



## Dossier Infra : Trains longs et lourds de Fret

« Etudes et impacts sur les infrastructures ? »



→ Limitée à 750 m — 1800 t jusqu'en Décembre 2011 sur le Réseau Ferré National (RFN), la longueur des trains de fret a profité des études et de la mise en circulation d'un train de l'Autoroute Ferroviaire Perpignan (Le Boulou) - Luxembourg (AFPL) le 19 décembre 2011 pour être autorisée à 850 m et 2400t. En Avril 2012, d'autres axes, ouverts aux trains du combiné (TC), ont été mis en service. Suite aux études d'exploitation, études d'impacts sur les Infrastructures menées par SNCF Infra et la Direction de la Circulation Ferroviaire (DCF) à la demande de RFF et du Ministère (DGITM), le 18 septembre 2013, ce dernier a annoncé l'ouverture de deux nouvelles Autoroutes Ferroviaires : Atlantique (Lille / Bayonne) et Artère Nord-Est (Côte d'Opale) vers Le Boulou à partir de 2016. Ce dossier revient sur l'historique de ces évolutions.

### Comment le contexte et la démarche spécifique des trains longs ont-ils contribué à ces évolutions ?

Jusqu'en 2008, un train du Transport Combiné (TC) pouvait avoir une longueur maximale de 750m et une masse totale de 1400 tonnes environ. En septembre 2009, des trains plus longs et plus lourds sont au programme de l'Engagement du Gouvernement pour le FRET ferroviaire. Pour des raisons de productivité, les adhérents du Groupement National du Transport Combiné (GNTC) demandaient depuis plusieurs années que des trains de 1000m et 2000 t circulant à 120 km/h soient expérimentés. En 2010, 60% du capital de Lorry rail est racheté par la SNCF. **Un protocole d'accord** entre le GNTC, RFF et les EF réunies au sein de l'UTP et du Cercle de l'Optimodalité, signé le 25 Mars 2010, a permis la constitution d'un groupe de travail réunissant l'ensemble des acteurs et ainsi définir 6 formats de trains cibles dans le développement du Fret ferroviaire. A partir de 2011, c'est un projet souhaité à l'origine essentiellement par les opérateurs du Transport Combiné, sur l'axe Paris-Marseille... puis Lorry Rail - SNCF Géodis (axe Perpignan-Bettembourg) prend le leadership. Ce projet est porté par la Direction Générale des Infrastructures de Transport et de la Mer (DGITM), avec une pression politique croissante dès son début en 2011 avec une obligation de résultats pour le Service Annuel 2012 (SA2012). Un groupe de travail est donc constitué et piloté par un comité auquel participent l'ensemble des acteurs. Des priorités très évolutives dans le choix des axes à étudier (exemple de l'itinéraire de La Bresse) entraînent certaines difficultés et pertes de temps dans la mise en œuvre d'une réalisation concrète. Des études complexes sur les infrastructures sont réalisées sous pilotage et contrôle de la Direction Générale SNCF Infra (IDP-I). Elles visent à analyser les impacts des trains de marchandises

plus longs et plus lourds, sur les installations de sécurité (Aiguilles et Garages Francs, PN & TVP, DBC,...), les IFTE et les Ouvrages d'Art.

### L'expérience de l'AFPL et ses bénéfices pour les trains du combiné ...

Après la mise en place d'un ATE et de travaux concernant le gabarit bas des wagons Modalhor, les premières modifications d'infrastructures, liées aux études d'impact 850m, sont réalisées sur l'axe Perpignan - Bettembourg. **Le premier train SNCF FRET Geodis—Lorryrail de l'AFPL circule donc à partir du 19 décembre 2011 en aller-retour quotidien à la longueur de 850m—2400t encadré par l'ATE 40 07 700 000.** Suite aux résultats des études 850m, des travaux de faible ampleur sont souvent réalisés à l'ombre de chantier déjà programmés en relation avec SNCF Infra PSIG MOM. Dans l'attente de leur réalisation, des mesures d'exploitations temporaires sont mises en œuvre



et des restrictions de longueurs sont maintenues à l'Axe AFPL en relation avec la DCF.

En coordination avec SNCF Infra PSIG T SYS et RFF, des études de sécurité se poursuivent pour la circulation

des trains de 850m sur les itinéraires alternatifs de l'AFPL et sur l'Autoroute Ferroviaire Atlantique.

A partir du printemps 2012, des études de dimensionnement des IFTE sur les axes majeurs fret pour la circulation de trains longs de 3000t ainsi que des études préliminaires de sécurité pour la circulation de trains de 1000m sont effectuées sur les mêmes itinéraires que ceux préalablement étudiés pour le 850m.

En avril 2012, ont lieu d'une part, la mise en service de l'axe Paris-Le Havre pour les trains de 850m (AF &



TC) et d'autre part la levée des restrictions de longueurs sur tout l'axe AFPL.

En Juin 2012, sont lancées des études sur les axes de la vallée du Rhône au Sud de Lyon pour le projet Européen MARATHON.

Depuis septembre 2012, SNCF Infra DMR I (ex IDP-I)) participe à un groupe de travail Européen chargé par la Commission Européenne du Rail (CER Infrastructure Interest Group) de Bruxelles de partager et établir un document d'informations sur les différentes expériences de trains longs et lourds en Europe. Y participent de façon régulière, les représentants Infra des réseaux Allemands, Français, Autrichiens, Danois et Suisse, et de façon plus épisodique, les Italiens, Luxembourgeois, Hongrois et Belges. Ce groupe a pour objectif de promouvoir les trains longs en démontrant l'intérêt commun aux EF et GI au développement de ce type de trains, dès lors que le marché existe.

Ce groupe est l'occasion de partager les avancées de chacun en matière de trains longs et a permis de constater, qu'au-delà de systèmes d'infrastructures différents, notamment dans les systèmes contrôle-commande, les problématiques sont les mêmes. Toutefois, l'approche de chaque réseau est différente, parfois de manière historique comme pour le réseau français déjà apte à 750m alors que le standard des corridors Fret Européens (TEN-T Core Network) est seulement envisagé à 750 m de longueur maximale à l'horizon 2030.

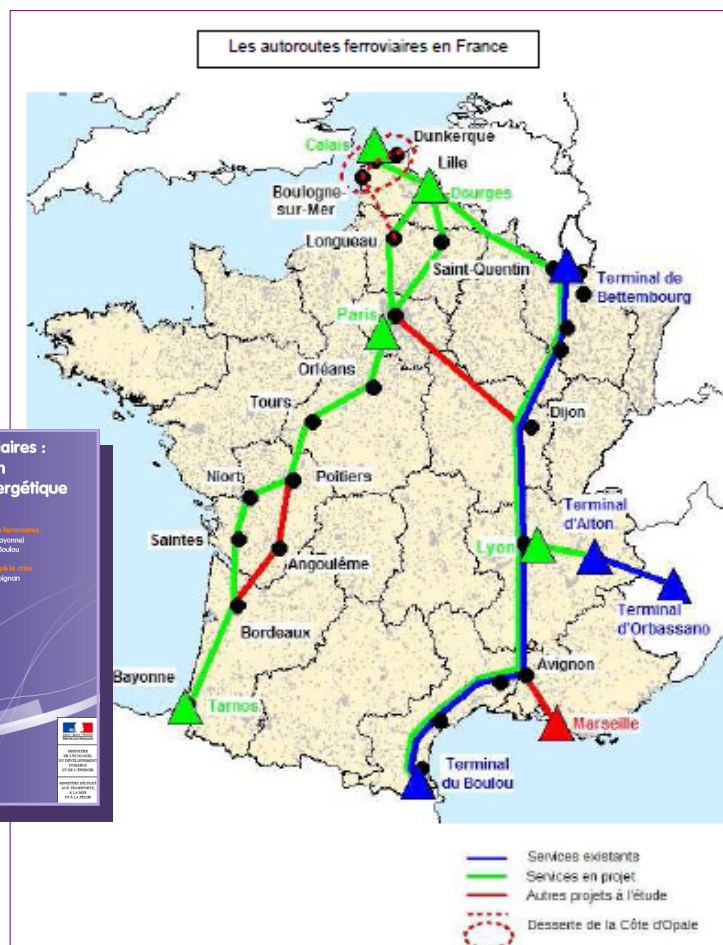
« Actuellement en Europe, la France fait exception avec son Réseau ouvert aux trains de 850 m sur 2200 km environ de corridors. L'Allemagne n'a ouvert qu'une faible partie de son réseau (Padborg-Maschen) aux trains de 835 m en Décembre 2012. »

### 2013 et perspectives pour le Fret ferroviaire ...

Durant le 1er semestre 2013, des études d'exploitation pour l'Autoroute Ferroviaire ATLANTIQUE : Dourges – Tarnos et de l'Artère NE : Calais – Le Boulou avec utilisation de nouveaux matériel MODALHOR (Wagon UIC dégageant le gabarit bas) sont menées dans le même cadre que les précédentes.

**18 Septembre 2013** : le Ministère à l'occasion d'une conférence autour de l'avenir du FRET annonce le lancement d'un véritable réseau d'Autoroutes Ferroviaires avec la mise en place de l'AF Atlantique et de l'AF Artère NE à partir de fin 2015.

Des études préliminaires de sécurité pour la circulation de trains de 1100m sur les nouveaux itinéraires d'Autoroutes Ferroviaires sont lancées pour permettre la réalisation de trains d'AF 1050 m horizon 2019.



En parallèle, les études et Dossiers d'Investissements nécessaires aux Infrastructures (évitements, travaux IS, dégagement gabarit...) sont lancés par PSIG MOM.

**Projet MARATHON** : Il s'agit d'un projet Européen impliquant plusieurs acteurs co financeurs dont RFF et FRET SNCF font partie. Il vise à réaliser des trains de longueur maxi 1500m constitués par un couplage de deux parties « classiques » avec une locomotive maître et une esclave radio contrôlée située en milieu de train. Ces couplages de trains existants sur des parcours longs seraient réalisés afin de pallier aux problématiques de capacité de sillons actuelles. Des essais statiques ont été effectués sur Vaires fin 2013. Ils seront suivis de marches d'essais dynamiques durant le 1er Trimestre 2014 entre Sibelin et Nîmes.

### Les études réalisées sur les infrastructures :

Dès 2008, à l'instigation de RFF et de SNCF Infra (IDP-I), des réflexions ont été conduites afin d'identifier les risques sur l'infrastructure présentés par la circulation de trains de plus de 750 m de long. Pilotées par IGT.SE (puis par PSIG T SYS), ces réflexions ont conduit l'ensemble des services de l'Ingénierie SNCF Infra à s'interroger sur les conséquences en termes de sécurité de la circulation de tels convois sur un réseau prévu à l'origine pour des trains de moins de 750 m de long.





Chargement d'un wagon Modalhor

Outre IGT.SE, ont été associés à cette réflexion les départements techniques IGSF (Signalisation Ferroviaire), IGTE (Traction Electrique), IGOA (Ouvrages d'Art) et IGEV (Voie).

**L'ensemble de cette réflexion commune a débouché sur un recensement des risques :**

- **Impact des trains longs sur les Ouvrages d'Art (OA) ,**
- **Impact sur le contrôle de vitesse par balises (KVB),**
- **Impact sur les Détecteurs de Boîte Chaude (DBC),**
- **Impact sur les installations électriques de signalisation,**
- **Impact sur la voie et les IFTE.**

A noter, qu'en dehors des aspects infrastructure, les risques directement liés au matériel ont été identifiés et étudiés par le Centre d'Ingénierie du Matériel (CIM-SNCF) et les problématiques directement liées à l'exploitation (possibilités de garage et de stationnement, suivi des circulations) prises en charge par ailleurs dans le cadre d'études d'exploitation.

Les études réalisées par le département IGSF permettent d'identifier les risques sur l'infrastructure engendrés par la circulation de trains longs, c'est-à-dire de longueur supérieure à la longueur habituellement admise sur le réseau ferré national français (750 m).

Ces études considèrent différentes tranches de longueur (longueur de train allant jusqu'à 850m ou 1000m) correspondant aux différents projets de mise en circulation et permettent une évaluation objective des risques qui aboutit à l'établissement d'une liste d'installations de sécurité impactées par la circulation des trains longs.

La prise en compte de circulations ferroviaires de longueur supérieure à la longueur maximale habituelle des trains fait ressortir deux risques liés à l'importance de la réaction d'attelage :

- le réengagement intempestif du garage franc d'une aiguille avec le risque d'une prise en écharpe ;
- des déclenchements intempestifs d'annonces aux passages à niveau ou aux traversées de voie.

Une première phase d'étude a consisté à recenser, sur les axes concernés par la circulation des trains longs, les appareils de voie dont le dégagement du garage franc ne répond pas aux conditions imposées par l'article 21.1.2 de l'IN0180.

De même, une liste des passages à niveau et des traversées de voie dont le fonctionnement risque d'être perturbé a été établie.

Cette phase a permis l'établissement de fiches « 850 » et « 1000 » reprenant les caractéristiques des installations concernées. Les fiches « 850 » et « 1000 » recensent, respectivement, celles impactées par la circulation des trains de longueur comprise entre 750 et 850m et celles concernées par la circulation des trains de longueur comprise entre 850 et 1000m. En fonction des caractéristiques telles que l'importance de la réaction d'attelage, la longueur maximale des circulations et la configuration locale, une étude des conditions de dégagement du garage franc des aiguilles a été menée pour déterminer les possibilités de dérogation aux dispositions imposées par le référentiel IN0180.

**Les risques identifiés vis-à-vis des Ouvrages d'Art** concernent, trois aspects des études conduites par IGOA :

- **la capacité de résistance des ouvrages :** Il faut vérifier que les sollicitations des trains envisagés restent inférieures à celles des trains de référence.
- **la fatigue des vieux ponts métalliques.** Sont concernés les ponts métalliques anciens, réputés en mauvais état (ou en état « médiocre ») dont les éléments courts sont sensibles à la fatigue (longerons, pièces de pont, petits tabliers). Ces ouvrages font a priori déjà l'objet de restrictions. En l'absence d'une remise à niveau, il faut estimer, par un calcul en fatigue, l'impact des circulations nouvelles sur la durée de vie de ces ouvrages et vérifier que l'effet dynamique reste acceptable.
- **la capacité à reprendre le freinage** (risque de cheminement de la voie) des ponts avec tablier continu très long (> 750 m), pour lesquels on peut craindre un accroissement des efforts de freinage.



Pont sur la Saône à LYON

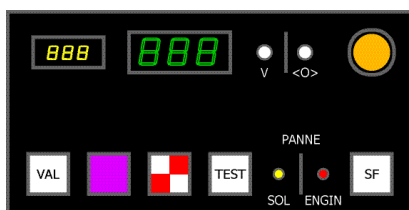
(La Mulatière)

Itinéraire AFPL



### Les risques identifiés vis-à-vis du KVB sont :

- Le premier risque identifié est que la courbe KVB calculée pour un train long ne permette pas de garantir le respect d'une signalisation d'arrêt ou de limitation de vitesse.
- Le deuxième risque identifié est une libération trop avancée de l'information «Zone de Limitation de vitesse » en cabine avant que la queue du train ne soit sortie de la zone concernée à vitesse limitée ( Nœud d'aiguilles, fin de LTV/LPV ).



Platine KVB

La valeur maximale de paramétrage du système KVB actuel étant de 800 m, les trains de 850 m sont traités comme des trains de 800 m.

### La problématique se pose donc pour tous les formats de trains au-delà de 850 m.

Les domaines qui doivent faire l'objet d'investigations sont notamment :

- ♦ le paramétrage des trains,
- ♦ le contrôle de dégagement des zones à vitesse limitée,
- ♦ la validation de la catégorie de train,
- ♦ le calcul du temps d'établissement du frein .

Si les installations au sol ne semblent pas a priori concernées par les longueurs de trains, l'installation Bord [panneau de données], et notamment la version logicielle embarquée, doivent permettre d'intégrer la longueur de train supérieure à 850 m en attendant la généralisation du système ERTMS-ETCS1 sur les corridors de Fret Européen.

**Impacts sur les DBC :** Les DBC sont installés de manière à laisser un temps de réaction d'au moins 30 secondes à l'aiguilleur en cas d'alarme pour fermer le carré devant le train alarmé.

Un train long risque de ne plus laisser à l'aiguilleur ce temps de réaction minimum. Durant l'étude réalisée par l'expert DBC de l'ingénierie SNCF, il est regardé si un déplacement de l'installation ou son automatisation pourront s'avérer nécessaires. Les travaux sont ensuite programmés et leur réalisation est souvent couplée au programme de régénération d'installation national en accord avec le gestionnaire de programme RFF. En attendant leur réalisation des mesures d'exploitation sont prises visant notamment à réduire la vitesse au franchissement des DBC pour augmenter le temps de réaction.



Détecteur de Boîte Chaude

### Risques identifiés vis-à-vis des installations électriques de signalisation :

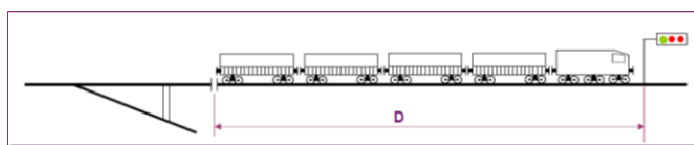
Les caractéristiques des installations électriques de RFN ont été élaborées en considérant une longueur maximale des circulations de 750 m. La circulation de trains plus longs risque de perturber le fonctionnement normal des installations.

Une analyse large des risques potentiels a donc été menée par IGSF. Elle a abouti aux résultats suivants :

**Les compteurs d'essieux** implantés sur certaines lignes équipées en BAPR ne présentent pas de problème de fonctionnement tant que la limite de 512 essieux n'est pas atteinte.

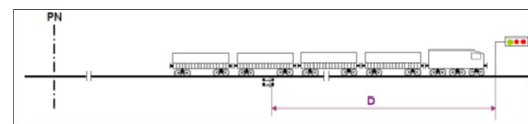
Le cas échéant, il faudra interdire la circulation de trains longs sur lignes à block manuel ou à BAPR « S » si la longueur de la partie de voie protégée par les disques n'est pas suffisante pour faire tenir le train en entier. Ce cas ne se présente pas sur les itinéraires étudiés des autoroutes ferroviaires et Transport Combiné.

**Les risques identifiés comme devant être étudiés sont ceux liés aux réactions d'attelage des trains longs :**



D'une part, au démarrage d'un train long arrêté à un signal (sur un profil défavorable), la réaction d'attelage du train risque d'entraîner l'engagement du garage franc (GF) d'une aiguille dont les enclenchements par transit ou zone propre ont été libérés précédemment (avant l'arrêt) et peut conduire à la prise en écharpe d'une circulation par la queue du train long.

L'implantation des joints isolants par rapport aux garages francs est en effet précisée par le référentiel IN0-180 qui a été établi en fonction des réactions d'attelage connues pour les trains de longueur inférieure ou égale à 750 m.

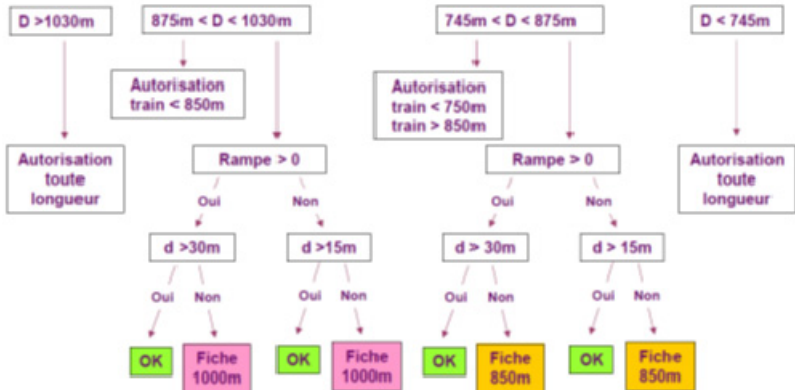


D'autre part, une réaction d'attelage au démarrage d'un train long risque aussi de déclencher, par action sur une pédale, une annonce intempestive (de sens inverse) sur un Passage à Niveau (PN) ou une Traversée des Voies par le Public (TVP).

Avec l'utilisation de logigrammes, ces 2 thèmes sont étudiés par les centres ingénierie locaux par analyse des schémas ou en profitant parfois de relevés terrain liés aux travaux des Commandes Centralisées du Réseau (CCR). L'ensemble des zones et installations à risques est ensuite remonté à IGSF

pour analyse fine au cas par cas. Cette analyse permet de déterminer s'il peut être donné une dérogation ou si des travaux sont à envisager. Le rapport d'études remis à RFF, par IDP-I, précise les différents cas et donne un chiffrage des travaux « à dire d'expert ».

**Enclenchement d'aiguille - Logigramme d'identification des situations à risque**



Un exemple de logigramme utilisé pour détecter les situations d'installation à risques. Une fiche 850m ou 1000m est établie pour analyse ultérieure par IGSF.

**Impact sur la voie :** La circulation des trains longs n'a pas d'influence particulière sur la voie.

**Risques vis-à-vis des Installations Ferroviaires de Traction Electrique (IGTE) :** Des études et des modélisation de circulations des trains lourds (Logiciel ES-MERALDA©) ont été réalisés à 2 stades différents par IGTE. Une première analyse pour les trains de 2400t-850m et une deuxième pour les trains de 3000t-1000m. Une étude spécifique sur la Rive Droite du Rhône a été réalisée dans le cadre du projet Marathon. Ces études ont pris également en compte la circulation de ces trains lourds sur les voies de service. Elles permettent ainsi dans le cadre des Schémas Directeurs des IFTE de prévoir le dimensionnement des installations et leur renforcement. Elles ont permis de préciser les conditions de traction et de tracés horaires en attendant la réalisation de travaux lourds et coûteux. Ainsi les positions de crans de puissance à utiliser par les locomotives ainsi que certaines limitations de vitesse ont pu être définies et imposées aux Entreprises Ferroviaires (EF) par le Gérant de l'Infrastructure (GI) sur propositions issues des études.

*Dans un futur proche, en attendant le système ERTMS ETCS1 (Bord Base Line 3), il peut être envisagé des trains de 1000-1050 m pour les Autoroutes Ferroviaires et trains de Transport Combiné à partir du moment où les problématiques de création d'évitements longs et de limitation actuelle de longueur à 850m due au KVB seront résolues.*



**16 000 litres de gazole par train**

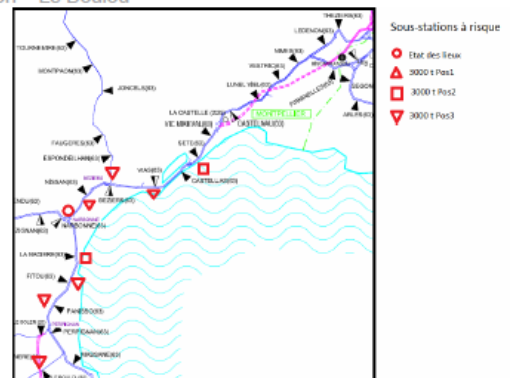
L'utilisation de l'autoroute ferroviaire représente un énorme avantage en termes de développement durable. Si l'on songe que le trajet de 14 heures d'un poids lourd sur la route, avec deux chauffeurs qui se relaient, consomme près de 400 litres de gazole, soit l'émission d'une tonne de CO2, on peut aisément calculer les gains pour le transporteur et pour l'environnement.



Un convoi de **48 semi-remorques** chargés de 2 400 t de marchandises du Grand-Duché au terminal de Le Boulou à Perpignan (1 050 km) en 14 heures 30, c'est **16 000 l de carburant par train**, ce qui fait 80 000 l de gazole journalier économisés et **288 t de CO2** en moins dans l'atmosphère. Outre ce bilan quantitatif très favorable, il faut aussi estimer le nombre d'accidents potentiels de la circulation évités sur la route. De fait, pour le transporteur, il y a moins de charges fixes, moins d'entretien, moins de risques d'accident, moins d'investissements et une stabilité des prix car ils sont négociés à l'année par VIA-Lorry Rail.

**IMPACT POTENTIEL SUR LES IFTE DES CIRCULATIONS DE 3000 t**

Synthèse AFPL – Avignon – Le Boulou



Exemple de Synthèse d'étude d'une zone de l'Axe AFPL vis-à-vis des risques liés à la circulation de trains longs 1000m. (Traction Par une UM37000 ALSTOM).

**L'allongement des trains est une nécessité ainsi qu'un système gagnant-gagnant entre EF et GI pour permettre de réaliser de la productivité et de d'augmenter le trafic FRET Ferroviaire à périmètre de sillons constant (voire réduit pour cause de travaux).**

Article et synthèse réalisés par Jean-Michel FROMENT SNCF Infra- DMR I (ex IDP-I)



Zoom sur l'étude réalisée par le Centre Ingénierie du Matériel pour les trains du combiné pouvant atteindre 1000 m et les trains d'autoroute ferroviaire pouvant atteindre 1050 m.

### Cadrage de l'étude :

- Le calcul du recul des trains lors de dé-freinage est fait en considérant que l'arrêt initial du train est consécutif à un arrêt de service ou bien un freinage d'urgence.
- Pour les trains d'autoroute ferroviaire, considérer que les wagons sont identiques à ceux qui sont actuellement utilisés, les rames de 1050 m étant composées de 3 coupons de 10 wagons d'autoroute ferroviaire. A l'intérieur du coupon les wagons sont reliés entre eux par l'intermédiaire d'une barre d'attelage avec jeu de 40 mm ; les 3 coupons sont reliés entre eux par un attelage à vis. (Voir photo détail ci-dessous)
- Pour les trains du combiné, considérer que les wagons sont équipés d'attelages à vis, et que le nombre maximal de wagons permettant de constituer le train de 1000m est de 50 wagons.
- La charge maximale remorquée des trains d'autoroute ferroviaire est de 3000 tonnes.
- La charge maximale remorquée des trains du combiné est de 2500 tonnes
- Les calculs sont faits en pente, en palier et en rampe.
- Les porte-à-faux des véhicules, c'est-à-dire la distance séparant le plan vertical de tamponnement d'un véhicule à l'axe du premier essieu extrême rencontré est de 2,3 m pour le parc des wagons du combiné observé. Il est de 2 m pour les wagons d'autoroute ferroviaire et un majorant raisonnable est de 3,5 m pour les locomotives.
- Les attelages des véhicules entre eux sont réalisés sans jeu.

### Calculs réalisés et hypothèses retenues :

- Le CIM a réalisé des calculs de dynamique ferroviaire à l'aide du logiciel Train-Dy, visant à simuler des freinages de services et des freinages d'urgence, afin d'obtenir le raccourcissement instantané du convoi au cours du temps du freinage. Ce phénomène dépendant du temps et de la vitesse initiale, nous avons retenu l'hypothèse conservatrice suivante : la valeur du tassement du train à l'arrêt est le maximal du tassement observé durant toute la séquence du freinage.
- Le résultat ainsi obtenu est une longueur maximale de tassement d'un train du combiné de 2500 tonnes composé de 50 wagons de 7 m.
- Lors du dé-freinage de ce train, le CIM considère que le conducteur maîtrisera le démarrage de telle sorte que la locomotive ne reculera pas.
- Le CIM considère que le dernier wagon va subir simultanément 2 mouvements ayant pour origines distinctes :

- Un recul dû au « dé-tassement » du train, pris égal à la valeur de tassement ; c'est-à-dire de 7 m.
- Un second mouvement dû à la gravité qui va s'exercer sur le convoi, une fois qu'il sera dé-freiné :
  - ◆ En rampe le dernier wagon recule. (tension des attelages)
  - ◆ En palier le dernier wagon ne bouge pas.
  - ◆ En pente le dernier wagon avance. (compression des tampons)

Pour définir la longueur séparant le joint isolant du garage franc, il y a lieu d'ajouter à la valeur de recul total lors du dé-freinage celle due au porte à faux ; A noter que lors de l'étude précédente sur des trains de 850 m, il avait été retenu la valeur de 3,5 mètres pour tenir compte de l'éventuelle présence d'une locomotive en queue du convoi.



### Représentation graphique :

Les calculs faits pour les trains d'autoroute ferroviaire de 3000 tonnes et longs de 1050 m montrent que les valeurs de recul sont toujours inférieures à celles observées pour les trains de 1000 m du combiné.

