

**Rapport d'enquête technique sur l'accostage brutal du train 117 120  
Château-Thierry / Paris en gare de Paris-Est survenu le 05 avril 2007.  
Amendements apportés au chapitre 3 « éléments de contexte »  
par l'expert frein-consultant technique Maurice Chessoux.**

### 3- Eléments de contexte.

#### 3.1-L'accès à la gare de Paris-Est

La gare de Paris-Est est tête de ligne pour les destinations de l'est de la France (Charleville, Metz, Nancy, Strasbourg, Mulhouse) ainsi que de leurs différentes antennes nationales et internationales. Le train qui a heurté le butoir de la voie 21 circulait en provenance de Château-Thierry, gare située sur la ligne de Paris à Strasbourg à 94 km de Paris.

La gare de Paris-Est comprend trente voies à quais dont l'accès en provenance de la banlieue ou de la province est limitée à 30 km/h. Elle dispose en outre de neuf voies en avant-gare dont certaines sont banalisées, c'est-à-dire qu'elles peuvent être parcourues indifféremment dans un sens ou dans un autre. Ces installations sont placées sous la commande et le contrôle d'un poste d'aiguillage type PRS (Poste tout Relais à transit Souple) de 650 itinéraires. Certaines des voies à quais sont neutralisées le jour de l'accident dans le cadre des travaux liés à la mise en service prochaine du TGV-Est-Européen, mais cette restriction temporaire de capacité n'a pas eu de conséquence directe ou indirecte sur l'accident.

#### 3.2-Le matériel roulant, les automotrices à 2 niveaux Z2N

Les éléments automoteurs Z 20501 à Z 20888 comportent quatre ou cinq caisses : deux ou trois remorques encadrées par deux caisses motrices disposant aussi d'espaces voyageurs (le diagramme figure en annexe 3). Ce matériel a été construit pendant la période 1988 / 1998. La capacité en charge normale d'un élément « 4 caisses » est de 1 064 voyageurs, soit 2 128 voyageurs pour un train comme le 117 120.

#### 3.3-Le système de freinage des automotrices Z2N

Les performances de freinage sont celles habituellement retenues pour ce genre de matériels automoteurs, soit une capacité de décélération de l'ordre de  $0,85 \text{ m/sec}^2$  quels que soient la charge de la rame et l'état du rail.

Les motrices sont équipées d'un système de freinage qui conjugue le frein électrique par récupération et le frein pneumatique assuré par des semelles en métal fritté à haut coefficient de frottement capable d'assurer la totalité de la performance de freinage demandée à chaque motrice. Afin de réduire la consommation d'énergie, le freinage des motrices est assuré en priorité en freinage électrique par récupération, les moteurs de traction fonctionnant en génératrice.

L'équipement de freinage des motrices est en outre complété par un dispositif antienrayeur permettant, par un glissement contrôlé des essieux, d'utiliser au mieux l'adhérence instantanément disponible. Les équipements de frein des bogies moteurs, qui reçoivent les deux commandes, obéissent en priorité aux ordres électriques et freinent électriquement comme indiqué ci-dessus. Néanmoins, en l'absence de réception d'ordres électriques, le freinage de chaque bogie moteur est assuré pneumatiquement à partir de la conduite générale d'air comprimé.

Les remorques disposent d'un équipement de freinage à friction qui associe des freins à disques calés sur les axes d'essieux et des semelles, d'origine en fonte P 14, s'appliquant sur les roues. Le freinage des remorques, uniquement pneumatique, est piloté par la pression dans la conduite générale.

La commande des différents équipements de freinage s'effectue à l'aide d'un manipulateur de frein de type analogique qui règle le niveau de la pression dans la conduite générale d'air comprimé proportionnellement au déplacement du manipulateur de frein. Ce manipulateur agit simultanément sur les deux commandes électriques et pneumatiques, le principe étant d'exploiter au maximum le frein électrique des motrices. Cette gestion simultanée du freinage électrique et du freinage pneumatique a été permise par l'implantation de ce nouveau manipulateur de frein, dont le nom de code est « TM 606 ».

Les consignes d'effort de freinage transmises par la ligne de train sont corrigées par des « relais autovariables » en fonction de la charge au niveau de chaque bogie de façon à solliciter uniformément l'adhérence. L'objectif est d'obtenir une performance de freinage constante, quelle que soit la charge ; la surcharge maximum prévue contractuellement est de 10 voyageurs/m<sup>2</sup>, ce qui est physiquement inaccessible et offre donc une importante marge de sécurité.

### **3.4-Le manipulateur de frein linéaire TM 606**

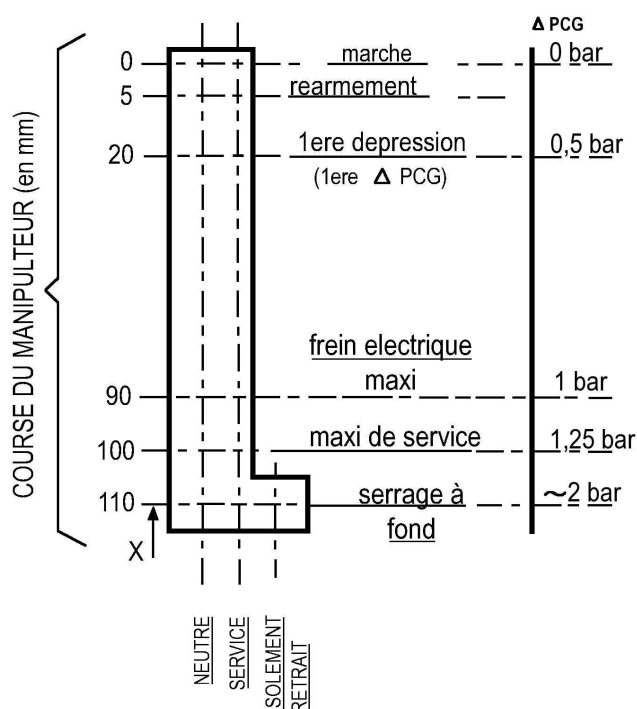
Comme indiqué au paragraphe précédent, le manipulateur de frein TM 606 permet de commander simultanément le frein pneumatique et le frein électrique. L'annexe 11 montre l'implantation de ce manipulateur sur le pupitre de conduite de l'engin moteur. La photo de l'annexe 14 montre une vue éclatée du manipulateur que le conducteur déplace de façon linéaire, entraînant une vis sans fin qui, par un jeu d'engrenages, entraîne à son tour un arbre à cames et un commutateur rotatif fixé en bout d'arbre. Les cames et le commutateur rotatif agissent sur les divers contacts qui commandent simultanément le frein pneumatique et le frein électrique.

Ce manipulateur de frein est en service sur plusieurs familles d'engins :

- automotrice de l'Ile de France Z2N : Z 5600, Z 8800, Z 20500, Z 20900, Z 92050,
- automotrices TER : Z2N 92 050, TER 2N PG (Z 23500), TER 2N NG (Z 24500 et Z 26500).

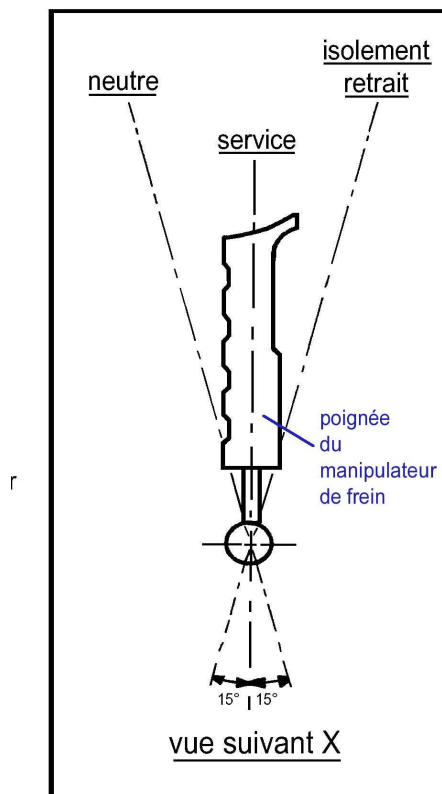
La première mise en service des Z 5600 a eu lieu au cours de l'année 1983 ; ce qui signifie que ce manipulateur est utilisé par les conducteurs depuis 24 ans.

**Vue en plan de la platine du manipulateur de frein - correspondance déplacement du**



Le schéma ci-dessous décrit les différentes séquences de freinage en fonction de la course du levier.

### Fonctionnalités commandées par l'inclinaison du levier du manipulateur



Ce manipulateur permet d'accéder directement aux positions « neutre », « service » et « isolement-retrait ».

Les positions réarmement, première dépression CG, effort maximum de freinage de service sont matérialisées par un léger crantage. Hormis ce crantage, l'état de la commande du frein est accessible au conducteur par la lecture des pressions indiquées par les différents manomètres.

Le frein électrique est maximum à une position non crantée correspondant à un déplacement de 90 mm. Il le restera jusqu'à la position maximum de service.

Dès que le levier quitte la position « maxi de service » dans le sens du serrage, le frein électrique est mis hors service et le freinage pneumatique atteint sa valeur maximale (serrage à fond)<sup>1</sup>.

S'il est nécessaire de déclencher le freinage d'urgence, le conducteur enfonce le bouton poussoir d'urgence (BP URG rouge visible sur l'annexe 11) qui assure une mise à l'atmosphère directe de la conduite générale et produit l'effort maximal de retenue. A noter que ce bouton poussoir d'urgence est indépendant de l'équipement de commande du frein TM 606.

<sup>1</sup> En « serrage à fond » comme en « serrage d'urgence », le frein électrique est mis hors service car la totalité de la puissance de freinage est délivrée par la voie pneumatique. Cette disposition conceptuelle peut surprendre, mais la raison profonde est que la performance de freinage de ce matériel est contractuellement garantie par le freinage pneumatique, compte tenu que le fonctionnement du freinage électrique n'est pas « conçu en sécurité ». En freinage de service normal, le frein électrique est d'une bonne contribution aux économies de matières et d'énergie. Certains matériels très sophistiqués disposent d'un freinage électrique « conçu en sécurité », et dans ce cas, la contribution de ce frein électrique est prise en compte dans les situations d'arrêt d'urgence.

La position isolement-retrait ne peut être obtenue qu'en tirant le manipulateur en butée vers soi (donc en passant par le serrage à fond) et en inclinant le manipulateur de 15° vers la droite par rapport à la verticale.

Sur la position neutre, le manipulateur ne peut être déplacé que dans le sens serrage. Cette position « neutre » est utilisée lors des séquences d'essais de frein : le système de freinage du train est isolé de son alimentation en air comprimé afin que son étanchéité soit vérifiée. Cette position est rappelée par l'allumage d'une lampe située à gauche sur la platine du manipulateur de frein.

### **3.5-Règles d'utilisation du frein ferroviaire**

Les différentes règles de conduite appliquées par les conducteurs sont rassemblées dans un ensemble de documents appelés « référentiel conducteur de ligne » (RCL). Le chapitre C traite de sujets techniques dont notamment l'utilisation du frein. L'article C-13.01 « utilisation des freins en cours de route » (principe d'utilisation) indique :

« ...Une cadence trop rapide des manoeuvres alternées de serrage et desserrage conduit à l'épuisement du frein (il faut compter, en moyenne, une minute en position « MARCHE » pour réalimenter les équipements de frein) ».

Dans le cas d'une situation dégradée (bogie serrant indûment qu'il faut isoler ou bogie ne serrant pas détecté lors de l'essai de frein réglementaire), le conducteur doit tenir compte de cette situation pour réduire sa vitesse maximale de circulation selon un barème figurant dans le guide de dépannage « avaries pneumatiques » relatives aux Z2N. Pour le cas d'une rame constituée de deux éléments « quatre caisses », si un bogie sur les seize de la rame ne serre pas, la vitesse maximale de circulation de cette rame est réduite de 140 km/h à 120 km/h (passage de la catégorie « AUTOM-140 km/h » à la catégorie « voyageurs 120 km/h »)

### **3.6-Le concept d'« épuisabilité du frein pneumatique »**

Nous expliquons succinctement dans ce paragraphe ce que signifie l'« épuisabilité du frein pneumatique », cette notion étant inhérente au mode de commande du freinage par variation de pression d'air dans une conduite d'air comprimé parcourant tous les véhicules du train et utilisant des distributeurs UIC.

#### **3.6.1-Généralités**

##### **L'exécution du freinage**

Les trains sont freinés par la friction de matériaux (semelles en fonte ou en matières composites) mis en contact sur les tables de roulement des roues, et/ou par la friction de garnitures contre des disques calés sur les axes des roues. Les forces pressantes nécessaires sont fournies par de l'air comprimé produit par l'engin moteur ; cet engin moteur peut être équipé aussi d'un freinage électrique (frein rhéostatique ou par récupération). Certains matériels modernes disposent en outre d'un frein magnétique.

##### **La commande de freinage**

D'une manière générale pour le matériel ferroviaire européen, la commande du freinage est pneumatique : la propagation d'une variation de pression dans la conduite générale (CG) d'air tout au long du train provoque le serrage de tous les véhicules ou leur desserrage. Les matériels roulants plus récents disposent d'un « frein électropneumatique » (FEP) : une ligne électrique parcourant tout le train synchronise les différents états pneumatiques des véhicules. Les matériels les plus modernes disposent d'une commande du freinage purement électrique (rames du RER RATP : MS 61, MI 84 ; rames du RER RATP et SNCF « MI 79 », « MI2N », future « nouvelle automotrice transilien NAT »), l'énergie du freinage étant toujours fournie par de l'air comprimé.

### **3.6.2-Le distributeur de frein**

Le conducteur commande le freinage de son train à l'aide d'un manipulateur de frein, dispositif pneumatique ou électropneumatique. Les ordres du conducteur sont transmis à un organe pneumatique de commande de l'ensemble du système de freinage de chaque véhicule composant le train : le distributeur.

Le rôle et le principe de fonctionnement de ce distributeur sont exposés succinctement dans l'annexe 13.

### **3.6.3-Manipulation du frein et processus d'apparition d'un épuisement partiel du frein**

L'épuisement partiel du frein peut apparaître lorsque sont engagées plusieurs séquences de « desserrage complet suivi de resserrage en restant un temps insuffisant en position marche ». L'effet d'une telle action est illustrée dans le schéma ci-dessous, où la pression du réservoir égalisateur (RE) est représentative de l'action du conducteur sur le manipulateur de frein.

Il est précisé en annexe 13 que le réservoir de commande (RC) sert de « référence pneumatique » pour le fonctionnement du distributeur. Le conducteur déclenche le freinage du train en abaissant la pression de l'air dans la CG. L'action de la valve de coupure distributeur/RC se produit avec un certain délai et, en conséquence, la pression du RC diminue légèrement ( $\Delta p_{RC} = 0,10$  bar).

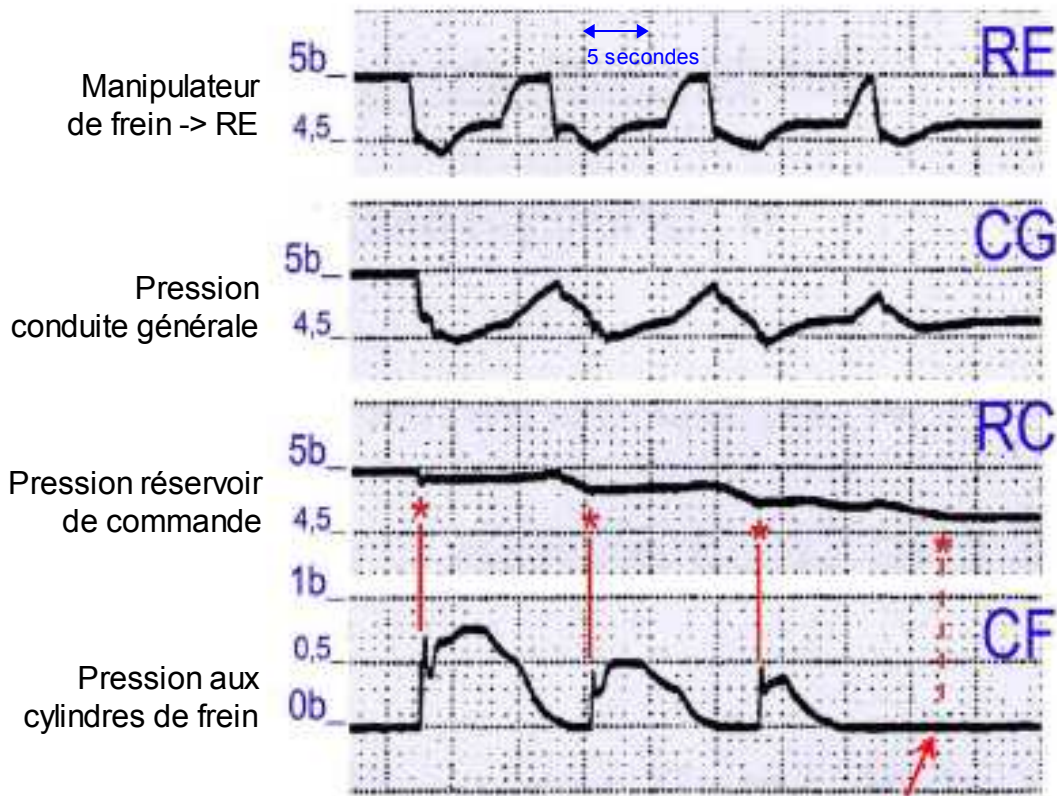
Si le conducteur commande par l'intermédiaire du RE la réalimentation de la CG à 5 bars trop brièvement (quelques secondes), puis relance un nouveau serrage par une nouvelle dépression CG, celui-ci induit dans le RC une nouvelle perte de pression ( $\Delta p_{RC} = 0,10$  bar). La pression dans le RC se réduit à 4,8 bars.

Si le conducteur provoque de nouvelles réalimentations de la CG à 5 bars trop brèves, lorsque celui-ci commande une nouvelle dépression de valeur modeste dans la CG, la pression trop faible du RC ne permet plus à la tige creuse de mettre en communication le RA (réservoir auxiliaire) avec le CF : le cylindre de frein n'est plus alimenté en air, le « frein est épuisé ».

Les conséquences de l'épuisement partiel du frein (pression du RC abaissée à 4,75 bars par exemple) se manifestent de la façon suivante :

- une puissance de freinage insuffisante si la dépression CG commandée par le conducteur est de faible niveau,
- une action retardée dans le cas d'un freinage plus intense car le déverrouillage de la valve de coupure du distributeur nécessitera que la différence de pression RC-CG soit suffisante,
- l'action d'un serrage à fond, tout en conservant son intensité nominale, est mise en oeuvre aussi avec un temps de retard.

Les astérisques (\*) montrent les points de fermeture du dispositif de verrouillage du RC



Le frein est inopérant pour la 4ème dépression dans la CG.

Pour freiner son train, le conducteur a toujours la possibilité, même en cas d'épuisement partiel du frein, d'actionner la position « urgence » de sa commande de frein qui vidange l'air de la CG. Quand la pression de la CG s'abaisse suffisamment pour tendre vers la valeur zéro, le RC joue à nouveau son rôle de référence et permet au distributeur de remplir en air (prélevé dans le RA) les cylindres de frein, assurant ainsi le freinage d'urgence.

Certains comportements du conducteur sont donc susceptibles d'entraîner l'épuisement du frein : la répétition des séquences de commande « défreinages complets-freinages », qui conduisent à ne pas réalimenter complètement à 5 bars la CG, induit cette réduction significative de pression du RC, et par voie de conséquence, l'épuisement partiel du frein. Lorsque le conducteur se rend compte de cette situation, il doit énergiquement accentuer la dépression CG.