

# CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES

Affaire n° 2000-0207-01

La Défense, le 2 novembre 2000

## RAPPORT D'ENQUETE SUR L'ACCIDENT SURVENU SUR LA LIGNE 12 DU METRO PARISIEN

**LE 30 AOÛT 2000 – 13H21**

**Interstation Saint-Georges – Notre Dame de Lorette  
Sens Nord-Sud**

*Etabli par*

**M. Michel QUATRE,**  
Ingénieur Général des Ponts et Chaussées  
Président de la commission d'enquête

*Et*

**Mme Brigitte KOUBI-KARSENTI,**  
Directeur adjoint du travail

**M. Bertrand DESBAZEILLE**  
Ingénieur Général des Ponts et Chaussées

**M. Jacques VILLE,**  
Ingénieur Général des Ponts et Chaussées honoraire

**Destinataire**  
Le Ministre de l'Equipement, des Transport et du Logement

## SOMMAIRE

### PREAMBULE..... ..... 1

<b>I) LA COMMISSION D'ENQUETE</b> .....	4
1) Le déclenchement.....	4
2) l'organisation des travaux.....	4
<b>II) LES CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT</b> .....	6
1) Le cadre général.....	6
a) la voie.....	6
b) la signalisation.....	6
c) le matériel roulant.....	7
d) les réglementations de sécurité.....	8
e) le recrutement, la formation et l'emploi des conducteurs.....	10
2) Le contexte de l'accident.....	11
a) l'état des infrastructures.....	11
b) l'état des signalisations.....	11
c) l'état de la rame accidentée.....	12
d) le conducteur de la rame accidentée.....	13
<b>III) LE DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT</b> .....	15
1) La chronologie reconstituée de l'accident	15
2) Le bilan humain et matériel, l'intervention des secours.....	15
3) Les constatations et la reconstitution du scénario de renversement.....	16
<b>IV) LES CAUSES DE L'ACCIDENT</b> .....	18
1) Les vérifications du matériel roulant.....	18
a) le détail des visites en atelier.....	18
b) les constatations faites.....	19
c) les tests des appareils.....	19
d) l'examen des scénarios.....	21
2) La conduite de la rame.....	21
3) Les conclusions.....	25
<b>V) LES RECOMMANDATIONS</b> .....	27
1) La maintenance.....	27
2) La sécurisation du réseau.....	27
3) La qualification et la formation des conducteurs.....	27
4) Le matériel roulant, l'enregistrement de la commande de freinage et de la réponse du frein.....	28



Ministère  
de l'Equipment,  
des Transports  
et du Logement

---

Conseil général des  
ponts et chaussées

---

2ème Section

---

Affaires juridiques  
et sociales

---

## **ACCIDENT SUR LA LIGNE 12 DU METRO PARISIEN**

**30 AOUT 2000 – 13H21**

**-oOo-**

**Interstation Saint-Georges – Notre-Dame-de-Lorette  
Sens Nord-Sud**

**-oOo-**

## PREAMBULE

### -oOo-

Immédiatement après l'accident causé par le déversement de la voiture de tête d'une rame de métro parcourant la ligne 12 dans le sens nord-sud entre les stations Saint-Georges et Notre Dame de Lorette le 30 août 2000 à 13 h. 21 environ, le Ministre de l'Equipement, des Transports et du Logement a demandé au Vice-Président du Conseil Général des Ponts et Chaussées de diligenter une enquête technique et administrative (cf. lettre annexe 1). Ce dernier a constitué le 4/9/2000 une commission d'enquête présidée par l'IGPC Michel QUATRE et composée de Madame KOUBI-KARSENTI, directeur adjoint du travail et de Messieurs Jacques VILLE et Bertrand DESBAZEILLE, IGPC pour déterminer les causes de cet accident et proposer toutes mesures propres à en éviter le renouvellement (cf. décision annexe 2).

Pour la compréhension du présent rapport il suffit de rappeler que la rame n° 12131 composée de voiture du type MF 67 D (3 motrices encadrées par deux remorques avec cabine de conduite) a été accidentée par renversement de la première voiture. Celle-ci s'est couchée sur les rails des deux voies et sans se dissocier totalement de la suite de la rame a glissé jusqu'à l'entrée de la station Notre Dame de Lorette où le pavillon de la cabine de conduite s'est encastré sur environ un mètre et demi de longueur dans le début du quai. La rame s'est ainsi immobilisée face à une rame prête à partir en sens inverse. Les 40 voyageurs de la voiture ont été choqués, 24 blessés légers ont été soignés à l'hôpital ou dans une antenne médicale d'urgence, malgré le choc et l'écrasement du haut de la cabine le conducteur n'a été que blessé à la tête sans traumatisme grave. La très bonne tenue au choc de ce matériel a contribué dans une large mesure à maintenir à un niveau modeste le bilan de cet accident. Un plan de l'interstation avec indication de la position présumée de la rame avant l'accident est joint (cf. annexe 3).

Ce renversement est dû à une vitesse élevée de franchissement de la première courbe de 48 m. de rayon commençant 185 m. après la tête de la station Saint-Georges, ce parcours étant en forte pente descendante 4 % puis 2,2 %, celle-ci demeurant dans la courbe pour atteindre 2,75 %. L'enquête a porté sur la qualité de la voie et l'état du matériel accidenté, le mode de conduite manuel ou automatique et les interfaces entre la conduite manuelle et le pilotage automatique.

La conduite sur l'interstation était signalée depuis huit mois au démarrage de la station Saint-Georges comme devant être effectuée en conduite manuelle, par suite d'un incident sur le PA sol nécessitant une réparation qui n'avait pas été jugée urgente. Il a pu être vérifié, malgré l'impossibilité de pouvoir exploiter les enregistrements saisis par le juge de la bande graphique du tachigraphe enregistreur de la cabine accidentée, que le mode de conduite entrepris par le conducteur était effectivement manuel. A noter que le fonctionnement de circuits de voie utiles à la conduite manuelle ne pouvait être mis en cause car la zone de renversement ne comporte pas de signaux à l'arrêt et en outre le réseau du métro, et donc notamment cette interstation, n'est pas non plus équipé de contrôle de vitesse par balise.

Par contre les causes de retard dans la réparation du PA ont été analysées. Il faut savoir que le PA a été mis en place à l'origine sur les lignes du métro pour

permettre un meilleur confort de conduite et une plus grande régularité d'écoulement du trafic et non pour apporter un niveau de sécurité supérieur. En fait le pilotage automatique est doté d'un contrôle vitesse dont la fiabilité est supérieure à celle habituellement reconnue à l'homme dans les études sur la fiabilité humaine.

Bien que l'usage du pilotage automatique, lorsqu'il est disponible, soit actuellement laissé au libre choix du conducteur, une durée excessive d'indisponibilité du PA ne va pas dans le sens de la sécurité.

De l'état des dispositifs de commande des moteurs et du freinage électrique relevé par les enquêteurs, il a pu être conclu que cette commande a été actionnée tardivement par le conducteur et qu'elle a normalement fonctionné, mais trop tard pour éviter le renversement à une vitesse estimée par simulation à environ 61,5 km/h. La lecture de la bande enregistreuse du chronotachygraphe saisie par le juge d'instruction devrait confirmer ces deux faits : vitesse élevée et début de freinage tardif.

Pour éviter le renouvellement de tels accidents, les enquêteurs préconisent les mesures suivantes :

Un examen périodique "système" de la sécurité sur chaque ligne du métro parisien, les conditions de conduite des rames ne pouvant être dissociées de l'état des dispositifs de contrôle-commande, en l'occurrence la direction de la RATP aurait dû se préoccuper plus activement de la maintenance du pilote automatique. Cette obligation est prévue dans le projet de loi sur la sécurité des infrastructures de transport. Les exploitants et les services du contrôle de l'Etat devront veiller à son application sans retard.

Les enquêteurs ont vérifié qu'en fonction de la vitesse maximum du matériel MF 67 soit environ 70 km/h, la ligne 12 ne présentait qu'un seul endroit possible de renversement des trains, celui où a eu lieu l'accident. Comme une défaillance humaine est toujours possible, même avec une très faible probabilité pour des professionnels bien formés, ce que confirment les constatations médicales et l'analyse des incidents et accidents dans tous les modes de transports, il est nécessaire dès maintenant, de prévoir une boucle automatique de sécurité, avec contrôle de vitesse à cet endroit. Un examen d'ensemble est à faire sur tout le réseau dans le même esprit et en application du projet de loi susvisé.

En attendant son installation, l'exploitant devrait trouver une consigne de conduite de nature à s'assurer de l'attention des conducteurs à cet endroit quand ils n'utilisent pas le pilotage automatique.

Le matériel MF 67 présente un âge moyen de 28 ans ; il devrait donc être renouvelé d'ici 10 à 15 ans dans son intégralité. De même, le pilotage automatique est un système de confort et de régularité, introduit il y a 22 ans. L'avancement des connaissances et des techniques depuis plus de deux décennies amène à repenser totalement les concepts de sécurité du métro pour aller dans le sens des lignes récentes. La RATP en a défini les bases fonctionnelles et a le projet d'en commencer bientôt les expérimentations sur la ligne 13.

Ce programme devrait être autant que possible accéléré avec le remplacement concomitant des équipements de contrôle-commande et du matériel roulant.

Enfin, les enquêteurs ont constaté que la bande du chronotachygraphe n'enregistre pas la commande de freinage d'urgence et la réponse du circuit de freins. Cet enregistrement a été enlevé pour laisser la place à celui du fonctionnement en conduite manuelle ou en pilotage automatique lors de l'introduction de ce dernier. Ne serait-il pas possible de le réintroduire ?

## I - LA COMMISSION D'ENQUETE

### **1)DECLENCHEMENT**

Lettre du 30 août 2000 de M. GAYSSOT, Ministre de l'Equipment, des Transports et du Logement, au Vice-président du Conseil Général des Ponts et Chaussées (annexe 1).  
 Décision du 4 septembre 2000 de M. MERCADAL, Vice-président, créant la commission d'enquête (annexe 2).

N.B. : Le parquet de Paris a décidé l'ouverture d'une instruction judiciaire le jour de l'accident.

### **2)ORGANISATION DES TRAVAUX**

Dès le soir du 30 août, le Président pressenti de la commission d'enquête, M. QUATRE, IGPC ayant déjà procédé à plusieurs enquêtes techniques et administratives du même type, s'est rendu sur les lieux de l'accident et a pris contact avec le juge d'instruction, l'expert judiciaire et les officiers de police judiciaire, le président de la RATP et ses collaborateurs de tous les services de l'entreprise, la responsable du service de contrôle. Il a assisté aux opérations de relevage de la voiture renversée et constaté extérieurement son état. Il a procédé à une visite du tunnel pour relever les traces et l'emplacement du renversement.

La commission, une fois constituée a organisé ses travaux comme suit après une première audition générale le 6 septembre des directions des services de la RATP concernés (ligne 12, matériel roulant, équipement et systèmes électriques, voie et infrastructure) :

M. Jacques VILLE : systèmes et signalisation, il a rencontré les responsables du département des équipements et des systèmes électriques, son directeur, le délégué général à l'ingénierie ferroviaire et l'adjoint au responsable de la maintenance de premier niveau des équipements de signalisation et du mode de conduite du métro et du tramway.

M. Bertrand DESBAZEILLE : matériel roulant ; il a visité et constaté l'état du matériel roulant ramené le 31 août au dépôt de Vaugirard, voiture renversée d'une part, reste de la rame d'autre part. Ces constats ont été faits conjointement avec l'expert judiciaire en présence des responsables d'étude de la direction du matériel roulant. Ils ont porté :

- Pour la voiture renversée sur le fonctionnement du manipulateur de conduite, du " cerclo " de la VACMA et des contacteurs associés, sur la situation de la clé C, du manipulateur et des " signaux d'alarme " (KFS-KFA) lors de l'accident, ainsi que sur la bonne marche du circuit pneumatique de freinage.
- Pour le reste de la rame, sur la situation et la bonne marche des contacteurs du Jeumont-Heidman (commande de la traction et/ou du freinage) des trois motrices, leur temps de réponse à la commande du manipulateur depuis la loge intacte de la voiture de queue, et sur les disjoncteurs d'équipement traction.

Mme KOUBI-KARSENTI : facteur humain. A ce titre elle a rencontré par deux fois le conducteur de la rame renversée et une fois son agent de maîtrise et le cadre responsable. Elle a pu, par ailleurs, consulter le dossier des états de service de l'intéressé hors aspects médicaux. La commission s'est fait expliquer les modalités de formation des conducteurs et les points clés du règlement de conduite, ainsi que la lecture des bandes à cinq pistes du chronotachygraphe du matériel MF 67 et leur exploitation.

Monsieur QUATRE : état de la voie. Après la visite le jour même il a pris connaissance des relevés précis du nivelllement de la voie faits immédiatement après l'accident. Une seconde visite a été effectuée dans la nuit du 13 au 14 septembre avec un relevé des traces et une circulation dans une rame d'essai permettant de vérifier le fonctionnement des circuits de voies et le comportement sur l'interstation d'un fonctionnement en mode de conduite automatique malgré l'interdiction. Hors Monsieur VILLE, l'ensemble de la commission y a participé après passage au poste central de circulation du réseau (PCC). Enfin, une séance de travail, avec l'équipe de recherche de l'INRETS sur le contact roue-rail et les responsables du bureau d'étude du matériel de la RATP a permis de faire ensuite une simulation dynamique des conditions de renversement.

La commission a aussi disposé des documents de description de la voie et du fonctionnement des circuits de voie et de la signalisation, de la conception du pilotage automatique et de son exploitation, des manuels de formation et du règlement de conduite des trains ainsi que des procédures d'entretien et de grande révision du matériel roulant. Les incidents et programmes de réparation ainsi que les projets de modernisation en cours lui ont été communiqués, de nombreuses explications et justifications lui ont été données.

Après l'explication détaillé de l'accident du 30 août, elle a été amenée à considérer successivement les défaillances possibles des quatre composants du système de transport ferroviaire : la voie, la liaison sol-train, le matériel roulant et le conducteur. Les deux premiers composants ayant pu être rapidement écartés, et la conviction ayant été acquise que l'on était bien en conduite manuelle, ce sont les interactions homme-machine qui ont fait l'objet de l'essentiel des examens.

Une rencontre avec les sept syndicats représentatifs du personnel à la RATP le 4 octobre, a permis de recueillir l'expérience de leurs adhérents et d'éclairer les investigations de la commission.

## II - LES CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT

### 1) LE CADRE GÉNÉRAL

#### a) La voie

La ligne 12 du métropolitain de Paris est particulièrement sinuueuse avec de fortes pentes dans sa partie nord spécialement des stations Jules Joffrin à Notre Dame de Lorette. L'interstation Saint-Georges – Notre Dame de Lorette dont le plan est donné en annexe 3, présente une longueur en tunnel de 367 mètres (tunnel double de 45 mètres, puis tunnel à deux voies dans le sens nord-sud). Deux courbes de 52 mètres de rayon dans l'axe de la voie nord-sud et une pente descendante comprise entre 2 et 3 % dans le sens de circulation nord-sud, nécessitent une forte limitation de la vitesse des trains pour éviter renversement, inconfort ou tout simplement usure prématuée du matériel, rails et roues.

#### b) La signalisation

C'est ainsi que la vitesse est réglementée par des panneaux lumineux fixés sur les pieds droits du tunnel à hauteur de la vue du conducteur à :

40 km/h	immédiatement après le départ de la station St-George
35 km/h	130 m
30 km/h	172 m

Cette signalisation est donnée au conducteur qui doit la respecter par ses actions en conduite manuelle, il n'y a pas de système automatique de rattrapage si elle n'est pas respectée (disposition générale sur l'ensemble du réseau métropolitain).

Par contre, l'espacement des trains est réglé par le système classique du circuit de voie, un feu rouge indiquant au conducteur d'arrêter pour ne pas pénétrer sur un circuit occupé. Ce principe, classique dans la signalisation des voies ferrées est appliqué sans utilisation d'un feu jaune ordonnant de ralentir par le circuit de voie précédent le circuit occupé, cela en raison de la faible vitesse des trains et de la bonne visibilité en tunnel. Par contre en zone de manœuvre ou dans les fortes courbes limitant la distance de visibilité on utilise un signal répétiteur avancé du feu rouge, ce qui est le cas au début de la seconde courbe avant l'obligation d'arrêt à l'entrée de la station Notre Dame de Lorette en cas de présence d'un train arrêté. Cela n'est indiqué ici que pour mémoire, en effet tant la position du répétiteur, après le lieu du déversement, que la faible densité du trafic ayant entraîné son ouverture à l'heure de l'accident ne le mettent pas en cause dans les développements ci-après.

La ligne 12, comme toutes les autres lignes du métropolitain sauf la ligne 10 est équipée du système de pilotage automatique mis en service fin 1977.

Constitué de circuits basse-tension émettant un signal variable, réunis en un "tapis" posé entre les rails, il envoie une information à un capteur situé sous la rame. Son avantage est de régler uniformément la vitesse de tous les trains et partant d'améliorer leur cadence. Evitant les à-coups de la conduite, il donne aussi un meilleur confort. Il a permis de diminuer la fatigue du conducteur qui peut mieux concentrer son attention sur des phénomènes éventuellement génératrices d'accidents survenant lors de la fermeture des portes par exemple. Cela étant, l'effet pervers d'une utilisation trop forte de cette aide est la moindre attention du conducteur et un risque de désapprentissage à la conduite manuelle quand on en a besoin et d'une baisse de la connaissance des caractéristiques d'une ligne nécessaire à cette conduite manuelle. C'est pourquoi il lui est recommandé -ce n'est pas une obligation sauf là où cela lui est imposé par une signalisation adéquate - de continuer à s'exercer à la conduite manuelle de préférence aux heures creuses. En cas de réparation des circuits du tapis ou d'autres travaux sur la voie, ce qui est assez fréquent, le conducteur est en effet obligé de revenir à cette conduite manuelle sur des interstations entières.

La conduite manuelle, c'est à noter, a été sécurisée en y ajoutant un système d'arrêt automatique en cas de franchissement d'un feu rouge et un système de veille automatique, d'où son appellation à la RATP de "conduite manuelle contrôlée".

**Le pilotage automatique de son côté a été conçu suivant les exigences de la sécurité ferroviaire, il garantit normalement le respect de la signalisation et assure le contrôle des vitesses. En pilotage automatique, les protections d'arrêt automatique en cas de franchissement de feux rouges et de veille automatique ne sont plus actives car elles ne sont plus nécessaires. Le contrôle des vitesses garantit alors le non dépassement des vitesses limites autorisées signalées le long du parcours dans les tableaux indicateurs de vitesse (TIV).**

En cas d'anomalie constatée, alors que le mode pilotage automatique est utilisé, le conducteur a toujours la possibilité d'arrêter le train en actionnant le freinage d'urgence.

### c) le matériel roulant

Conçu en 1967, mis en service à partir de 1969, le matériel MF 67 était, à l'origine, constitué de cinq voitures à adhérence totale (toutes motrices). La puissance disponible étant bien supérieure au strict nécessaire, la RATP s'orienta après deux ans vers d'autres compositions dont celle dite "trois" ou deux remorques avec loge de conduite encadrent trois motrices, ce qui est le cas sur la ligne 12. Les commandes sont toutes électro-mécaniques et nécessitant une à deux secondes de délai d'exécution (à la différence du matériel MF 77 qui suivra et qui sera le premier de la RAPT à utiliser l'électronique de puissance). Elles se font à partir de cames actionnées par l'axe du manipulateur de conduite. Les signaux électriques sont ensuite transmis à un servo-moteur commandant le "Jeumont-Heidman" (cf. description du fonctionnement en annexe 4) situé sous la caisse de chaque motrice, ensemble de contacteurs à cames d'alimentation du courant moteur ou du frein rhéostatique. C'est ainsi que le même manipulateur dispose d'une position neutre, de cinq positions de traction (T1 à T5) et de six positions de freinage (F1 à F6), ces dernières sont complétées par une septième position dite de freinage d'urgence (FS) ou des sabots de frein en bois sont appliqués sur

les roues avec une pression de deux bars grâce à un circuit à air comprimé commandé également par le manipulateur en fin de course. C'est ce même circuit que le conducteur peut actionner en tirant le signal d'alarme situé dans son dos (KFS).

Une sécurité complémentaire est donnée par un freinage particulier à une pression de 4 bars actionné par la "dépréparation" du train. Celle-ci peut être provoquée ou par action du conducteur, ou par court-circuit sur le circuit de préparation. Ce freinage est très brutal et détérioré, par la formation de méplats, les tables de roulement des roues.

Avant d'utiliser son train, un conducteur doit préparer sa rame (bouton adhoc, situé derrière lui à côté d'un autre pour "dépréparer"), actionner le disjoncteur de mise sous tension, actionner la clé du sens de marche (avant-arrière), mettre la "clé C" en position de conduite manuelle (CM) ou de pilote automatique (PA), enfin fermer les portes et actionner le manipulateur en traction. Le démarrage est effectif sur les positions T1 à T5. Le mouvement est uniformément accéléré si le manipulateur reste sur ces positions.

Le conducteur étant seul, un système de veille automatique contrôlé (VACMA) est actionné par le conducteur, grâce à une pédale ou à un cerclo à main situé sous le bouton du manipulateur. Le conducteur doit le relâcher toutes les 30 secondes pendant 2,5 secondes sinon la rame est arrêtée par action sur le freinage d'urgence.

#### **d) les réglementations de sécurité**

Apprises par le conducteur pendant les trois mois de formation, elles sont récapitulées dans un recueil.

Pour les faits concernant l'accident du 30 août, il faut noter :

- Que le conducteur en conduite manuelle a l'entièr responsabilité du respect des vitesses signalées par des panneaux lumineux jaunes. Celles-ci sont vérifiées a posteriori sur la bande enregistreuse du chronotachygraphe par la direction de la ligne. Un dépassement de 10 % en dessous de 50 km/h ou de 5 km/h au-dessus est noté par la direction de la ligne. Des dépassements répétés entraînent des sanctions (avertissement, diminution de primes, éventuellement mises à pied). La précision de l'enregistrement est de 1 km/h ; le déroulement de la bande est proportionnel à la rotation du premier essieu de la voiture de tête ; la bande comprend cinq pistes d'enregistrement : le temps, la vitesse, le mode de conduite CM-PA, la répétition des signaux de circulation, la fermeture des portes. Une indication de conduite manuelle avec la VACMA en service ou hors service est également donnée.

- Que le pilotage automatique n'est pas d'usage obligatoire, il n'est qu'une aide apportée au conducteur. La direction de la RATP conseille de revenir de temps en temps, et de préférence aux heures creuses, à la conduite manuelle. En cas de travaux d'entretien le mettant hors d'usage, la conduite manuelle est obligatoire sur tout le trajet entre deux stations, la clé C du choix CM-PA ne doit être manipulée qu'à l'arrêt. Les enquêteurs se sont rendus compte qu'elle était manipulable en marche et que seul le changement de CM en PA entraînait le freinage d'urgence. Ces indications ne sont pas comprises dans le règlement d'exploitation mais relèvent de notes séparées dont il serait bon de s'assurer que les conducteurs en ont eu connaissance (la principale est la note Métro C85-221 du 1/07/85).

Les cas d'indisponibilités du PA ne sont pas rares car le "tapis" programme des circuits du pilote automatique est posé sur les traverses entre les rails. Ainsi outre les réparations propres au tapis du PA tous les travaux sur la voie ou les circuits de voies nécessitent le démontage d'une section du tapis (cette sujexion n'existe plus dans les systèmes modernes de signaux numériques transmis par balise). Ces indisponibilités concernent en moyenne 15 % du réseau (100 interstations sur 640).

**e) recrutement formation et emploi des conducteurs :**

Le recrutement au poste de conducteur est ouvert à raison d'un tiers au recrutement externe et de deux tiers à la promotion interne. Aucun niveau spécifique n'est requis. Les épreuves sont confortées par des tests médicaux et psychotechniques.

La formation initiale de trois mois comprend :

- 15 jours de formation sur le terrain
- 13 jours de travaux pratiques
- le reste du temps est consacré à la théorie et à l'évaluation.

La formation se fait sur le matériel MF67. Elle aboutit à la délivrance du permis de conduire en cas de succès. La formation initiale à la conduite est suivie d'une formation dite apprentissage de ligne de 15 jours au cours de laquelle le conducteur acquiert une connaissance non seulement théorique mais aussi pratique de la ligne en y accompagnant un conducteur expérimenté.

L'agent de maîtrise évalue ensuite en salle la connaissance de la ligne et autorise le conducteur à signer sa "connaissance de ligne".

Chaque ligne constitue un établissement du département métro de la RATP qui emploie 3500 conducteurs. La ligne 12 compte un effectif de 180 conducteurs et chaque terminus représente le lieu effectif d'affectation des agents de conduite et de leur hiérarchie directe (agent de maîtrise polyvalent). Avec trois terminus (Mairie d'Issy, Porte de Versailles, Porte de la Chapelle), la ligne 12 comporte trois lieux d'affectation. Porte de Versailles, cinq agents de maîtrise sont responsables de 60 conducteurs ; chacun anime son équipe, opère des accompagnements sur la ligne, des formations et procède aux entretiens annuels d'évaluation.

Le personnel titulaire d'un roulement est affecté sur la ligne du terminus auquel il est rattaché et connaît son planning prévisionnel de travail deux ans à l'avance. Le personnel en réserve peut être affecté sur d'autres lignes, plusieurs lignes étant organisées en groupement à cet effet.

Chaque ligne constitue un établissement au sens du code de travail et les délégués du personnel sont élus à ce niveau. Le CHSCT par contre est mis en place au niveau du département METRO avec 9 représentants élus du personnel pour 9000 salariés. Il a conformément à ses attributions, procédé à une enquête suite à l'accident après une réunion extraordinaire.

Les élections de renouvellement des instances représentatives du personnel doivent avoir lieu en décembre 2000

## **2) LE CONTEXTE DE L'ACCIDENT**

L'alerte a été donnée par la conductrice d'une rame allant dans le sens sud-nord stationnée dans la station Notre Dame de Lorette. Voyant arriver en face d'elle la voiture de tête couchée suivie des quatre autres voitures (demeurées sur les rails) de la rame accidentée, elle s'est précipitée sur la borne d'alerte de la station, a arraché le rupteur et appelé le PCC puis les pompiers (BSPP, centre de secours du 9<sup>ème</sup> arrondissement, rue Blanche)

Les disjonctions d'intensité ont eu lieu à 13h.21 min. 08s40cs puis à 13h.21 min. 13 sec. 84 cs après la première refermeture (5 secondes après la première disjonction de vérification d'incident ; section sous tension pendant 14 cs). La seconde ouverture a été suivie de la mise hors tension une seconde après de la section Saint-Lazare-Jules Joffrin (cf. rapport du département des équipements et des systèmes électriques du 12/9/00 en annexe 5).

### **a) Etat des infrastructures**

Les voies du réseau métropolitain sont vérifiées annuellement.

Ce fut le cas pour l'interstation en cause le 27 mai 2000 à l'aide du véhicule de contrôle V 355 de la RATP. Les normes d'intervention sont fixées quand le gauche (tolérance de dénivellation entre les rails selon deux mesures en travers successives) atteint soit 16 mm sur 2 m (gauche court), soit 55 mm sur 10 m (gauche long). Ce fut le cas le 25 mai aux PK 8181 et 8357 sans gravité excessive. Les travaux de correction étaient terminés le 19 juillet.

Le contrôle de la voie réalisé après l'accident dans la matinée du 31 août ne comportait pas de gauche hors norme (maximum de 11 mm au PK 8398 pour le gauche court et de 41 mm au Pk -8360 pour le gauche long).

Il est à noter pour la compréhension du déroulement de l'accident que le rail d'alimentation électrique comporte une coupure relative au changement de circuit de voie au Pk 8312.

### **b) Etat de la signalisation**

A la sortie de la station Saint-Georges le panneau d'indication de conduite manuelle obligatoire était apposé ; le conducteur a d'ailleurs placé la clé C en position CM selon sa déclaration ce que la lecture de la bande enregistreuse (piste CM-PA, piste de signal de fermeture des portes) devrait confirmer.

Les panneaux indicateurs de limitation de vitesse étaient normalement éclairés.

Depuis le 23 décembre 99 le pilote automatique était indisponible du Pk 8335 jusqu'à la station Notre Dame de Lorette suite à la rupture d'un des câbles d'alimentation provoqué par un marteau piqueur lors de travaux de génie civil dans la station Saint Georges. Dans ce cas toute l'interstation doit être parcourue en conduite manuelle comme cela était indiqué.

### c) Etat de la rame accidentée

La rame accidentée est de type MF 67D (trois motrices encadrées par deux remorques) elle est répertoriée 12 131 et comporte les cinq voitures suivantes :

- la voiture déversée S 9 099
- la motrice N 11 126
- la motrice NA 12 131
- la motrice N 11 038
- la voiture S 9 159

La description de ce matériel et de ses composants est faite dans le document " MF 67, instruction de sécurité ferroviaire 1 026 ".

Les trois motrices ont été livrées en 1972, et les deux remorques l'ont été en 1975. Ce matériel n'est nullement considéré comme vétuste et son remplacement n'est pas programmé pour l'instant (la durée de vie d'un matériel ferroviaire est d'environ quarante ans).

L'entretien et la maintenance de ce matériel sont faits :

- par l'atelier de maintenance des trains : entretien systématique tous les 7.500 km ; entretien technique tous les 15 000 Km ; des travaux cycliques dont le pas de réalisation est un multiple de 15 000 Km ; des travaux périodiques dont la réalisation est liée au temps. (Une rame parcourt environ 60 000 km par an).
- par l'atelier de Choisy pour la révision de certains organes.

L'ensemble de la maintenance du matériel roulant ferroviaire MF 67 a fait l'objet d'une certification ISO 9002 pour l'atelier de Choisy et les ateliers de maintenance des trains, dont en particulier l'atelier Vaugirard dédié à la ligne 12.

Cette certification attestée par l'AFAQ est délivrée pour la période du 9 décembre 1998 au 16 décembre 2000. Conformément aux exigences de la qualification ISO, les ordres de travail, les feuilles de travail préventives et curatives et les états statistiques sont archivés. Les sorties informatiques de ces documents sont placées sous contrôle judiciaire, il ne nous a donc pas été possible de les consulter.

La rame 12 031 avait fait l'objet d'un entretien systématique (à 7 500 km) le 20 juin 2000.

En août 2000 le changement des bogies a été fait à l'atelier de Choisy.

Cette rame a tourné le

- 28 août	:	6 tours
- 29 août	:	9 tours
- 30 août	:	6 tours avant l'accident

Malgré la maintenance organisée comme indiqué ci-dessus, il se produit des avaries que le conducteur signale par radio au poste central (Boulevard Bourdon). Elles peuvent aussi être inscrites sur un carnet à souche, dit carnet d'avaries, dont un exemplaire existe dans chaque loge. Les avaries signalées et les interventions consécutives sont enregistrées sur ordinateur. A notre demande, l'atelier Vaugirard a sorti les 5 fiches relatives aux 5 voitures de la rame 12 131 pour la période du 11 janvier 2000 au 25 août 2000 (dernière avarie signalée).

Le 25 août l'atelier Vaugirard signale une anomalie sur deux voitures sortant de l'atelier grosses réparations " biellettes du transmetteur de charge non serrées ". C'est au cours de la visite normale de vérification du matériel après sortie de grande révision que cette anomalie a été décelée, indication d'ailleurs que cette visite a été faite. Le transmetteur de charge permet d'adapter la puissance de freinage à la charge du véhicule.

Le 25 août aussi on signale l'impossibilité de régler le boîtier de contrôle de porte (BKP) et l'échange de cette pièce.

Deux autres avaries avaient été signalées le 3 juillet une sur la radio et l'autre sur le relais de commande de régression de la motrice 11 126 (une pièce constitutive du Jeumont Heidman, voir annexe 4). Il est mentionné sur la fiche que les pièces défectueuses ont été changées.

Ces anomalies signalées et réparées ne font pas apparaître de dysfonctionnement caractérisé du matériel.

#### **d) le conducteur de la rame accidentée**

Monsieur MARTINS José, agé de 36 ans, conducteur de la rame accidentée, connaîtait la ligne 12 sur laquelle il était affecté depuis son entrée à la RATP.

Monsieur MARTINS, titulaire d'un B.E.P d'électrotechnique, est entré à la RATP le 21 janvier 1991. Il a occupé un emploi d'agent de manœuvre, affecté au terminus Porte de Versailles ligne 12. Il passe en 1996 le concours interne de conducteur qu'il réussit et il suit la formation initiale de 3 mois du 25 septembre 1996 au 12 décembre 1996.

Monsieur MARTINS obtient sa qualification de conducteur le 12 décembre 1996. Il est affecté sur la ligne 12 en janvier 1997 et rattaché au terminus de Porte de Versailles.

Titulaire d'un roulement sur la ligne 12 depuis le 01 février 1998 et il travaille selon un cycle de 7 semaines qui doit intégrer 6 jours de travail à l'identique suivis de 2 ou 3 jours de repos glissants. Le cycle comprend normalement 3 semaines d'après midi, 2 semaines du matin et 1 semaine de nuit.

- 6 jours de travail à l'identique à raison de 3 semaines d'après-midi, 2 semaines du matin, 1 semaine de nuit ;
- 2 ou 3 jours de repos glissants chaque semaine.

Le personnel travaille 6 h 30 maximum par jour (dont 4 h 45 à 5 h 50 de conduite) avec 11 heures minimum de repos entre deux services.

Chaque service peut prévoir des interruptions de conduite diverses :

- Des pauses d'instruction permettant l'entretien des connaissances avec l'agent de maîtrise ;
- Des glissements de train : le conducteur reprend la conduite après avoir laissé passer 2 ou 3 trains.

Depuis son retour de congés le 1<sup>er</sup> Août 2000, Monsieur MARTINS était programmé sur les services suivants :

- Une semaine de nuit (19 h 45- 1 h 25)
- Une semaine d'après-midi (11 h 48 – 18 h 13)
- Une semaine du matin (06 h 48 – 13 h 04)
- Une semaine du matin (06 h 22 – 12 h 49).

Des modifications sont intervenues à la demande de M. MARTINS par permutations de services avec ses collègues, entérinées par sa hiérarchie. En conséquence, les horaires effectifs de M. MARTINS depuis le 1<sup>er</sup> Août ont été les suivants :

- 1<sup>er</sup> Août : repos
- du 2 au 8 Août : service de nuit – 19 h 45 à 1 h 25
- 8 et 9 Août : repos
- 10 au 15 Août : service d'après-midi- 11 h 48 – 18 h 13
- 16 et 17 août : repos
- 18 au 23 Août : service de nuit – 19 h 33 – 1 h 16 (service permué)
- 24 et 25 Août : repos
- 26 au 29 Août : service d'après-midi – 12 h 23 – 18 h 51 (service permué)
- 30 Août : 12 h 23.... Jusqu'à l'accident

Monsieur MARTINS a donc effectué deux semaines de nuit en l'espace de quatre semaines de travail. On note un seul dépassement de ses horaires pour temps compensateur (heures supplémentaires déclenchées à la journée) effectué le 22 Août 2000, d'une durée de 5 minutes correspondant à un retard de fin de service.

Monsieur MARTINS a été déclaré apte à son poste lors de la dernière visite médicale le 7 juin 2000. Aucune restriction médicale n'a été prononcée.

Monsieur MARTINS avait bénéficié de congés payés du 6 juillet au 1<sup>er</sup> août 2000. Aucune anomalie n'est à signaler en matière de durée du travail.

La formation à la sécurité, à l'embauche, fait partie intégrante de la formation initiale suivie du 25 septembre 1996 au 12 décembre 1996.

Ensuite Monsieur MARTINS a bénéficié de 10 formations traditionnelles qui permettent de connaître d'autres lignes et le matériel correspondant ; elles ont duré au total 39 jours en 3 ans.

Toutefois, ces connaissances n'ont pas été mises en pratique en raison de l'affectation exclusive de Monsieur MARTINS sur la ligne 12.

### III - DEROULEMENT DE L'ACCIDENT

#### **1 - CHRONOLOGIE RECONSTITUEE DE L'ACCIDENT**

La conductrice d'une rame en stationnement, voie 1 (sens Sud-Nord) prête au départ dans la station Notre-Dame de Lorette voit arriver sur elle la voiture de tête renversée glissant sur les rails et frottant contre le pied droit du tunnel du côté de sa voie ; celle-ci est suivie des quatre autres voitures de la rame demeurées sur les rails. Le haut du pavillon de la voiture de tête s'encastre d'environ 1,5 m dans le bout du quai près de la rame en stationnement. La conductrice donne immédiatement l'alarme en actionnant le rupteur de coupure du courant de traction situé sur le quai et en appelant le poste central de circulation.

Cependant comme précédemment indiqué page 11 le courant de traction avait déjà été coupé.

#### **2 - BILAN HUMAIN ET MATERIEL, INTERVENTION DES SECOURS**

La section des sapeurs pompiers de la brigade de Paris (170 pompiers) située rue Blanche est intervenue quelques minutes après l'accident. Quelques passagers et le conducteur qui, bien que blessé à l'oreille, a aidé des personnes à se dégager, étaient déjà sortis de la voiture renversée. Les pompiers ont évacué les autres passagers par la porte arrière (ouvrant alors vers le haut) de la voiture. Quarante passagers étaient choqués ; vingt quatre blessés et le conducteur ont été traités par le poste médical avancé des pompiers et des médecins du SAMU. Les quatorze blessés les plus graves ont été transférés aux hôpitaux Lariboisière, Pitié et Salpêtrière.

Le trafic a été ensuite rétabli de la Porte de la Chappelle à Jules Joffrin au nord ainsi qu'au sud de la Concorde. Il n'a été totalement rétabli sur toute la ligne 12, qu'après relevage puis évacuation du matériel accidenté au dépôt de Vaugirard dans la nuit du 30 août, vérification de la voie et réparation des circuits dans la journée du 31 août, soit à la reprise du trafic le matin du 1<sup>er</sup> septembre à 5 h.30.

Les conséquences matérielles de cet accident sont la mise hors service de la voiture de tête, pour laquelle il faut noter que la structure du compartiment voyageur a globalement bien résisté puisque les portes coulissantes ont pu être ouvertes ; les dégâts visibles les plus graves portent sur le pavillon de la loge de conduite, la cloison de séparation d'avec le compartiment voyageur et les barres d'appui des passagers. Les quatre autres voitures ont leurs roues endommagées par les graves méplats dus au freinage d'urgence. Enfin, l'attelage entre les deux voitures a été rompu, en partie pendant l'accident puis complètement pendant le relevage, ainsi que les câblots et la boucle de sécurité. La seconde voiture porte des bosses et des traces de choc à l'avant dues au mouvement relatifs avec la voiture renversée.

### **3 - CONSTATATIONS ET RECONSTITUTION DU SCENARIO DU RENVERSEMENT**

Les points kilométriques allant en décroissant, la courbe du renversement commence au pk 8363. Des traces de frottement avec arrachement de copeaux de métal commencent sur le rail du courant de traction au pk 8333 ; corrélativement, des traces de frottement ont été relevées sur les boites de protection situées en tête des essieux 1 et 4 de la voiture renversée (ces boites renferment respectivement le dispositif de commande du déroulement de la bande du chronotachygraphe et le mécanisme de mesure de la vitesse de la rame pour le PA). Cette situation ne s'explique que par une position penchée de la voiture reposant par ses roues sur le rail extérieur de la courbe et s'appuyant sur le rail de traction. Elle dure jusqu'à la coupure du rail de traction (changement de sous-section d'alimentation électrique) au pk 83125 soit sur 20 m.

Ne trouvant alors plus d'appui, le bogie avant se renverse et la voiture le suit dans ce mouvement. Cependant, le second bogie passe au droit de la coupure et frotte encore quelques mètres sur le rail de traction après cette coupure, ce qui marque un léger chanfreinage du rail.

La voiture glisse alors sur les rails en y laissant de la peinture ainsi que sur le pied droit du tunnel voie 1 (à partir du PK 8293) où elle arrache les câbles, les pattes de fixation et un rupteur ce qui explique le délai d'une seconde pour la mise hors tension définitive. Cette glissade dure jusqu'à l'entrée de la station N.D. de Lorette (PK 8181) soit sur environ 134 m. L'attelage entre les deux premières voitures n'a pas été complètement rompu, mais à moitié arraché de la seconde.

Les quatre autres voitures aux roues bloquées par le freinage dû soit à la rupture d'alimentation électrique, soit à celle de la boucle de sécurité, suivent derrière la voiture renversée et sont arrêtées avec elle. La pression enregistrée à 4 bars dans la conduite d'air comprimé de la rame montre qu'il y a eu dépréparation du matériel.

L'annexe 6, par un calcul statique de la vitesse de renversement dans cette courbe, permet d'estimer la vitesse atteinte au PK 8333 à environ 61,5 km/h. L'écoulement du temps depuis le départ de St-Georges peut alors être ainsi estimé :

- Depuis le départ avec un mouvement uniformément accéléré de  
Saint-Georges : 25 sec.

Le CONDIF, système d'enregistrement du poste central de circulation, précis à 2 secondes près, donne 23 secondes (temps d'occupation des circuits de voie). Pour un parcours respectant les vitesses limites, cette durée, selon les enregistrements du PCC est de 35 à 40 secondes, soit moitié plus.

- Sur la longueur du renversement soit 20 m parcourus à 61,5km/h : 1 sec. 17 cs.

**NB.** : Cette durée est inférieure au temps qui s'est écoulé entre le freinage déclenché par le conducteur et la disjonction d'intensité provoquée par le contact d'un bogie avec le rail de traction. (cf infra environ 2 s)

- Sur la longueur de la glissade, soit environ 134 m. en supposant un mouvement uniformément décéléré de 61,5 à 0 km/h ;15,7 sec.

Le parcours de l'interstation, 367 m au total, a duré environ 40 secondes renversement compris.

## IV - LES CAUSES DE L'ACCIDENT

La voie n'étant pas en cause ainsi que la signalisation il convient de rechercher les causes de ce renversement soit dans un mauvais fonctionnement des commandes de frein de la rame soit dans une réaction tardive du conducteur puisque la courbe a été abordée à environ 62,5 km/h au lieu des 30 réglementaires.

### **1 – VERIFICATIONS DU MATERIEL ROULANT**

#### **a) Détail des visites en atelier**

La commission a fait une première visite le 4 septembre à l'atelier de maintenance des trains de la ligne 12 ( atelier “ Vaugirard ”, 227 rue de la Croix Nivert à Paris 15ème). La rame accidentée – la voiture déversée et les quatre voitures non déversées – a été vue mais l'examen n'était pas possible car elle était sous scellés et partiellement bâchée. La commission s'est fait présenter les méthodes d'entretien et de maintenance du matériel. Le programme des vérifications à faire a été établi ce jour et suivi par la suite.

La deuxième visite, le lundi 18 septembre, à l'atelier Vaugirard a été faite conjointement par l'expert judiciaire et par M. DESBAZEILLE pour la commission d'enquête. Pour la RATP, plusieurs agents ont participé à l'examen et aux essais, dont le responsable de la mission d'inspection du matériel roulant et le responsable de l'atelier de maintenance. Il a été procédé ce jour-là aux examens suivants :

- Vérification de la pression dans les cylindres de frein sur les consignes du manipulateur de la loge arrière (non accidentée),
- Contrôle du chronotachygraphe
- Contrôle du manipulateur de la loge accidentée et de la continuité des circuits.

La troisième visite à l'atelier de Vaugirard a été faite le lundi 2 octobre après-midi, dans la même formation que le 18 septembre. Les 4 voitures non déversées avaient été amenées sur fosse de visite sous contrôle judiciaire.

Il a été procédé ce jour-là aux vérifications suivantes :

- position du J. H. (Jeumont Heidman, voir note annexe n°4) sur les trois motrices,
- examen des méplats aux roues des 4 voitures non déversées et de la voiture déversée,
- vérification du bon fonctionnement des détecteurs d'anomalies basses tension,
- état des disjoncteurs d'équipement traction sur les 3 motrices.
- examen visuel des caoutchoucs de suspension,
- il n'a pas été procédé à la vérification du bon fonctionnement du frein de secours (KFS) en cabine, vérification pourtant prévue au programme initialement arrêté. Il a été considéré que l'état de la loge accidenté ne permettrait pas de procéder utilement à une telle mesure.

La quatrième visite a été faite le mercredi 4 octobre matin à l'atelier " de Choisy ", dans la même formation que les deux précédentes visites. L'atelier de Choisy, 27 avenue de la Porte d'Italie à Paris (13<sup>ème</sup>) assure les révisions périodiques des organes, notamment les bogies qui étaient sortis de révision le 28 août comme cela est indiqué plus loin. Il a été procédé ce jour là à une visite de l'atelier de révision des bogies et aux tests des appareils suivants qui avaient été démontés et amenés précédemment dans cet atelier sous contrôle judiciaire :

- capteur de vitesse TMH,
- " clé C " permettant aux conducteurs de passer de la conduite manuelle au pilotage automatique,

#### **b)Constatations faites**

- Les méplats aux roues. Sur les quatre voitures non déversées, toutes les roues ont des méplats provoqués par un freinage énergique. Il n'y a pas de méplats aux roues de la voiture déversée.

- Le Jeumont Heidman (JH)

La disjonction d'intensité gèle les organes du J. H. dans la position où ils étaient à l'instant de cette disjonction. La constatation brute est que le combinateur traction/freinage était en position " traction ", et cela pour les 3 J.H (chaque voiture

motrice à son J.H.) et que les plateaux crénélés étaient en position :

- 14 pour la motrice 11 038
- 16 pour la motrice 12 131
- 17 pour la motrice 11 126

Il résulte du fonctionnement de cet appareil qu'à l'instant de la disjonction d'intensité les J. H. était en régression depuis environ 2 secondes, délai qui n'a pu pour l'instant qu'être mesuré sommairement (voir en annexe n° 4).

- Dans la loge accidentée, le frein de secours (KSF) avait été actionné. L'examen du matériel ne permet pas de savoir quand et par qui cette action a été faite. Par le conducteur avant le déversement ? Lors de l'évacuation par un passager ou un pompier ?

- Le manipulateur de la loge accidentée était en position FS (freinage d'urgence) mais l'examen du matériel ne permet pas de dire si cette position résulte d'une action du conducteur ou du jeu normal du ressort de rappel ou du déversement de la voiture. Malgré les déformations dues au choc, le ressort de rappel agissait encore.

#### **c) Test des appareils**

- Le chronotachygraphe, qui permet au conducteur de connaître sa vitesse, a été testé selon la méthode employée lors des révisions périodiques. Cette méthode a été présentée aux enquêteurs sur un appareil ordinaire, l'appareil de la loge accidentée a été vérifié ensuite ; aucune anomalie n'a été décelée.

- Le capteur de vitesse (TMH) (appareil situé sur l'essieu et qui donne les impulsions électroniques que le chronotachygraphe transforme en position de l'aiguille) a été testé dans des conditions semblables ; rien d'anormal n'a été décelé.

- Le manipulateur a fait l'objet d'un examen attentif car le pointage des connexions a montré que le support du manipulateur avait été légèrement faussé dans le choc ; rien d'anormal n'a été décelé.

- La " clé C " qui permet au conducteur de passer du régime de pilotage automatique à la conduite manuelle ou inversement a été testée aussi. Un programme informatique mesure les paramètres d'isolement et les paramètres de continuité ; la clé de la loge accidentée a passé le test sans interruption. Après enlèvement volontaire d'un fil, un nouveau test a été fait, l'ordinateur a marqué l'arrêt avec indication du contact défectueux. La clé C était donc en bon état.

- Les pressions de freinage ont été relevées sur les quatre voitures non déversées. Le freinage a été actionné avec le manipulateur de la loge non accidentée, la lecture de la pression se fait dans chaque voiture sur les manomètres visibles à l'intérieur des voitures. Rien d'anormal n'a été décelé ; on a également constaté visuellement que le serrage des sabots sur les roues se faisait.

- Les détecteurs d'anomalies basses tensions (dispositifs installés sur toutes les rames après l'incident de 1992 sur la ligne 9 où le frein n'avait pas répondu à la commande). Ces détecteurs existent bien, l'application d'une tension supérieure à 90 volts a montré l'allumage d'une lampe rouge. Les techniciens de la RATP ont vérifié qu'à l'allumage de cette lampe rouge le circuit électronique commandant le freinage se trouve activé. Il n'a pas été possible de déclencher un véritable freinage au cours de cet essai car la surtension aurait pu détériorer des circuits électriques de la rame rendant ainsi impossible d'autres vérifications ultérieures sur cette rame encore placée sous scellés judiciaires.

- Les disjoncteurs d'équipement traction (DET)

Il a été vérifié que ces disjoncteurs n'étaient pas collés et que l'on y voyait nulle trace d'arc électrique anormal.

- Les " Jeumont Heidman "

Il a été procédé en premier temps à une vérification " statique " des trois appareils, c'est à dire sans modifier la position des organes telle qu'elle avait été gelée par la disjonction d'intensité. Un tableau nous avait été préalablement fourni avec la position de chacun des 23 relais pour chacun des 27 crans du plateau crénélisé. Il a été vérifié que les relais étaient dans la position prévue correspondant au cran sur lequel chacun des trois appareils s'était gelé.

Dans un second temps le fonctionnement du Jeumont Heydman de la motrice centrale a été vérifié par l'action du manipulateur de la loge arrière ; rien d'anormal n'a été décelé. Il a été jugé préférable de ne pas toucher aux deux autres " Jeumont Heydman " des voitures N de façon à ne pas faire disparaître trop vite un indice important utilisable pour des investigations ultérieures si nécessaire.

#### d) Examen des scénarios

Cinq scénarios ont été envisagés, ils peuvent être étayés ou rejetés par les constatations et les vérifications faites sur le matériel.

- Par suite d'un défaut du chronotachygraphe, l'aiguille serait restée bloquée sur 30 km/h, le conducteur aurait été induit en erreur et n'aurait pas réduit sa vitesse. Les vérifications faites sur le capteur de vitesse (TMH) et sur le chronotachygraphe ne permettent en aucune façon d'étayer ce scénario.

- Le maintien traction. Dans ce scénario la traction aurait été maintenue malgré le déclenchement du freinage. Ce type d'incident s'est déjà produit sur la ligne 9 le 12 octobre 1992. Suite à un courant maintenu sur le moteur d'un bogie de la motrice centrale NA, la rotation des roues a provoqué des usures importantes sur les deux files de rail de roulement. Cet incident a été provoqué par un collage du disjoncteur d'équipement traction. Indépendamment de la décision prise à la suite de rendre plus fréquente les révisions de cet appareil, il est peu plausible que cet incident ait affecté simultanément les 3 J.H. Par ailleurs l'examen des disjoncteurs d'équipement traction n'apporte aucune validité à ce scénario.

- Non-réponse de la commande de freinage. Sur cette interstation, en conduite manuelle, le conducteur démarre en T4 (ou T5) et très rapidement se positionne en F1 (ou F2) pour ralentir son train à 35 Km/h puis 30 Km/h, puis pour maintenir l'allure à 30 Km/h malgré la déclivité. On a considéré le scénario où le freinage en F1 (ou F2) n'aurait pas répondu. Ce scénario est en contradiction avec les constatations faites sur le Jeumont Heydman qui était en position de régression traction à l'instant de la disjonction d'intensité. Ou alors il aurait fallu que le conducteur ayant mis F1 (ou F2), puis remarquant un excès de vitesse, se soit placé alors en T4 (ou T5). Un tel comportement semble aberrant et n'est d'ailleurs pas appuyé par une déclaration du conducteur. Par ailleurs aucune anomalie n'a été décelée sur le système de freinage.

- La répétition du scénario de 1992 sur la ligne 9. L'arrachage par malversation de nombreux tubes d'éclairage de la rame avait créé une surtension. Cette surtension avait diminué l'intensité de commande de freinage de 50 %. Aucune constatation n'etaye l'hypothèse d'une surtension ; mais surtout la rame 12 131, comme toutes les autres rames MF 67, a été équipée du dispositif approprié évitant ce genre d'incident.

- Pour un motif autre que mécanique, la rame a atteint 62,5 Km/h. moins de 2 secondes avant la disjonction d'intensité, donc trop tard, le conducteur a mis le manipulateur sur FS. C'est cette hypothèse que retient la commission.

## 2 – CONDUITE DE LA RAME

La survitesse enregistrée au moment de l'accident nous conduit à nous interroger sur les antécédents du conducteur ;

Depuis son affectation sur la ligne 12, l'entreprise a été amenée à relever des dépassements de vitesse en 1997-1998-1999. Ils ont fait l'objet d'observations, de rappels à l'ordre ou d'avertissements.

L'échelle interne des sanctions (de la plus faible à la plus forte) utilisée pour sanctionner des non-respects de signalisation est la suivante :

- Observation écrite
- Rappel à l'ordre
- Avertissement
- Disponibilité d'office avec sursis (correspond à une mise à pied avec sursis)
- Disponibilité d'office sans sursis (correspond à la mise à pied)

Une grille interne indicative vient préciser le type de sanction à retenir en fonction de chaque catégorie d'incident.

Monsieur MARTINS a dépassé les vitesses autorisées 3 fois en 1997, 1 fois en 1998 et 7 fois en 1999.

Sur ces incidents, sa hiérarchie met en avant le nombre important de travaux obligeant à une conduite manuelle et le fait qu'un conducteur en moyenne, toutes lignes confondues, effectue 2 dépassements de vitesse par an.

Sur la ligne 12, ont été dénombrés 78 dépassements de vitesse en 1998, 200 en 1999, et 85 du 1<sup>er</sup> janvier au 20 septembre 2000. En ce qui concerne Monsieur MARTINS, aucun dépassement n'a été enregistré depuis septembre 1999. Son encadrement qui venait de procéder à l'entretien annuel d'évaluation le 28 août 2000 l'encourageait à conforter ces résultats dans le temps.

Monsieur MARTINS précise conduire en pilotage automatique lorsque celui-ci est en fonctionnement, ceci permettant d'éviter tout risque de survitesse. Le personnel apparaît libre d'opter pour la conduite manuelle ou le pilotage automatique lorsque ces deux modes de conduite sont disponibles. La seule restriction concerne l'obligation de conduite manuelle sur le premier train du matin pour vérifier le bon état des aiguillages.

Il semblerait que depuis septembre 1999, Monsieur MARTINS utilise le pilotage automatique pour éviter de commettre de nouveaux dépassements et d'être pris en défaut. Ceci risquait d'aboutir à une perte de connaissance de ligne et de moindre fiabilité de la conduite. Les sanctions mises en œuvre ne règlent en effet pas les questions d'évaluation de l'aptitude à conduire sur la ligne ou de l'accompagnement personnalisé en terme de complément de formation à dispenser aux conducteurs rencontrant des difficultés.

#### Profil du conducteur :

D'après sa hiérarchie, son attitude professionnelle ne saurait être remise en cause par les quelques incidents enregistrés.

Il est considéré par celle-ci comme quelqu'un d'ouvert, qui sait reconnaître ses erreurs. Il est qualifié d'équilibré et de non conflictuel.

Il ne présente pas d'absentéisme particulier ni de problèmes de consommation d'alcool ou de produits prohibés ou d'anxiolytiques. Ajoutons qu'il est très engagé au service des autres :

- pompier volontaire
- associations de parents d'élèves
- ancien délégué du personnel de l'établissement ligne 12, il a exercé deux mandats successifs en étant élu au 2<sup>ème</sup> tour sur une liste sans appartenance syndicale. Il avait interrompu son mandat ces deux dernières années et envisageait de se présenter aux prochaines élections en fin d'année sur une liste syndicale .

• Chronologie reconstituée des événements de l'accident :

Le 30 Août 2000, Monsieur MARTINS prend son service à 12h23. Il relève sur cette rame Mme NOMORY conductrice. Lors de la passation, aucun problème n'est signalé. Il effectue son premier tour dans le sens Porte de Versailles/Porte de la Chapelle. La durée d'un tour complet aller/retour est de 1 h20.

Il effectue le 1er tour Porte de Versailles /Porte de la Chapelle en pilotage automatique. Il ne note rien d'anormal sur le fonctionnement du matériel.

Dans le sens Porte de la Chapelle/Porte de Versailles, il conduit sur les deux premières stations en commande manuelle (le pilotage automatique est indisponible) puis se remet en pilotage automatique jusqu'à la station Saint-Georges.

Il se positionne en commande manuelle comme l'indique la signalisation à l'interstation Saint-Georges/Notre Dame de Lorette. Il n'a ensuite pas de souvenir précis jusqu'au moment où il sent que son siège tremble.

Il se dit surpris et met un temps à réagir (quelques dixièmes de secondes). Il se rappelle alors avoir tendu le bras pour attraper le manipulateur.

Il est sûr d'avoir essayé de freiner en amenant le manipulateur de F 1 à F 6 puis en essayant de le maintenir sur freinage d'urgence (FS) avant le renversement du train.

En revanche, il est certain, compte tenu de la rapidité des événements de

- ne pas avoir essayé d'entrer en contact avec le P.C.C. au moyen de la radio (T.H.F)

- ne pas avoir tiré le signal d'alarme de la loge trop éloigné pour pouvoir l'attraper, en étant en position assise.

- ne pas avoir effectué l'opération de dépréparation du train.

Il conduit en effet, assis, le genou gauche calé contre le tableau de bord et porte ouverte du côté du quai. Il ne se rappelle pas avoir tenté de s'agripper au tableau de bord. Il n'a pas entendu le signal d'alarme de la première voiture de la rame.

Il roule porte ouverte et précise " je n'ai pas entendu le train monter à 60km/heure, je n'ai pas perçu le danger ".

Il précise " la fin de course de la rame n'a pas été vécue comme un vrai choc, j'ai entendu des bruits feutrés quand la rame est entrée dans le quai comme un bruit de papier froissé, la rame devait être à moins de 5km/h ".

Il pense ne pas avoir perdu connaissance, et ce, ni avant, ni après l'accident. Il pense être passé par la porte de communication loge/rame, pour sortir de la loge accidentée. Il se rappelle avoir aidé deux dames à sortir de la rame par les portes latérales renversées, puis avoir été aidé pour sortir par deux passagers.

Il précise qu'habituellement, il aborde l'interstation en T4 ou T5 puis repasse rapidement en F 1 puis F2 pour ramener la vitesse à moins de 30km/h.

Ce jour-là, il ne se sentait pas fatigué, ni somnolent. Il avait pris un repas de type petit déjeuner vers 10h30 chez lui avant de se rendre à son travail. Il n'avait pas exercé d'activité particulièrement fatigante la veille. Il pratique du sport (athlétisme) régulièrement. Il dit ne pas prendre de médicaments, de produits dopants ou d'alcool.

Dans le cadre de ses activités extra-professionnelles, il était de garde pompier le 24 Août (garde de 24h de 7h30 à 7h30 le lendemain) mais avait eu le temps de bien récupérer, n'ayant pas en Août 2000 la garde de sa fille qu'il élève seul.

Il déclare qu'il était seul dans la loge au moment de l'accident mais précise que ce jour-là, il avait pu précédemment prendre un collègue en loge sur le parcours comme cela se fait fréquemment entre Porte de Versailles et Porte de la Chapelle ou entre Porte de la Chapelle et Max Dormoy. Aucun enregistrement des personnes montées à bord n'est fait sur support papier. En effet est tombée en désuétude l'obligation de mentionner sur le bulletin de conduite les coordonnées des personnes habilitées qui sont montées dans la loge et la référence aux interstations concernées. L'Instruction sur la Sécurité Ferroviaire 35.Services des trains.note 05-08 Admission en loge de conduite apparaît donc rarement respectée.

### **3 – CONCLUSIONS**

Les éléments recueillis et les expertises approfondies faites lors de l'enquête permettent d'écartier tout mauvais fonctionnement du matériel et aboutissent à retenir une défaillance humaine dans la conduite de la rame entre le départ de la station Saint-Georges et le lieu du renversement. La déclaration du conducteur indiquant qu'il a ramené le manipulateur en position F6 puis FS quand il a senti son siège trembler corrobore ce résultat puisque des vibrations sont caractéristiques de changements rapides des zones de contact entre les roues et les rails dans le cas du roulement fer sur fer. Les défaillances humaines sont aujourd'hui connues par les médecins spécialistes et les ergonomes, leur taux de fréquence est estimée de l'ordre du millième mais leur durée est normalement très faible et le conducteur professionnel concerné réagit immédiatement en apportant les corrections nécessaires. Les cas d'inattention prolongée sont beaucoup plus rares, l'estimation faite de 24 secondes pour la durée du trajet précédent le début du renversement montre qu'on est en présence d'un tel cas ; ceci peut cependant arriver, le président de la présente commission d'enquête l'ayant déjà constaté dans le cas de l'accident du 8/09/97 au passage à niveau de Port Sainte-Foy où le conducteur du camion citerne n'a eu aucune réaction, accélération ou freinage, à l'approche de cet ouvrage.

Au-delà du cas particulier cette enquête révèle que le métro parisien, réseau d'au plus cent ans d'âge, n'est pas équipé d'un système de contrôle de vitesse de sécurité palliant les erreurs humaines quand le pilotage automatique n'est pas utilisé (que ce soit par défaut technique ou par choix du conducteur).

Et même quand le pilote automatique est en fonctionnement et que le conducteur l'utilise il présente le risque de rendre l'homme passif et en conséquence moins attentif surtout aux heures creuses (aux heures de pointe l'attention portée à la montée et à la descente des passagers laisse penser que le conducteur est suffisamment actif pour éviter cet écueil).

Conscient de cette situation par rapport à un équipement mis en place il y a maintenant 22 ans la direction de la RATP a procédé aux études de définition d'un nouveau système de régulation et de contrôle – commande répondant à la condition de sécurité ferroviaire intrinsèque tout en maintenant la responsabilité immédiate du conducteur, garantie de sa vigilance dans la conduite de la rame. Inspiré du contrôle de vitesse par balises développé sur les réseaux ferroviaires il sera expérimenté prochainement sur la ligne 13. Sa généralisation ne pourra cependant être immédiate et des mesures limitées à court et à moyen terme doivent être dès maintenant envisagées.

Les premières pourraient être d'ordre technique pour sécuriser les points critiques du réseau au regard de la vitesse et l'interstation Saint Georges Notre Dame de Lorette dans le sens nord sud en est un avec deux courbes en descente prononcée de 52 mètres de rayon. Même avec un système sommaire d'arrêt automatique de la rame en cas de dépassement de la vitesse réglementaire, une telle mesure, certes fortement perturbatrice du débit de la ligne, serait préférable au risque révélé par l'accident, risque beaucoup plus élevé que le bilan constaté. En effet que se serait-il passé en cas de choc en tunnel avec une rame venant en sens inverse, circonstance évitée à environ 16 secondes près ?

Les secondes consisteraient à tenir compte des conditions particulières de circulation en ces points critiques pour y éviter le plus possible les mises hors services des équipements de signalisation ou du pilote automatique. Un délai de plus de 8 mois dans le cas précis d'indisponibilité du PA a paru exagéré à la commission d'enquête. Une note interne récente de la direction de la RATP fixant un délai de quatre mois va dans ce sens.

Les troisièmes sont relatives au maintien des compétences des conducteurs au regard des équipements dont ils disposent. Le cas de Monsieur MARTINS peut être considéré comme particulier mais il est cependant révélateur d'un type d'évolution à laquelle l'encadrement doit porter attention. Ayant réussi l'examen de conducteur il a révélé rapidement une tendance à dépasser les vitesses prescrites bien supérieures à la moyenne des conducteurs. Ses qualités humaines et sa bonne volonté ne semblent pas en cause ce cas méritait d'autre investigations pour cerner les causes de ces dépassements. Sans exclure les sanctions réglementaires il y aurait peut-être eu moyen alors d'éviter une aggravation de la situation de M. MARTINS qui, pour ne plus être sanctionné s'est orienté de son propre chef vers une conduite habituelle

en P.A. Une telle attitude ne pouvait alors qu'accentuer sa baisse de vigilance et le rendre de moins en moins compétent en conduite manuelle avec le résultat extrême de cet accident quant il fut obligé de revenir en CM sur une portion de ligne difficile. Une exploitation plus complète que la piste vitesse des bandes d'enregistrement du chronotachygraphe comme la fréquence de la conduite en P.A. ou la durée d'appui du bouton de fermeture des portes par exemple devrait être faite dans de tels cas pour déceler à temps les inattentions anormales et engager les actions correctrices indispensables. Il est d'ailleurs regrettable à cet égard que la piste d'enregistrement de la commande et de la réponse des freins du chronotachygraphe ait été enlevée lors de la mise en service du PA pour faire place à l'indication du choix CM-PA.

## V- RECOMMANDATIONS

### 1) MAINTENANCE

L'indisponibilité des systèmes qui sont en sécurité ferroviaire devrait être réduite au minimum indispensable aux travaux par des procédures appropriées définies entre les services d'exploitation et les services de maintenance. L'analyse des points critiques du réseau devrait permettre de fixer des ordres de priorité dans ces procédures.

### 2) SECURISATION DU RESEAU

Une analyse d'ensemble de la sécurité du réseau est à effectuer au regard des vitesses maximums possibles des trains en cas de défaillance en conduite manuelle contrôlée. Dans les points critiques ainsi décelés, et les courbes de 52 m de rayon de l'interstation Saint-Georges-Notre Dame de Lorette en font partie, une boucle de sécurité avec arrêt automatique en cas de dépassement est à installer.

Au delà d'une telle mesure à court terme l'étude de l'équipement du réseau entrepris par la RATP avec un nouveau système de contrôle-commande en sécurité ferroviaire, régulant le trafic et maintenant l'intervention du conducteur est à poursuivre, les premières expérimentations étant prévues pour l'année 2001.

### 3) QUALIFICATION ET FORMATION DES CONDUCTEURS

- Mode de conduite

Il apparaît nécessaire de clarifier les consignes d'utilisation de pilotage automatique et de conduite manuelle et de les introduire dans le règlement de conduite.

En effet, les consignes actuelles non écrites de libre choix entre conduite manuelle et pilotage automatique lorsque les deux sont disponibles s'avèrent en contradiction avec la note 85-221 du 1<sup>er</sup> juillet 1985 porteuse des instructions suivantes :

Utilisation du pilotage automatique en période de pointe lorsque l'intervalle entre rames est inférieur à 2 minutes.

Conduite manuelle en période creuse lorsque l'intervalle entre rames est supérieur à 4 minutes.

- Formation continue et suivi des personnes

Il est suggéré de faire jouer un rôle plus actif à l'encadrement dans le suivi des conducteurs présentant des difficultés. Une exploitation plus poussée que la simple lecture de la vitesse, des enregistrements du chronotachygraphe est de nature à l'aider dans cette tâche.

En cas de manquement aux procédures et de non respects répétés des signalisations, l'entreprise ne devrait pas seulement réagir par la sanction mais aussi s'autoriser à procéder à une évaluation des connaissances en ligne qui pourrait éventuellement conduire à une remise en cause de la "signature de ligne" et donc déboucher sur une nouvelle formation suivie d'une nouvelle habilitation.

- Réactivation des instructions d'accès à la loge

La présence dans la loge de personnes est susceptible de distraire l'attention du conducteur. Aussi, apparaît-il nécessaire de réactiver les procédures d'enregistrement de l'accès à bord de la loge et de limiter cet accès.

#### **4) MATERIEL ROULANT, ENREGISTREMENT DE LA COMMANDE DU FREINAGE ET DE LA REPONSE DU FREIN**

Il se trouve que l'examen du J. H. donne une indication précise sur l'instant où la commande de freinage a pu être donnée. Il s'agit d'un cas particulier. Dans d'autres concours de circonstances l'examen du J.H. n'aurait rien donné ou bien aurait ouvert des hypothèses multiples. Un enregistrement de la commande de freinage et de la réponse du frein existe sur le matériel plus récent du type MF 77.II existait sur le MF 67 à l'origine mais a été enlevé pour faire place à l'indication CM ou PA du mode de conduite. S'il était demeuré les investigations auraient été facilitées.

## **DIFFUSION du rapport n° 2000-0207-71**

Ministre-Cabinet : 3 exemplaires

DTT : 5 exemplaires

- M. Du MESNIL, Directeur (1)
- M. ORIZET, Sous-Directeur (2)
- M. GRUFFAZ, chef du Service Technique des Remontées Mécaniques (2)

DREIF : 3 exemplaires

- M. MEARY, Directeur (1)
- Mme DUCHENE, Directeur de la Division des Infrastructures et des Transports (2)

RATP : 7 exemplaires

- M. SCHWEBEL, Directeur Général Adjoint

Parquet : M. le Procureur Général près du TGI de Paris : 1 exemplaire

TGI de Paris : 2 exemplaires

- M. Coirre, juge d'instruction

CGPC : 9 exemplaires

- M. MERCADAL, vice-président
- M. ROUX, secrétaire-général
- M. BOURGES, président de la première section (1)
- M. ROBERT, président de la deuxième section (2)
- M. GIBLIN, président de la troisième section (3)
- M. BROISSIER, président de la quatrième section (4)
- MM. QUATRE, DESBAZEILLES, VILLE, IGPC

IGMOT : 2 exemplaires

- M. SAADIA, chef de service
- Mme KOUBI-KARSENTI, directrice adjointe du travail (direction régionale de Paris)

## **ANNEXES**

<b>ANNEXE 1</b>	Lettre de mission du Ministre
<b>ANNEXE 2</b>	Décision de création de la commission d'enquête
<b>ANNEXE 3</b>	Plan du lieu de l'accident
<b>ANNEXE 4</b>	Fonctionnement du Jeumont Heidmann (J.H.)
<b>ANNEXE 5</b>	Séquence d'alimentation électrique de la section lors de l'accident
<b>ANNEXE 6</b>	Estimations de la vitesse de renversement et des temps de parcours de l'interstation
<b>ANNEXE 7</b>	Personnes rencontrées par les enquêteurs

**ANNEXE N° 4**  
**Relative au fonctionnement du Jeumont Heidman (J. H.)**

-oOo-

Planches page 33 et 34 + texte ci dessous.

Le plateau crénélisé comporte des crans numérotés 0 à 27 ainsi qu'un cran -1.

Le manipulateur en T1 fait passer du cran 0 au cran 3.

Le manipulateur en T2 fait passer du cran 0 au cran 13.

Le manipulateur en T3 fait passer du cran 0 au cran 14.

Le manipulateur en T4 fait passer du cran 0 au cran 26.

Le manipulateur en T5 fait passer du cran 0 au cran 27.

Le passage des crans en progression n'est pas immédiat, il faut 8 secondes et demi pour passer de 0 à 26.

On se place dans le cas où le manipulateur est en position T4 depuis plus de 8 secondes et demi. Le plateau crénélisé est donc au cran 26. La mise du manipulateur en freinage déclenche les mouvements suivants qui ne sont pas instantanés.

1 – Le plateau crénélisé régresse du cran 26 au cran 0 en 4 secondes. L'effort de traction est progressivement réduit, le combinateur traction/freinage reste en position traction.

2 – Le plateau crénélisé passe de 0 à -1 puis à nouveau 0 le combinateur traction/freinage est mis en position freinage.

3 – Le plateau crénélisé progresse, éventuellement jusqu'au cran 12, le combinateur traction/freinage reste en position de freinage. Le freinage électrique agit progressivement. Le freinage électrique agit dans toutes les positions de freinage (F1 à F6), mais pas en position FS.

A l'instant de la disjonction d'intensité, le combinateur était en position traction, le combinateur était en position traction et les plateaux crénélés étaient respectivement en position 14, 16 et 17. Il résulte de ces constatations que le J. H. n'était pas encore en freinage et qu'il pouvait être soit en phase de progression traction, soit en phase de régression.

Aucun scénario plausible ne permet de faire l'hypothèse que l'on était en progression traction.

A l'instant de la disjonction d'intensité le J. H. était donc en régression traction.

Il a été possible d'apprécier le temps nécessaire pour faire régresser du cran 26 au cran 16 : environ 2 secondes. La mesure a été faite sommairement avec un chronomètre de poignet. Il a été demandé qu'une mesure plus précise soit faite.

Le freinage électro-pneumatique est commandé par un circuit différent de celui du freinage électrique. Le temps de réponse entre la commande F6 (ou FS) et un début de freinage efficace est de l'ordre d'une seconde.

## ANNEXE 6

### ESTIMATIONS

#### de la vitesse de renversement et des temps de parcours

#### de l'interstation

##### 1) Vitesse de renversement

A la limite du renversement, à roulis constant, un seul rail porte la voiture ( $P = Mg$ ) et le guide transversalement ( $F_y = MV^2 / R$ ); la force  $Fr$  qu'il applique au niveau des roues passe donc par le centre de gravité de la caisse. Si le véhicule est considéré comme indéformable, son centre de gravité  $G$  ne dépend pas des forces en présence et en confondant angle et tangente (premier ordre) il vient :

$$\frac{F_y}{P} = \frac{E}{2h} + \frac{D}{E} - \frac{S}{E}$$

$D$  est le dévers,  $E$  l'écartement moyen des points de contact,  $S$  le soulèvement du véhicule et  $h$  la hauteur du centre de gravité du solide équivalent :

On peut déduire une valeur approchée de la vitesse limite de renversement en prenant cette expression au début du soulèvement ( $S/E$  négligeable), il vient :

$$V^2 = g R \frac{(E/2 + D)}{h} \quad (g : \text{accélération de la pesanteur soit } 9,81 \text{ m/s}^2)$$

La hauteur  $h$  a été mesurée en atelier à 1,39 m ; dans la courbe de 48 m de rayon avec un dévers de 12,5 mm et un écartement moyen de 1,5 m (contact sur l'extérieur du rail), la vitesse limite vaut 17,1 m/s, soit 61,5 km/h.

**NB :** la voiture renversée est une remorque. Pour une motrice dont le centre de gravité est à une hauteur de 1,06 m, la vitesse de renversement est de 69,5 km/h ce qui explique que la suite de la rame ne s'est pas déversée (trois motrices suivent la remorque de tête).

## 2) Temps de parcours de l'interstation Saint-Georges – N.D. de Lorette

- Départ – Début de renversement

Hypothèse : 213 m. parcourus selon un mouvement uniformément accéléré (approximatif car au démarrage l'accélération n'est pas immédiatement atteinte).

$$\text{Soit } L = 1/2 \gamma t^2 \quad v = \gamma t$$

$\gamma$  accélération – L longueur (213 m) – v vitesse atteinte (61,5 km/h ou 17,1 m/s)

t temps

$$\text{en éliminant } \gamma: L = \frac{1}{2} v t \text{ ou } t = \frac{2L}{v} = \frac{2 \times 213}{17,1} = 25 \text{ sec.}$$

- Renversement

Hypothèse : L = 20 m, parcourus à 61,5 km/h ou 17,1 m/s

$$t = \frac{L}{v} = \frac{20}{17,1} = 1,17 \text{ sec.}$$

- Glissade finale

Hypothèse : 134 m parcourus selon un mouvement uniformément décéléré (hypothèse entraînant une petite surestimation du temps puisqu'il y a eu un choc final sur la tête du quai).

$$L = \frac{1}{2} \gamma t^2 \quad v = \gamma t$$

$$\gamma \text{ décélération} – L \text{ longueur (134 m)} – v \text{ vitesse initiale} \quad (61,5 \text{ km/h} \\ \text{ou } 17,1 \text{ m/s})$$

$$\text{Comme précédemment : } t = \frac{2L}{v} = \frac{2 \times 134}{17,1} = 15,7 \text{ sec.}$$

**ANNEXE 7 : personnes rencontrées par les enquêteurs (ensemble ou séparément)**

**Service du contrôle (DREIF) :**

Mme Chantal DUCHENE – Directrice de la Division Infrastructure et Transport  
M. GRANET – Ingénieur TPE

**RATP**

M. BAILLY – Président  
MM. SCHWEBEL et RAPOPORT – Directeurs Généraux Adjoints  
M. RAMETTE, Directeur du département du matériel roulant ferroviaire  
M. RIFF, Délégué du Directeur “ “ “  
M. CIBOT Responsable de l'unité études  
M. FRANCOUAL “ des études roulements  
M. BOLKOVIC : “ de l'atelier de maintenance des trains de la ligne 12  
M. MARTIN “ de la mission d'inspection du matériel roulant  
M. PASCAL, Directeur du département Equipement et Systèmes électriques  
M. BEUCHARD Délégué général de l'ingénierie ferroviaire  
M. CURT Responsable d'entretien du département Equipement et Systèmes Electriques  
M. RENAUX Département de la voie, responsable qualité  
M. LAGRANGE Directeur de la ligne 14  
M. WEIGL, Directeur de la ligne 12  
M. VILLEDIEU, Responsable transport de la ligne 12  
M. BOUCHER, Cadre  
M. GUILLAUME, Agent de maîtrise  
M. MARTINS, Conducteur de la rame accidentée

**Syndicats représentatifs du personnel de conduite**

SAT : MM. BIDARD et LLOS  
CGC : MM. BRIARD et LUDE  
CGT : MM. BALLAIS et LARNICOL  
Indépendant MM. MARGOTIN et MASSON  
CFDT : MM. MOTTA et CABEL  
FO : MM. VIGOUROUX ET ROUZAUD  
CFTC : MM. LEROY et CORVOISIER

INRETS : M. AYASSE, Directeur de recherche, laboratoire des nouvelles technologies,  
M. MAUPU, Chargé de recherche, laboratoire des nouvelles technologies,  
M. CHOLLET, Chargé de recherche, laboratoire des nouvelles technologies,

TGI de PARIS, MM. KLENIEWSKY et SHANDRO, experts judiciaires.