

# Sur les bruits ferroviaires

Par Claude JULLIEN  
Président de la FNAUT-PACA

En Europe, toutes les voies ferrées importantes sont électrifiées.  
Les riverains de ces lignes ne subissent donc strictement aucune pollution, **SAUF SONORE**.  
Quelle est la situation des bruits ferroviaires, et quelle espérance avons-nous de les voir diminuer de manière significative ?

\*\*\*\*\*

## 1 – La source du bruit ferroviaire

Au contact roue-rail, il existe des rugosités microscopiques qui excitent la roue à une certaine fréquence. La roue comporte un voile assez fin qui fait liaison entre la bande de roulement et l'axe de l'essieu. Ce voile fait peau de tambour, selon des modes harmoniques pairs ou impairs, et rayonne le bruit vers l'extérieur.

La roue excite également la suspension, puis le châssis de bogie, puis la caisse, organe de grande surface qui rayonne aussi le bruit.

La voie est également excitée au passage des trains et rayonne deux catégories de bruits :

- aérien, de façon directe dans l'atmosphère, surtout par la surface latérale du rail
- solidien, par les fondations de la voie : traverses, ballast, etc ...

Les bruits solidiens ne sont perçus que par les riverains situés au plus près de la voie, ou au-dessus d'ouvrages souterrains (métro dans une ville). Il n'est pas très aisé de combattre les bruits solidiens sur une voie ferrée ancienne, car il faut reprendre l'assise de la plateforme en sous-œuvre. Par contre, on sait très bien les combattre pour une ligne nouvelle, car les solutions sont directement intégrées au stade du génie civil.

On peut en conclure que dans le cas d'une ligne nouvelle, les bruits solidiens n'existent pas, car d'une part, il n'y a pas de riverains à quelques mètres de la voie, et d'autre part, on saurait de toute façon faire des fondations adaptées.

Quand le rail et la roue sont neufs, le bruit d'un train est considérablement plus faible.

Il se produit donc toujours une dégradation dans le temps, si certaines règles d'entretien ne sont pas respectées.

Les rugosités microscopiques de la roue sont généralement le fait de micro-particules arrachées, à la fois à la table de roulement de la roue et aux sabots de freins en fonte, pendant le freinage. Ces particules, à très haute température, peuvent refusionner avec la surface de roulement de la roue, et dans une moindre mesure, avec le rail.

Les roues et le rail sont devenus rugueux, donc bruyants.

De plus, le frein à sabots en fonte est intrinsèquement bruyant pendant sa phase d'utilisation (bruits de frottements).

## 2 – Première solution : le frein électrique

Solliciter le moins souvent possible le frein à sabots, et donc utiliser au maximum le freinage électrique des locomotives, soit rhéostatique (cas le plus général en France), soit avec récupération d'énergie (surtout à l'étranger, sur lignes équipées en alternatif 16,7 Hz).

Cette possibilité n'est pas utilisable avec une locomotive diesel actuellement en France, mais on pourra le faire avec les futures locomotives BB 75000 en commande.

## 3 – Deuxième solution : supprimer les sabots de freins

Jusqu'à une époque récente, on avait une certaine réticence à supprimer complètement les sabots de frein, car on croyait qu'ils étaient indispensables pour "nettoyer" la roue, dans le dessein de maintenir une certaine adhérence, seule parade à l'enrayage au moment du freinage.

Ainsi, les voitures Corail freinent à 70 % avec des disques, et à 30 % avec des sabots de freins en fonte.

Et encore, cette conception déjà plutôt osée ne fut mise en œuvre que grâce à l'apparition d'anti-enrayeurs électroniques travaillant en adhérence "glissée", ce qui fut une véritable révolution technique.

C'est Michel BOITEUX (membre de l'AFAC), grand spécialiste du freinage au service de la recherche de la SNCF, qui pressentit que les progrès de la technologie autorisait le lancement de l'étude d'un frein à disques à très haute puissance, permettant une suppression totale des sabots de freins sur les **BOGIES PORTEURS** des rames du TGV-Atlantique (construction neuve).

Résultat : - 5 dB ! et une durée de conservation des caractéristiques de bruit beaucoup plus longue.

Aujourd'hui, la mesure a été étendue à tous les TGV. Ainsi, les "vieilles" rames orange du TGV Sud-est (TGV 23000) ont été rétrofitées, et n'ont plus de sabots de frein.

Une diminution de 3 dB équivaut à moitié moins du bruit, mais physiologiquement, l'homme (en général) n'est capable de ressentir une diminution qu'à partir d'environ 5 dB.

(L'enrayage, c'est le blocage de la roue par le frein, et celle-ci se met à glisser sur le rail.

Il y a perte d'adhérence, donc augmentation de la distance de freinage, mais aussi production d'un "plat" sur la roue, très inconfortable pour les voyageurs et très bruyant pour les riverains.

Il faudra alors procéder à un reprofilage de la roue).

Au moment de la sortie des 500 voitures dites "européennes" financées par Eurofima dans les années 80, le bogie Fiat fut sélectionné. C'était en réalité la copie conforme du bogie Y 32 des voitures Corail, mais il fallait bien donner du travail à Fiat.

Cette dernière société introduit pourtant une modification intéressante, en supprimant totalement les sabots de freins pour ne garder que les freins à disques.

Sur le plan sonore, c'est le jour et la nuit entre le bogie Y 32 et le bogie Fiat, comme j'ai pu le constater sur le train « Le Grand Sud », au passage en vitesse en gare de La Blancarde, et qui comportait un panachage de voitures équipées des deux types de bogies.

La SNCF a depuis introduit une modification sur une partie du parc des voitures Corail, en remplaçant les semelles en fonte par des semelles en matériau composite. Résultat : - 5 dB

Les rames TGV Duplex sont les premières à avoir des disques de frein flasqués sur les voiles de roues des bogies moteurs. Résultat : - 10 dB par rapport aux premières rames PSE orange, ce qui est considérable.

#### **4 – Troisième solution, du côté de la Voie : l'élimination des joints**

L'élimination des joints des rails, facteur capital de la diminution des bruits ferroviaires, fut une avancée technologique capitale de la SNCF dans le monde, mais il s'agit maintenant de faits anciens (début de la pose des LRS : Longs Rails Soudés, dans les années 50 en France).

Toutes les grandes lignes françaises en sont équipées, et les grands renouvellements de voie se font presque exclusivement avec des LRS.

Plus l'état de surface du rail sera propre (moins rugueux), plus le train sera silencieux. La suppression des sabots de frein élimine donc aussi une cause de dépôt de particules sur le patin du rail.

Toutefois, dans certains cas, ces particules peuvent être éliminées par un léger meulage de la voie, qui rétablira par la même occasion les bonnes caractéristiques géométriques du rail favorables au confort (profil et défauts très courts).

#### **5 – Quatrième solution, ne pas exciter la Voie :**

Plus la voie sera lourde et élastique, plus il sera difficile de l'exciter, et moins elle sera bruyante.

La voie moderne type TGV va donc dans le bon sens :

- rails lourds (60 kg/m)
- traverses béton lourdes (225 kg par traverse)
- attaches élastiques (RS ou NABLA) en voie d'être supplantées par les attaches Fast-clips
- épaisseur minimale du ballast d'au moins 30 cm sous les traverses
- généralisation des Longs Rails Soudés (LRS)

Ainsi, dans certains cas, alors que des rails de 50 kg/m suffiraient pour le trafic d'une ligne, on peut décider de poser des rails plus lourds dans des zones bordées par des riverains, pour diminuer le bruit.

La voie moderne est aussi très favorable à la diminution des bruits solidiens.

On teste actuellement des amortisseurs de rail, sorte de bandes composites caoutchouc / métal collées sur le flanc du rail. Cette technique est totalement généralisée sur les voies ferrées des tramways modernes. On retrouve alors des caractéristiques de bruit très proches d'une voie enneigée.

## 6 – La Voie sans ballast :

Impossible de parler de tous les modèles de voies sans ballast qui existent dans le monde.

En France, après divers essais (en particulier au tunnel de Sainte-Dévote à Monaco), la SNCF n'utilise pratiquement plus que les traverses bi-blocs munies de chaussons élastiques.

Après réglage géométrique précis de la voie, le tout est bloqué par un coulis de ciment.

On conserve ainsi les deux étages élastiques de la voie moderne.

On utilisera la voie sans ballast pour diverses raisons :

- elle permet de gagner environ 20 cm sur la hauteur dans le même gabarit d'un tunnel, par exemple pour dégager facilement le gabarit d'isolement électrification, ou le gabarit Ferroutage, dans le cas d'une ligne déjà électrifiée
- elle est un excellent filtre pour les vibrations transmises à la plateforme (cas des RER en tunnel à Paris, que ce soit ceux de la RATP ou de la SNCF)
- elle est appréciée en tunnel car elle demande beaucoup moins d'entretien (tunnel de 7 km du TGV à l'entrée de Marseille)
- la voie sans ballast coûte cher, mais elle est rentable sur une trentaine d'années par rapport à une voie normale, car elle ne demande pratiquement aucun entretien.

Il n'existe pas de cas en France où cette pose aurait été utilisée en extérieur pour diminuer le bruit vis-à-vis des riverains, mais les Pays-Bas, dont le réseau ferroviaire n'est qu'un immense RER en milieu très urbanisé (le fameux Randstad) compte l'utiliser à grande échelle.

La ligne nouvelle à grande vitesse Cologne – Francfort est entièrement posée sur une dalle en béton.

En raison de la traversée de nombreuses zones urbanisées, presque toutes les lignes à grande vitesse japonaises utilisent une voie sans ballast.

Les nouvelles traverses françaises SATEBA S312 NAT peuvent supporter les intempéries, et sont donc aptes à une pose en extérieur.

C'est encore une nouvelle possibilité qui s'ouvre.

## 7 – Cinquième solution, ne pas exciter les caisses :

Si la suspension est de bonne qualité, il y aura une coupure de fréquence entre la roue, le châssis de bogie et la caisse.

Les voitures voyageurs sont équipées d'une suspension à double étage, pour des questions de confort mécanique des voyageurs, ce qui est très favorable à la diminution des bruits.

## 8 – Les suspensions pneumatiques

Les suspensions pneumatiques offrent une coupure parfaite entre le châssis de bogie et la caisse, surtout avec des coussins à doigts de gants, ce qui explique le faible niveau vibratoire des TGV (en comparaison, les premiers ICE allemands étaient très loin du même niveau de confort).

Autre avantage : un amortissement non mécanique, grâce à un réservoir d'air auxiliaire couplé au coussin pneumatique par un orifice calibré qui règle la fréquence d'amortissement, donc strictement sans aucune liaison mécanique entre la caisse et le châssis de bogie.

Les coussins pneumatiques permettent aussi de travailler à hauteur rigoureusement constante, grâce à une valve de nivellement, caractéristique hyper-intéressante pour les voitures à deux étages, relativement limites dans le gabarit, et dont les variations de charges sont énormes sur un train de banlieue.

Les coussins pneumatiques à doigts de gants présentent aussi l'énorme avantage d'assurer un rappel latéral de la caisse, et il paraît curieux que certains services d'études du matériel aient oublié cette qualité, car on assiste depuis quelque temps à des ratés mémorables. C'est sans doute un mauvais choix du coussin pneumatique qui explique la déplorable tenue de voie et l'inconfort notoire des automoteurs X 72500 (trop de souplesse en rappel latéral).

## 9 – Le Fret

Par contre, les wagons Fret ne sont équipés que d'un seul étage de suspension, ce qui les rend plus bruyants.

Il est donc à peu près certain que l'amélioration du bruit des wagons Fret ne se fera pas de ce côté là. Les wagons-citernes ou les wagons de transports de céréales, qui sont de véritables cavités sonores (surtout quand elles sont vides), ont une solide réputation de "boîtes à ferrailles". Alors qu'il y a encore quelques années la conception des suspensions bridait au maximum les mouvements du véhicule, les suspensions modernes, combinées avec des amortisseurs efficaces, tendent au contraire à les libérer. Une bonne suspension, étudiée au départ pour un confort optimal des voyageurs, amènera donc de façon quasiment automatique un excellent niveau de silence. On peut même retourner le raisonnement : un matériel très silencieux est obligatoirement équipé d'une bonne suspension, et sera donc très confortable. C'est en tout cas ma méthode pour juger un nouveau matériel, succinctement, au premier coup d'œil (disons d'oreille). C'est de l'entendre de l'extérieur, au bord de la voie ! Et cette méthode ne m'a jamais trompé (sauf dans le cas des X 72500).

## **10 – Sixième solution, dissocier les fréquences :**

Chaque élément mécanique possède une fréquence de résonance propre. De construction, on doit rechercher une fréquence de résonance de caisse la plus éloignée possible de la fréquence d'excitation venant de la roue ou de la suspension. On se rend alors compte que la fréquence de la suspension doit être très élevée, pour une fréquence de caisse la plus basse possible.

Vous pouvez faire une expérience simple : prenez en main un pendule :

- Tout d'abord, agitez la main très lentement. Le pendule va se balancer lentement de droite à gauche. Si votre main est le bogie, et la masse du pendule la caisse du véhicule, vous voyez que la caisse suit lentement (en étant déphasé), les mouvements du bogie.
- Maintenant, agitez la main très rapidement. Le pendule n'a pas le temps de bouger. Le bogie (votre main) suit tous les mouvements de la voie (suspension totalement libérée), mais ne les transmet pas à la caisse (la masse du pendule).

Vous avez tout compris à la suspension moderne d'un véhicule ferroviaire (merci à mon ami Bruhat †, membre de l'AFAC, le « pape » des bogies, qui fut un extraordinaire pédagogue – voir les 2 numéros « Spécial bogies » de la revue de l'AFAC, « Chemins de fer », le deuxième entièrement consacré aux suspensions pneumatiques).

## **11 – Capter le bruit à la source :**

Il est aussi envisagé de capter le bruit à la source, avec des carénages sur les bogies, sur les futurs TGV à 350 km/h, mais les ateliers de maintenance n'aiment pas trop les carénages, qui les gênent dans leur travail.

On a aussi monté des systèmes amortisseurs sur les voiles de roues des wagons Fret, limitant à la source le rayonnement de celles-ci, un peu comme pour les amortisseurs de rails.

Cette technique n'est pas utilisée actuellement en service commercial, mais a donné de bons résultats en essais.

## **12 – Le bruit aérodynamique :**

Il est totalement négligeable pour la majorité des trains, sauf le TGV.

Il apparaît seulement au-dessus de 200 km/h.

À 300 km/h, le bruit aérodynamique représente la moitié du bruit émis, mais fait rassurant, la norme de protection ne fait pas de distinction entre les sources de bruits.

C'est bien la gêne totale qui est prise en compte.

Le bruit aérodynamique est efficacement combattu par un meilleur "lissage" de la rame : forme de la face avant, césures entre caisses, poignées de portes, mains montaires, carénage des éléments haute tension en toiture, ligne de toiture, carénage des bogies, etc ... d'autant que ces mesures contribuent aussi à diminuer la résistance à l'avancement.

## **13 – Les matériels moteurs :**

Les matériels moteurs modernes ne font pas plus de bruit de roulement que les matériels remorqués (ils sont d'ailleurs nettement plus surveillés du point de vue de la maintenance des roues).

Ils ajoutent surtout des bruits de ventilation, mais l'étude fine des circuits d'alimentation en air permet de les diminuer considérablement (d'autant qu'avec les locomotives modernes, pourtant plus puissantes, les besoins de refroidissement sont plutôt en diminution).

Toutefois, il est beaucoup plus difficile de supprimer les sabots de freins sur une locomotive que sur du matériel remorqué, car sur un bogie moteur, la place est comptée. De plus, pour protéger les tables de roulement (les roues d'un engin moteur coûtent cher à l'achat, et sont donc particulièrement bichonnées en maintenance) la SNCF a toujours très peu freiné ses locomotives.

Ces dernières doivent toujours remorquer un nombre minimal de wagons ou voitures, et profiter du système de freinage de ceux-ci pour pouvoir rouler à vitesse maximale.

C'est pourquoi en cas de marche seule (HLP : Haut-le-pied), la vitesse de la locomotive est fortement réduite, même si elle est munie d'un frein électrique.

Les locomotives BB 26000 (SYBIC) sont les premières de l'histoire ferroviaire à avoir les mêmes caractéristiques de freinage, seules ou avec un train.

Comme par hasard, elles sont très silencieuses. Idem pour les 36000, qui possèdent des disques flasqués sur les voiles de roues, tout comme les TGV Duplex.

#### **14 – Amorces de patinage :**

Au moment du démarrage d'un train, il peut y avoir patinage d'un ou plusieurs essieux moteurs, surtout avec des moteurs à courant continu à induction série, précisément en couplage série ou semi-parallèle, qui ont alors tendance à l'emballement.

L'essieu peut alors marquer une empreinte sur le rail, plus ou moins profonde, qui peut conduire à provoquer un bruit au passage des essieux suivants, bruit largement équivalent à celui d'un joint de rail.

Vous pouvez vous balader en gare, le long des quais, et vous remarquerez facilement ces empreintes de patinage, à l'endroit où stationnent et redémarrent généralement les locomotives.

**Solution :** les locomotives modernes à courant continu n'utilisent plus le couplage série, et sont munies d'un antipatinage électronique qui diminue l'effort moteur de l'essieu coupable.

L'apparition de l'électronique de puissance a aussi grandement facilité les choses, sa vitesse de réaction étant sans commune mesure avec celle des contacteurs des locomotives plus anciennes.

Les dernières locomotives ou automotrices à moteurs synchrones ou asynchrones, avec leur caractéristique de "décrochage" en cas de patinage, sont pratiquement auto-protégées de l'emballement.

Les empreintes de patinage sont traitées par rechargement de soudure électrique sur le patin du rail, puis meulage manuel.

Toutefois, pour les empreintes très importantes (dépassant une longueur et une profondeur prédéfinies), on estime que le rail pourra présenter un risque de rupture.

Le problème sera traité par :

- remplacement du rail dans le cas d'une voie normale avec joints
- inclusion d'un coupon de rail neuf d'environ 5 mètres au milieu d'un LRS, cette dernière méthode présentant de lourdes contraintes de respect des méthodes d'intervention sur LRS en fonction de la température (si le problème apparaît à la fin du printemps, il ne sera traité quelquefois qu'au cours de l'automne)

#### **15 – Les compresseurs d'air :**

Les matériels moteurs comportent tous un compresseur d'air nécessaire au freinage. Pour des raisons assez mystérieuses, la SNCF a mis assez longtemps à basculer des compresseurs à pistons vers les compresseurs à vis, beaucoup plus silencieux.

Ne nous plaignons pas, aujourd'hui tous les matériels livrés récemment en sont équipés.

Il reste à démontrer que le coût d'entretien des compresseurs à pistons pourrait justifier un basculement total du parc vers les compresseurs à vis.

#### **16 – L'usure ondulatoire des rails :**

L'usure ondulatoire est un phénomène curieux que l'on a mis longtemps à expliquer. Elle se produit toujours aux mêmes endroits, là où passe toujours le même type de trains, aux mêmes vitesses.

C'est donc un phénomène d'origine vibratoire, que l'on trouvera surtout sur les lignes de banlieue ou de métro.

La voie devient très bruyante, et corrélativement, le matériel vibre sur les défauts du rail.

Un œil exercé peut la distinguer à la surface du rail. Il s'agit de tout petits défauts de quelques centièmes de millimètres de profondeur, d'onde très courte (moins de 5 cm). La solution est dans le meulage des rails.

Il faut traiter l'usure ondulatoire le plus vite possible, sinon le phénomène n'ira qu'en s'aggravant.

L'usure ondulatoire existe aussi en mode routier, surtout sur les voies autoroutières (même phénomène de répétition aux mêmes endroits et aux mêmes vitesses), avec une onde beaucoup plus longue qu'en mode ferroviaire.

Pratiquement invisible à l'œil nu, elle se détecte avec des appareils sophistiqués, mais j'ai trouvé un truc : très tôt le matin, quand la rosée commence à s'évaporer, si vous faites une visée rasante loin devant votre voiture, il y a un moment où la rosée est évaporée sur les bosses, mais pas dans les creux.

Pendant quelques secondes, voire quelques minutes, vous êtes témoin d'une extraordinaire visualisation de l'usure ondulatoire !

Claude JULLIEN plus fort que les appareils électroniques !

## 17 – Les protections extérieures (écrans anti-bruit)

Le chemin de fer est le seul moyen de transport guidé dans deux dimensions, c'est-à-dire que sa trajectoire (de caisse, après suspension) est précise à moins de 2 centimètres près (dans les calculs de rebondissement dans le gabarit, on compte 15 mm par étage de suspension).

La précision de pose de la voie est de l'ordre du millimètre.

La zone de "Roule" (en régime de stabilité) d'un TGV roulant à 300 km/h est proprement ridicule : (dans le cas d'un écartement de 1438,18 mm, caractéristique importante définissant l'onde de lacet)

- 5,5 mm de large sur la roue, profil au 1/40
- 1,8 mm de large sur le rail, pose inclinée au 1/20

Cette très grande précision de trajectoire signifie que les écrans de protection contre le bruit pourront être implantés au plus près de la voie, et auront une efficacité sans commune mesure avec les ouvrages de protection des routes. Ces derniers, en raison des trajectoires plus aléatoires dans le sens de la largeur, seront toujours situés beaucoup plus loin de la source de bruit.

Une voie d'autoroute faisant 3,5 m de large, on peut trouver sur une autoroute à 3 voies + voie d'urgence, des écrans implantés à plus de 15 m de la file du milieu.

Efficacité symbolique, à moins de leur donner une hauteur gigantesque.

Pour les mêmes raisons, les murs anti-bruit ferroviaires pourront être moins hauts, à efficacité identique, et donc plus esthétiques. Sur le TGV-Med, la SNCF s'est contenté d'implanter des murs anti-bruit montant seulement jusqu'au dessous de la hauteur des fenêtres.

Sur Lyon-Valence, les écrans anti-bruit sont trop hauts, et masquent le paysage aux voyageurs.

## 18 – Directivité du son :

Sans que je sache vraiment expliquer pourquoi, les acousticiens ont constaté que le son ferroviaire était très directif, en particulier celui en provenance du contact roue-rail. Le son ne se diffuse pas selon 360 °, mais seulement dans un faisceau étroit d'environ 30 à 45 °. C'est encore un avantage supplémentaire de traitement des nuisances ferroviaires.

## 19 – Niveau de bruit et exposition :

Le bruit, tel qu'il est indiqué dans les normes, n'est pas le bruit instantané mesuré avec un sonomètre, **d'où la querelle habituelle avec ceux qui ont voulu faire de telles mesures**, et qui, il est vrai, trouvent parfois des chiffres astronomiques, dignes d'un réacteur d'avion de ligne.

Le bruit est exprimé en LAeq, unité théorique calculée selon une formule mathématique assez compliquée (mais pas secrète), et qui tend plutôt à exprimer la gêne sonore intégrée sur une longue période, plutôt que la gêne instantanée.

Ainsi, s'il ne passe qu'un seul train par jour, même très bruyant, les gens qui ont créé les normes considèrent que vous n'êtes pas vraiment gêné.

On distingue en général un LAeq diurne (6 à 22 h) et un LAeq nocturne (22 à 6 h).

La valeur calculée du LAeq ferroviaire est systématiquement diminuée de 3 dB par rapport au LAeq routier, pour permettre une comparaison entre les deux, mais les lignes nouvelles TGV sont au contraire pénalisées systématiquement de 3 dB par rapport à la valeur calculée.

Cette définition du LAeq est la principale source de conflit entre SNCF / RFF et les associations de riverains.

## **Il y a toujours quelqu'un avec un sonomètre à la main pour annoncer des chiffres astronomiques, frisant les 120 décibels instantanés, mesure effectuée le plus près possible du rail, bien entendu !**

C'est comme si on procédait aux mesures de bruit des réacteurs en se plaçant devant la soufflante, ou derrière la sortie des gaz chauds !

Une nouvelle directive européenne crée un nouvel indicateur, l'indice LDEN, défini sur 3 périodes:

- le jour (7 à 19 h)
- la soirée (19 à 23 h), période pénalisée de 5 dB
- la nuit (23 à 7 h), pénalisée de 10 dB

La nouvelle norme voudrait aussi tenir compte des événements particuliers, bruits fortuits, etc ... et crée l'indice Lamax, notamment pour les périodes de nuit en cas de pics, mais la définition semble confuse, au coup par coup.

Le bruit intrinsèque d'un train est beaucoup plus élevé que celui d'un camion isolé.

Pourtant, la majorité des riverains des voies ferrées se plaint beaucoup moins de la gêne sonore occasionnée par les trains, que les riverains d'une autoroute.

Le bruit des trains est discontinu ( 8 secondes pour un TGV constitué de deux rames en UM), alors que le bruit d'une route est continu, lancinant, parfois sans réelle distinction entre le jour et la nuit sur les grands axes.

## **20 – Spectre de bruit :**

Pour faire court, disons que le spectre de fréquences du Rail contient une majorité de fréquences hautes, plus faciles à filtrer, alors que la Route contient davantage de fréquences basses, voire même des infra-sons pour les camions, quasiment impossibles à filtrer dans ce dernier cas.

A puissance de bruit identique, l'amplitude du bruit ferroviaire est donc forcément moins élevé, et le filtrage des bruits d'une route exige donc des moyens beaucoup plus importants.

Contrairement à une idée reçue, pour la Route, ce sont essentiellement les bruits de roulement (pneumatiques sur bitume) qui posent problème, et non pas le bruit des moteurs.

## **21 – Amortissement des bruits :**

Ceux qui habitent près d'une voie ferrée connaissent le niveau de silence atteint par le passage des trains après une chute de neige d'environ 20 cm, qui est un piège à sons extraordinaire (quand elle est fraîche), niveau qui peut être retenu comme référence en un lieu donné si on veut prendre quelques mesures de protection. On sait que des neiges très froides, donc très légères, peuvent descendre jusqu'à 115 kg / m<sup>3</sup>, avec des dendrites hexagonales régulières, chiffre qui donne aussi une idée du volume d'air résiduel.

Il sera difficile de concevoir un matériau artificiel aussi parfait, et surtout, qui ne s'encrassera pas au fil des années.

Jusqu'à maintenant, la SNCF a très peu utilisé des murs anti-bruits absorbants, sauf dans certaines zones d'habitat dense (genre banlieue parisienne). La quasi-totalité des murs anti-bruit des lignes nouvelles TGV sont des murs en béton lisse, voire des vitres (Val Lamartinien), la SNCF se contentant d'atteindre les chiffres de la norme européenne, soit un LAeq de jour de 65 dB en façade à 20 m de la voie (le trafic TGV de nuit est pratiquement inexistant).

Il y a là indiscutablement une possibilité d'amélioration réelle.

Notons aussi que des riverains à 20 m de la voie sur ligne nouvelle TGV, cela n'existe pas (et si certains en connaissent, prière de me le signaler, car je suis à la recherche du riverain français le plus près d'une ligne TGV, la palme étant actuellement détenue par le hameau de Noë à quelques kilomètres de Sens, dans la vallée de la Vanne).

Une solution économique consiste à élever des merlons de terre le long de la voie.

Une très bonne solution, surtout au stade de la ligne nouvelle, consiste à construire la ligne en semi-enterrée (environ 2 m), en gros jusqu'à la hauteur des fenêtres des voitures voyageurs.

Notons aussi que jusqu'à maintenant, la SNCF n'a jamais toléré de murets anti-bruit dans l'entaxe des voies.

## 22 – Protections lourdes :

Les protections lourdes sont réservées aux cas extrêmes, car elles coûtent cher.

Elles seront de deux types :

- galerie couverte, c'est à dire que l'on creuse une tranchée à ciel ouvert, dans laquelle on plante une boîte en béton, puis on recouvre le tout. Il faut compter de 100 à 200 MF/km.
- les tunnels, construits entièrement par forage souterrain, beaucoup plus chers : 200 MF/km au minimum, jusqu'à un chiffre qui s'envole vers l'infini, selon les cas.

## 23– Quelles solutions pour les wagons Fret ?

La résolution des problèmes de bruit est plus difficile pour le Fret que pour les voyageurs :

- l'unification européenne autour du bogie Y 25 (et dérivés) a généralisé les boîtes d'essieux à glissières (mais avec amortisseur mécanique Lenoir), peu favorables au silence, alors que les voitures voyageurs modernes ne comportent plus que des boîtes à bras, dont l'articulation est sur silentbloc
- les wagons n'ont qu'un seul étage de suspension
- très peu de wagons Fret sont équipés de freins à disques (ceux du Modalohr en sont équipés, et les wagons Greenbrier de la Route Roulante suisse, également).
- les charges par essieu sont plus élevées (jusqu'à 23 tonnes en Europe)
- l'importance du parc (plus de 700 000 wagons en Europe) rend toute modification généralisée assez coûteuse.

Seuls facteurs favorables :

- les vitesses sont généralement plus basses
- la généralisation du remplacement des triples valves par des distributeurs, qui permet la modérabilité du frein au desserrage (conversion achevée sur l'ensemble du parc des pays occidentaux européens)

Pourtant une solution économique satisfaisante a été trouvée :

- **le remplacement des semelles en fonte par des semelles en matériau composite.**

On supprime alors la cause de production des micro particules, et les roues restent parfaitement lisses.

Le gain est d'environ 5 dB.

J'ai eu l'occasion d'entendre passer un train d'essai sous la dalle de la gare de Montpellier, donc dans des conditions de réverbérations sonores très défavorables. Une moitié du train était équipée des nouvelles semelles, et l'autre moitié n'avait subi aucune modification.

Le résultat était très spectaculaire.

Toutefois, une difficulté a jailli : un wagon modifié, seul au milieu d'une rame non modifiée, freine bien mieux que les autres, et use alors davantage ses roues. Il faudrait une certaine simultanéité de modification et rechercher la constitution de rames homogènes, ce qui ne va pas faciliter l'exploitation dans la phase transitoire.

L'ensemble du parc Fret de la SNCF sera équipé dans les 5 années à venir, mais nous garderons forcément une certaine interpénétration de wagons isolés étrangers.

Quelques administrations ferroviaires étrangères ont décidé d'appliquer les mêmes solutions qu'en France.

Il existe de nombreux trains complets en France qui font toujours le même trajet, pour un même client avec les mêmes marchandises. Ce type de trains pourrait être équipé en priorité des nouvelles semelles, voire de freins à disques.

## 24 – Les ouvrages d'art :

Sur lignes nouvelles, la pose directe de la voie sur un tablier métallique n'est plus utilisée depuis longtemps (elle serait d'ailleurs incompatible avec les LRS, car les fixations sont rarement élastiques).

Les lignes nouvelles ne comportent donc que des ouvrages permettant la pose de voie sur ballast. Dans l'avenir, des voies sans ballast apparaîtront, mais avec interposition d'éléments élastiques.

Sur les ouvrages anciens, l'étude des techniques de diminution du bruit ne fait que commencer, comme la pose de câbles acier ou carbone fortement tendus, la pose d'amortisseurs, le bitumage du tablier, mais le remplacement des ouvrages avec une dalle en béton, permettant la pose de la voie sur ballast, est la solution la meilleure.

La SNCF (RFF) remplace en moyenne un ou deux grands viaducs métalliques avec tabliers métalliques par des ouvrages modernes en béton (ou mixte acier / béton) et pose de la voie sur ballast.

Par exemple, les deux derniers sont :

- le viaduc de la Doux près de Tournon (Rive Droite du Rhône + voie métrique de l'Ardèche)
- le viaduc de Meyrargues, sur la Durance (voie unique Marseille-Briançon)

## 25 – Les petits ponceaux métalliques :

Il en existe des milliers sur le réseau, pour permettre le passage d'un ruisseau, d'un petit chemin, etc ...

Ils ont généralement une portée d'environ 4 m. Ils peuvent gêner considérablement les riverains les plus proches.

Sur les grandes lignes, ils sont en voie de disparition, car ils sont incompatibles avec les LRS (bien que je connaisse un petit pont métallique en plein milieu des LRS dans la montée de La Freissinouse, entre Gap et Veynes).

Leur remplacement par un petit ponceau en béton préfabriqué, permettant la pose de voie sur ballast, se fait en quelques heures grâce à un engin spécial de manutention des tabliers, appelé "Hydrocampe".

Si vous êtes riverain d'un tel ouvrage, il faut faire une réclamation auprès de la SNCF (pardon RFF) pour en obtenir le remplacement. Il est préférable de se faire appuyer par le maire et le député.

Généralement, ça marche au bout d'un certain temps (variable, ... comme le fut du canon).

RFF ouvre une ligne de crédit annuel pour le remplacement de ce type d'ouvrage. Ceux qui s'agitent et qui gueulent le plus fort ont des chances de passer avant les autres.

## 26 – Les signaux rotatifs :

Il s'agit de signaux mécaniques, ou bien de TIV (Tableau Indicateur de Vitesse) non permanents, pouvant basculer pour présenter ou non une limitation de vitesse selon le type de train. Pour des raisons de sécurité, en l'absence de train, on leur fait présenter toujours l'indication la plus péjorative. Cela se fait au moyen d'un système de rappel par contrepoids, qui présente l'avantage de fonctionner même en cas de panne de courant.

L'inconvénient, c'est que l'action brusque des contrepoids rend le système très bruyant pour les riverains.

Il existe des solutions avec des signaux entièrement statiques à base de fibres optiques, ou encore un nouveau type avec des diodes électroluminescentes.

Là encore, si vous êtes riverain d'un tel dispositif, il faut .... se faire entendre, et si possible, ... plus fort que le signal !

J'ai été personnellement témoin du succès d'un groupe de riverains à Alfortville, en région parisienne, à qui j'avais soufflé la solution.

## 27 – Les appareils de voies :

C'est ce que le grand public appelle les aiguillages.

Les aiguillages sont en réalité des déviations simples, gauches ou droites.

Mais il existe aussi des croisements (de plus en plus rares sur voies principales), des traversées de jonctions simples et des traversées de jonctions doubles.

Le problème du bruit des appareils de voie n'a pas véritablement été résolu.

La SNCF, au cours de recherches menées dans le cadre de l'élaboration d'appareils de grand rayon pouvant être pris sur branche déviée à grande vitesse (160 km/h, et maintenant 220 km/h sur lignes TGV) a considérablement amélioré le dessin et la géométrie des pointes de cœur.

Il faut reconnaître qu'installé confortablement dans une voiture voyageurs, on ne ressent pratiquement plus le passage des aiguillages, même à très grande vitesse (en fait, on ne ressent rien du tout sur ligne TGV).

Les appareils de voie sont devenus beaucoup plus silencieux, mais les riverains ne sont pas satisfaits.

Un espoir était né avec les appareils à pointes de cœurs mobiles (utilisés sur le TGV et sur les métros), mais le résultat, satisfaisant au plan mécanique pour la tenue de voie, est minime pour le bruit.

Les appareils sont maintenant reliés au reste de la voie, soit par des soudures, soit par des joints collés, ce qui supprime le bruit des joints.

Les nouveaux appareils à planchers en béton (au lieu des traverses en bois), beaucoup plus lourds, sont également plus silencieux.

Je pense qu'il faudra intégrer des zones entières d'appareils les plus gênants au milieu de protections absorbantes situées au plus près de la voie, y compris dans les entrevoies, voire créer des zones sans ballast, sur dalles en béton.

On peut aussi coller des absorbeurs en caoutchouc sur l'âme des rails et des pointes de cœur.

Il existe dans les quartiers nord de Marseille, une communication V1/V2 qui gêne toute une cité (cité de Servières). Il sera intéressant de suivre l'évolution technique du problème.

## **28 – Quelle position par rapport aux lignes nouvelles ?**

C'est une question à laquelle il faut bien réfléchir.

Prenons l'exemple d'un projet de contournement de ville, au profit du Fret, comme à Lyon.

Une ligne nouvelle permet de prévoir, de construction, un niveau de bruit incomparablement plus bas.

De plus, la formule du contournement permet de soustraire beaucoup de trains de l'ancienne ligne en milieu urbanisé, permettant aussi par libération de sillons :

- la diminution du bruit ferroviaire en centre-ville
- la création de nouveaux TER, ce qui participe efficacement à la lutte contre l'automobile (et donc aussi à la diminution des bruits routiers en ville et sur les autoroutes d'accès, bien qu'il soit prouvé que dès qu'on libère de la place sur une route, il y a toujours une nouvelle automobile pour l'occuper).

## **29 – Les arcs électriques des pantographes :**

Ce phénomène existe surtout sur les lignes TGV, à très grande vitesse.

La pression du pantographe sur la caténaire entraîne l'oscillation de celle-ci.

Malgré les étages de suspension du pantographe (avec asservissement électronique sur certains modèles récents), il se produit des micro-décollements de pantographe, donc une coupure intempestive du courant de traction. En raison du caractère extrêmement selfique de la caténaire 25 kV - 50 Hz et des circuits de traction, il se produit des arcs électriques qui font un certain bruit.

Je suis sans doute le seul à parler de ces bruits.

Lorsque je séjourne dans l'Yonne, dans une maison située à environ 300 m de la voie TGV Paris-Lyon, je les entends très bien, tard le soir dans mon lit, sur les derniers TGV qui rentrent à Paris.

Mais en réalité, je suis le seul à les entendre.

Problème absolument non discernable sur des trains de jour.

## **30 – Conclusion générale**

Les progrès de la technologie apportent de nombreuses réponses aux problèmes de bruit des véhicules ferroviaires, et la SNCF va mettre en œuvre des solutions très satisfaisantes pour le matériel Fret.

Le renouvellement du matériel roulant va également dans le bon sens, les matériels modernes étant toujours moins bruyant que les matériels anciens. Il suffit de constater l'excellent niveau de bruit atteint par certains matériels TER récents, en particulier les rames automotrices TER-2N ou TER-2N NG, ainsi que le X 73500.

La lenteur de l'application de l'ensemble des solutions disponibles est essentiellement d'origine financière.

Au final, la coexistence des riverains avec une voie ferrée importante peut se faire dans des conditions bien meilleures que pour une voie routière de grande circulation.

Cela doit nous conforter dans notre action de promotion du Rail, face à l'explosion des trafics routiers et autoroutiers.

Claude JULLIEN - Marseille

Président de la FNAUT-PACA  
31 Juillet 2004