perturbations malveillantes de la chaîne d'approvisionnement ;
- Utilisation de semi-conducteurs obsolètes et les défis que cela engendre pour la rentabilité des entreprises ;
- Concentration de la clientèle et facteurs géopolitiques ;
- Effets de réseau de la production électronique ;
- Lacunes en matière de capital humain ;
- Vol de propriété intellectuelle ;

- Défis liés à la capture des bénéfices de l'innovation et l'alignement entre les intérêts privés et publics.

a- Améliorations réalisées par les entreprises ou l'État relatives aux stocks et à leur financement. Plus précisément, les entreprises ont-elles augmenté leurs stocks de composants électroniques ? Des stocks stratégiques sont-ils envisagés, étudiés ou mis en place ?

Certaines entreprises ont signé des accords d'approvisionnement direct avec des fabricants de semi-conducteurs, comme [General Motors \(GM\) avec GlobalFoundries](#).

Pas d'informations publiques concernant la mise en place de stocks stratégiques.

b- Incitation à la prise en compte de la vulnérabilité en approvisionnement lors de la conception des systèmes

Pas d'informations officielles à ce sujet.

c- Relations entre fournisseurs de composants électronique et filières utilisatrices visant à sécuriser les approvisionnements (ex : contrats de long terme, accords en vue de réaliser des achats groupés...)

L'Administration communique beaucoup sur la nécessité d'améliorer la résilience des chaînes de valeur, et certaines entreprises ont signé des accords d'approvisionnement direct avec des fabricants de semi-conducteurs, comme [General Motors \(GM\) avec GlobalFoundries](#). Il s'agit de contrats stratégiques de long-terme visant à se protéger d'éventuelles pénuries de semi-conducteurs. Pas d'informations publiques concernant de potentiels achats groupés.

d- Leviers pour favoriser le recours au redesign

Pas de mesures particulières mises en place pour favoriser le recours au redesign.

e- Initiatives portant sur le réemploi et le recyclage des composants électroniques

Les conditions environnementales associées au CHIPS Act prennent en considération la protection de l'environnement et l'utilisation raisonnable des ressources, mais ne contiennent aucune condition contraignante concernant le recyclage des puces.

Annexe 7 : listes de bonnes (et mauvaises) pratiques

Cette annexe complète les bonnes (et mauvaises) pratiques portées à la connaissance de la mission, et détaille les propositions du paragraphe 6.9

Connaissance des approvisionnements	Avoir une vision précise de l'ensemble de ses approvisionnements en composants électroniques, en remontant aussi loin que possible dans la chaîne (tier 4 ou 5). Identifier les principaux risques à chaque étape.
	Réduire autant que possible le nombre de références en standardisant autant que possible, de façon à augmenter les quantités achetées par référence
	À chaque fois que c'est possible, développer le multi-sourcing
	Examiner systématiquement, produit par produit, le coût d'une rupture de durée plus ou moins longue
	Impliquer son EMS très tôt dans le cycle de développement pour tenir compte des LT composants.
Conception des produits	Vérifier la non obsolescence des composants clés dans la phase de conception, au besoin utiliser des cabinets spécialisés qui disposent de logiciels spécialisés (microprocesseurs, circuits complexes).
	Dès la conception, mettre en place des doubles sources chaque fois que cela est possible.
	Prévoir des doubles implantations sur le circuit imprimé pour faciliter l'usage des doubles sources.
	Préférer l'utilisation de briques de bases, plutôt que des modules tout fait. Il est en effet plus facile de maîtriser les composants de base que de remplacer un module.
	Impliquer les services achats le plus tôt possible dans la conception.
Chaîne d'approvisionnement	Donner des prévisions aux fournisseurs, et si possible passer des commandes à long terme.
	Prendre en compte le risque géopolitique.
	Ne pas considérer que le prix d'achat, agir sur la base du coût global d'approvisionnement (transport, dédouanement, contrôle qualité, etc.).
	Anticiper le nouvel an chinois.

	Ne pas passer de double commande, cela brouille les informations chez les fabricants, et ralentit leur prise de décision en matière d'investissement.
	Mixer les sources d'approvisionnements, pour répartir le risque
	Le cas échéant, n'utiliser que des brokers professionnels reconnus, qui ont une structure interne de vérification des composants. Vérifier leur professionnalisme, surtout qu'ils ont une assurance responsabilité civile. Ne pas consulter plusieurs brokers à la fois, cela fait monter les prix inutilement.
	Privilégier la mise en place d'échange de données informatisés (EDI) pour simplifier la communication avec les fournisseurs clés et gagner en réactivité.
	Donner des prévisions aussi fiables que possible sur une durée d'au moins 18 mois.
	Etre présent et négocier de bonne foi les conséquences liées aux variations du marché des composants électroniques (allongement des délais, augmentation des prix produits ou transports, pénuries de volumes).
Stockage	Etre présent et négocier de bonne foi les conséquences liées aux variations du marché des composants électroniques (allongement des délais, augmentation des prix produits ou transports, pénuries de volumes).
	Pendre les mesures techniques adaptées pour gérer la bonne conservation des composants stockés
Relations commerciales amont	Construire des relations durables de partenariat
	Savoir reconnaître et accepter les conditions du marché
	Accepter des hausses de prix pour débloquer certaines livraisons
	Assurer une veille technologique pour anticiper les mutations et le risque d'obsolescence
	Développer la coopération entre filières (dialogue, échange de stocks)
	Faciliter l'échange électronique des données au sein de la supply chain
	Faciliter la gestion des dérogations (spécifications, burn-in, date-codes)
	Bien connaître les spécificités des fabricants de différents types de composants

Relations commerciales aval	Informar ses clients des tensions qui règnent sur le marché des approvisionnements régulièrement et le plus tôt possible, dès qu'une difficulté apparaît.
	Ne pas confirmer des prix et ou des délais qui ne peuvent être garantis.
Distribution	Consolidation par la distribution des commandes et prévisions pour les produits standards
Anticiper la crise	Etablir des scénarios de crise
	Faire des exercices de crise pour s'y préparer
	Etablir un plan de continuité d'activité et le mettre à jour régulièrement
Professionaliser la fonction achats de composants électroniques	Identifier ou recruter des acheteurs spécialisés en composants électroniques
	Leur donner des formations spécifiques, notamment sur les bonnes pratiques

A contrario, des mauvaises pratiques ont également été recensées. Il est sans doute également utile de les citer et diffuser ; plusieurs dépassent d'ailleurs le seul champ des composants électroniques :

Acheteur	Exprimer des volumes prévisionnels plus élevés que le besoin réel en vue de sécuriser ses approvisionnements.
	Faire du double-booking
	Appliquer de fortes variations de volumes sur l'horizon court-terme et refuser d'en supporter les conséquences (équipes supplémentaires, extra-transports pour les hausses, surstocks pour les baisses).
	Ne pas payer en temps et en heure, utiliser le crédit fournisseur pour améliorer sa trésorerie. Imposer unilatéralement des changements de conditions de paiement.
	Retarder les négociations tarifaires ou essayer de retarder la date d'application des prix pour faire porter l'impact de profitabilité au fournisseur et/ou exiger de partager les surcoûts.
	En période d'allocation de composants, changer sans se concerter avec ses EMS les allocations de composants allouées à chaque EMS (pour favoriser la production interne de l'OEM ou d'autres EMS/lignes de produits). Ceci en refusant de financer les conséquences.
	Imposer à son EMS de supporter les surcoûts d'approvisionnement en période de pénurie (transports, achats brokers)

Vendeur	En cas de problème avec un fournisseur dont les conditions sont négociées par l'OEM, rester passif et attendre que l'OEM résolve le problème.
	Modifier les prix unilatéralement et avec effet immédiat en menaçant de ne pas livrer sans acceptation.
	Se désengager sauvagement sur les livraisons (modification de la priorisation clients)
	Imposer des commandes NCNR (non cancellable non reschedulable) sur tout l'horizon prévisionnel.
	Donner la priorité des allocations aux gros clients.

Annexe 8 : extrait du livre *Chip War* de Chris Miller (éditions Simon & Schuster) sur les pénuries d'approvisionnement du secteur automobile

(traduction DeepL) :

« Les responsables politiques du monde entier ont donc mal diagnostiqué le dilemme de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs. Le problème n'est pas que les processus de production très éloignés de l'industrie des puces ont mal géré le COVID et les fermetures qui en ont résulté. Peu d'industries ont traversé la pandémie avec aussi peu de perturbations. Les problèmes qui sont apparus, notamment la pénurie de puces automobiles, sont principalement dus à l'annulation frénétique et peu judicieuse des commandes de puces par les constructeurs automobiles dans les premiers jours de la pandémie, ainsi qu'à leurs pratiques de fabrication en flux tendu qui ne laissent qu'une faible marge d'erreur. L'industrie automobile, dont le chiffre d'affaires a été amputé de plusieurs centaines de milliards de dollars, a de bonnes raisons de repenser la gestion de ses propres chaînes d'approvisionnement. L'industrie des semi-conducteurs, en revanche, a connu une année exceptionnelle. Hormis un tremblement de terre massif - un risque de probabilité faible mais non nulle - , il est difficile d'imaginer un choc plus grave pour les chaînes d'approvisionnement en temps de paix que celui auquel l'industrie a survécu depuis le début de l'année 2020. L'augmentation substantielle de la production de puces en 2020 et 2021 ne signifie pas que les chaînes d'approvisionnement multinationales sont rompues. C'est le signe qu'elles ont fonctionné. »