



29. BRUIT ET VIBRATIONS DUS AU TRAFIC FERROVIAIRE

1. Contexte

A même niveau sonore, le trafic ferroviaire induit une gêne moindre que celle occasionnée par le trafic routier et le trafic aérien (Commission Européenne, 2002 – voir la fiche documentée n°3). Ce phénomène s'explique notamment par la différence de composition fréquentielle du bruit et par l'occurrence de périodes silencieuses entre les événements bruyants (de Vos, 1997). D'autre part, il ressort du cadastre du bruit ferroviaire (voir la fiche documentée n°7) que seule une partie relativement peu importante de la population en Région de Bruxelles-Capitale subit une nuisance par le bruit lié au trafic ferroviaire.

Il est néanmoins important de s'intéresser à ce problème, en raison notamment :

- du souhait de substituer le trafic ferroviaire au trafic routier dans le cadre de la politique de mobilité ;
- de la longévité du matériel roulant. Les évolutions techniques de réduction de bruit sont plus longues à mettre en œuvre que celles pour le trafic routier ;
- de la proximité du bâti en milieu urbain ;
- du fait que le trafic ferroviaire circule principalement du côté des façades calmes des bâtiments.

La fiche donne un aperçu des solutions avancées par deux études réalisées pour le compte de Bruxelles Environnement (D2S, 1998 et Technum, 2002). Elle présente également les initiatives législatives de la Commission européenne ainsi que les mesures de la SNCB au niveau (belge) de l'offre de transport par rail.

2. Emission de bruit et de vibrations

Le bruit à l'émission est influencé par les caractéristiques du matériel roulant et de l'infrastructure ferroviaire et par les circonstances locales, elles-mêmes le résultat de l'exploitation et de la gestion du trafic ferroviaire.

Pour décrire le bruit, il y a lieu de distinguer le « bruit aérien » du « bruit solidien ».

2.1. Bruit aérien

Le bruit aérien se transmet dans l'air.

Le bruit aérien de roulement inhérent au trafic ferroviaire provient :

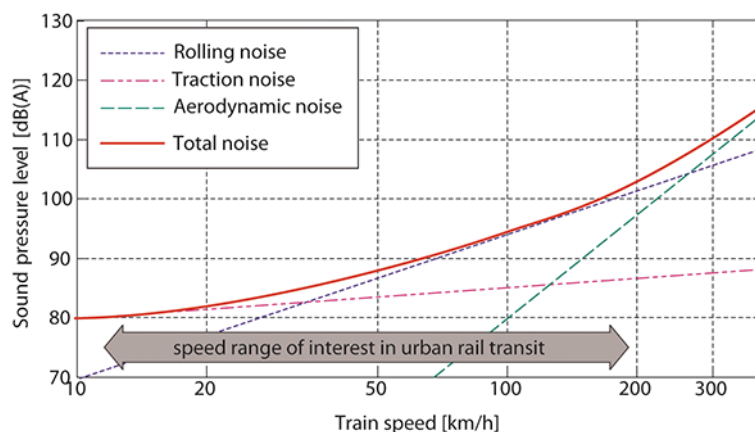
- du contact roue / rail ;
- du moteur ;
- des équipements auxiliaires tels que compresseurs, générateurs, ventilation ;
- l'aérodynamisme du train ;
- du rayonnement d'autres structures telles que les ponts métalliques.

La prépondérance d'une de ces sources, par rapport aux autres est fonction de la vitesse. Lorsque la vitesse est inférieure à 20 km/h, c'est le bruit du moteur et des équipements auxiliaires qui domine. Entre 50 et 150 km/h, c'est le bruit de contact roue / rail qui domine. Pour des vitesses supérieures à 200 km/h, c'est le bruit aérodynamique qui domine.



Figure n°29.1 : Prépondérance des sources de bruit aérien en fonction de la vitesse du train

Source : K. Vogiatzis & G. Kouroussis, 2017



Si la surface des roues et des rails était parfaitement lisse, il n'y aurait pas de bruit de roulement mais il serait extrêmement difficile de freiner et d'accélérer. Cette surface présente des irrégularités (de l'ordre de 1 à quelques dizaines de micromètres) qui, lorsque le train se déplace, sont à l'origine de vibrations de la roue et du rail ce qui produit du bruit aérien.

A ce bruit aérien de roulement peuvent s'ajouter des sources locales, potentiellement importantes : le crissement dans les courbes, le tamponnement des voitures sur les voies de garage, les bruits typiques d'une gare (tels que le bruit de freinage, les appels par haut-parleur et les bruits de sifflet) ou le bruit des signaux aux passages à niveau (de Vos, 1997).

2.2. Bruit solidien et vibrations

Le bruit solidien se propage dans les corps solides (sol, bâtiments, ...).

Le passage d'un train produit des vibrations au niveau de la voie. Celles-ci sont transmises par le sol aux bâtiments avoisinants dont les parois se mettent en vibrations et, par contact avec l'air ambiant, produisent un bruit solidien. Le bruit solidien n'est dominant par rapport au bruit aérien que dans des cas particuliers, à savoir avec des trains en sous-sol, ou dans des locaux en sous-sol, ou à l'intérieur des bâtiments. Les vibrations proprement dites peuvent constituer une nuisance pour les personnes et peuvent même, à niveau élevé, endommager des constructions.

La transmission des vibrations et leur transformation en bruit solidien dans le local, est un phénomène complexe qui met en jeu plusieurs couplages :

- le couplage rail – sol,
- le couplage sol – bâtiment,
- la transmission et la dissipation dans le bâtiment,
- l'efficacité de rayonnement des parois.

3. Réduire le bruit du trafic ferroviaire

3.1. Solutions techniques

Il existe 3 méthodes pour réduire les émissions de bruit du trafic ferroviaire :

- diminuer la rugosité des rails et/ou des roues,
- diminuer la réaction des rails et/ou des roues,
- diminuer le bruit lié à la motorisation du matériel roulant.

3.1.1. Rugosité

Sur la voie, la rugosité est présente très localement sous la forme d'une usure ondulatoire qui crée une longueur d'onde très caractéristique. Cette rugosité est meulée pour obtenir une surface plus lisse et ainsi mettre fin au bruit et à d'autres problèmes, mais elle peut réapparaître à court terme. Infrabel mesure l'amplitude de cette usure pour définir les trajets prioritaires de l'engin de meulage des rails.



Le freinage avec des sabots en fonte sur des roues en acier endommage la surface de roulement des roues. En remplaçant les freins à sabots par des freins à disques (éventuellement complétés par d'autres systèmes de freinage tels qu'un frein électro-dynamique ou un frein magnétique – voir Janssen, 1996), les roues restent lisses plus longtemps et le bruit induit par la rugosité caractéristique (et donc, la production de bruit) est réduit d'environ 10 dB(A) même s'il réapparaît plus tard (de Vos, 1997).

3.1.2. Réaction de l'ensemble rail - roue

On pourrait augmenter l'amortissement des roues, mais cette mesure est peu efficace. Une autre mesure à appliquer sur la voiture proprement dite est l'installation d'écrans (appelés jupes) autour des bogies. Cette mesure n'est pas non plus très efficace (réduction sonore de moins de 2 dB(A)).

Au niveau des rails, une réduction sonore peut être obtenue par une pose de rail souple (amortissement des vibrations). Les vibrations, produites par le contact voie - roues, se propagent dans les voies. La vibration de la voie produit un son caractéristique audible avant l'arrivée du train. Le choix de la pose de voie influence non seulement l'amortissement des vibrations, mais peut aussi augmenter l'absorption sonore dans l'environnement immédiat de la voie (par l'utilisation de ballast). La technique de rail souple est de plus en plus utilisée par Infrabel car elle augmente également la durée de vie du ballast. Le tableau suivant donne, pour les différents types de pose, un aperçu de l'augmentation du niveau sonore de voie par rapport à la référence « ballast avec traverses en béton », telles que définies par la méthode de calcul nationale des Pays-Bas, « Standaard Reken Methode II » (SRMII) de 1996. La méthode SRMII est recommandée par la directive 2002/49/CE pour l'examen du bruit ferroviaire.

Tableau 29.2 :

Influence de la pose de voie sur le niveau sonore ambiant	
Source: Standaard rekenmethode II, 1996 (Pays-Bas)	
Type pose de voie	Facteur de correction moyen
ballast, traverses en béton	0 dB(A)
ballast, traverses en bois	+ 1,5 dB(A)
pose directe sur béton, recouvrement par ballast	+ 3,0 dB(A)
ballast, zone d'aiguillage	+ 3,5 dB(A)
pose directe sur béton, sans ballast	+ 6,0 dB(A)

Une autre solution consiste à limiter le nombre d'axes ou de bogies. Sur le TGV, par exemple, deux caisses sont placées sur un seul bogie. Cette approche reste limitée par la charge maximale imposée par axe et par roue.

3.1.3. Les moteurs du matériel roulant

La Commission européenne œuvre pour un standard d'homologation européen des locomotives. Elle a pris une initiative législative pour limiter le bruit à la source en élaborant des normes de produit pour le nouveau matériel ferroviaire roulant ou le matériel existant si celui-ci est transformé de manière à rendre une nouvelle certification nécessaire (DG Environnement, 2010, p. 447) : « Les Spécifications Techniques d'Interopérabilité (STI) du système ferroviaire transeuropéen conventionnel limitent le bruit des locomotives, des automotrices électriques, des autorails diesel, des voitures et des wagons de marchandises. Des limites acoustiques sont spécifiées pour le bruit à l'arrêt, au démarrage, de roulement et dans la cabine de conduite. Le renouvellement progressif du matériel roulant et de l'infrastructure ferroviaire rendra à terme la circulation des trains plus silencieuse ».

3.2. Solutions techniques pour les vibrations

Les possibilités de réduire la production de vibrations à la source sont les mêmes que celles énumérées dans le paragraphe précédent pour la réduction du bruit.

Il est également possible d'intervenir au niveau du chemin de transmission des vibrations, par :

- une isolation entre le rail et les traverses : les possibilités sont limitées vu l'exigence de stabilité des rails ;



- une isolation entre la traverse ou la voirie et le sol : il existe plusieurs produits d'isolation pour le dessous des traverses et des voies (ballast-mats) ;
- une isolation entre le bâtiment et ses fondations : par l'utilisation de « bâtiments flottants ».

Ces mesures doivent être prises au moment de l'aménagement proprement dit, car en raison de l'importance des coûts, il est pratiquement impossible d'encore intervenir par la suite.

3.3. Autres solutions

Outre le recours à des trains et des poses de voie moins bruyants, il est également possible de limiter le bruit à la source par des mesures portant sur le trafic. Il s'agit de limiter l'intensité du nombre de trains par heure et de limiter la vitesse. Le remplacement progressif du transport de nuit par un transport en soirée et de jour peut également réduire considérablement la nuisance nocturne subie. Naturellement, il est difficile de combiner ces mesures à une exploitation la plus rentable possible de l'infrastructure (coûteuse) (de Vos 1997).

Les mesures relatives à la transmission du bruit et des vibrations consistent à maintenir une certaine distance entre la voie et les habitations, ce qui est difficilement applicable dans un milieu urbain dense tel que celui de la Région de Bruxelles-Capitale, ou à placer des équipements de protection tels que des écrans (absorbants du côté de la voie) et des talus (moins intéressants en raison de l'utilisation de l'espace).

Enfin, en dernier recours, il y a moyen d'intervenir au niveau du récepteur par une isolation de la façade. Etant donné que le bruit lié au trafic ferroviaire a une autre composition spectrale que le bruit lié au trafic routier, une construction de façade donnée (dispositif d'amortissement, double vitrage) peut parfois représenter une meilleure insonorisation pour le bruit lié au trafic ferroviaire que pour celui lié au trafic routier (de Vos 1997).

Les nouveaux projets d'infrastructure accordent plus d'importance aux aspects sonores. Ainsi, une nouvelle ligne TGV sera par exemple implantée à côté d'une autoroute. C'est le cas pour la ligne entre Bruxelles et Antwerpen et celle entre Bruxelles et Liège. De même, des tunnels et des écrans anti-bruit sont régulièrement appliqués.

3.4. Législation, réglementation et conventions

Les normes de produit visant à limiter le bruit à l'émission sont une compétence de l'Union européenne. Tandis que les mesures pour limiter le bruit à l'immission font partie de la gestion environnementale et incombent donc aux régions en Belgique.

Au moyen des Spécifications Techniques d'Interopérabilité (STI), l'Union Européenne a introduit des valeurs limites de bruit à l'émission, à la fois pour les matériels neufs et pour les matériels réaménagés, y compris pour les trains de marchandises. Différentes valeurs ont été définies pour différents types de matériels roulants (wagons, locomotives, unités multiples, voitures, etc.) et pour différentes situations d'exploitation (bruit au passage des véhicules, bruit stationnaire, bruit au démarrage et bruit à l'intérieur des véhicules, etc.) (Commission européenne, 2005). Pour le rail conventionnel, les valeurs limites de bruit au passage des véhicules sont entrées en vigueur en juin 2006. La STI rail conventionnel contient des valeurs limites d'émission de bruit pour les wagons rééquipés de nouveaux systèmes de freinage. Une STI grande vitesse est entrée en vigueur dès 2002 ; celle-ci contient des règles relatives au bruit. Les STI devront être révisées tous les trois ans. La directive 2008/57/CE du 17 juin 2008 établit les conditions qui doivent être satisfaites pour réaliser au sein de la Communauté l'interopérabilité du système ferroviaire.

Le contrat de gestion avec l'Etat belge précise les règles et conditions que la SNCB Holding doit suivre lors de l'exercice des missions de service qui lui sont confiées (en vertu de l'article 156 de la loi du 21 mars 1991 portant réforme de certaines entreprises publiques économiques). Le contrat de gestion 2008-2012 stipule entre autres des exigences qui concernent le respect de l'environnement (p. 35-38) et plus particulièrement la limitation du bruit et des vibrations : « La SNCB Holding collabore à l'application de la directive européenne 2002/49/CE, qui vise à limiter l'exposition au bruit ambiant. Les données relatives au transport ferroviaire seront transmises à cet effet aux autorités compétentes et il y aura une concertation avec les régions concernant l'établissement d'un plan d'action. La SNCB Holding se concerte en particulier avec l'Etat, Infrabel et les opérateurs utilisant le réseau Infrabel pour le transport de marchandises à propos des possibilités de financement visant à soutenir l'insonorisation des wagons marchandises existants. Cela interviendra dans le cadre des initiatives prises par la Commission européenne ». Le SPF Mobilité et Transports suit les projets



d'investissements du groupe SNCB. Pour garantir le bon suivi des mesures, une Commission d'accompagnement sur les questions environnementales a été instaurée et un Rapport annuel sur l'Environnement et le développement durable est transmis au SPF Mobilité et Transports. En Belgique, il n'existe pas de législation concernant le bruit des trains à l'immission. Cependant, une convention environnementale a été signée (le 24 janvier 2001) entre la SNCB et la Région de Bruxelles-Capitale, afin de réduire et contrôler les nuisances de la circulation ferroviaire. Les valeurs seuils de cette convention sont reprises dans la fiche documentée n°37.

La convention entre la SNCB et la RBC prévoit en outre la signature de conventions spécifiques lors de tous travaux d'infrastructure réalisés par la SNCB. Pour les vibrations, dans les faits, c'est la norme DIN 4150-2 qui est utilisée (plus d'information dans les fiches documentées n°37, 52 et 56).

4. Situation dans la Région de Bruxelles-Capitale

4.1. Type de pose de voie

Etant donné que le principal mécanisme de production de bruit lié au trafic ferroviaire est le contact entre le rail et la roue, le type de pose de voie est un paramètre important dans le bruit du trafic ferroviaire (voir tableau 29.2). Dans la Région de Bruxelles-Capitale, toutes les voies sont complétées par du ballast sauf localement au niveau des aiguillages, des gares et des ponts métalliques. Cela a pour conséquence d'amortir la propagation des vibrations et de limiter la réflexion du bruit par rapport aux autres types de pose de voie.

4.2. Type de trains et trafic ferroviaire

Les différents types de trains sont très similaires dans toute l'Europe. D'un point de vue acoustique, on peut dire en résumé que :

- les trains avec freins à sabots sont plus bruyants que les trains avec freins à disques (à 100 km/h et à 25 m de distance, la différence se situe entre 4 et 8 dB(A)) ;
- les trains de marchandises sont plus bruyants que les trains de passagers (jusqu'à 9 dB(A) plus bruyants à faible vitesse) ;
- le futur matériel roulant du RER sera plus silencieux que le matériel roulant existant : « En 2006, environ 12% du matériel ferroviaire SNCB destiné au transport de voyageurs était de type silencieux. Avec l'injection des 305 automotrices commandées de la série 08, qui seront utilisées pour le Réseau Express Régional autour de Bruxelles, et la poursuite de la mise en service des voitures à deux étages de type M6, ce pourcentage atteindra près de 40% en 2015 » (DG Environnement, 2010, p.447).

4.3. Murs anti-bruit

Suite à la signature de la convention environnementale entre la SNCB et la Région de Bruxelles-Capitale, Infrabel a introduit plusieurs demandes de permis d'urbanisme afin de mettre en oeuvre le projet RER. Les permis délivrés imposent la construction de murs anti-bruit, à certains endroits le long des voies de chemin de fer, afin de respecter les termes de ces conventions spécifiques (voir la fiche documentée n°6).

Sources

1. COMMISSION EUROPEENNE, février 2002. « Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance ». 40 pp. Disponible sur : <http://www.noiseineu.eu/en/2928-a/homeindex/file?objectid=2705&objectypeid=0>
2. DECISION DE LA COMMISSION 2006/66/CE du 23 décembre 2005 relative à la spécification technique d'interopérabilité concernant le sous-système « Matériel roulant — bruit » du système ferroviaire transeuropéen conventionnel », notifiée sous le numéro C(2005) 5666. JO L 37 du 8.02.2006. 49 pp. p.1-49. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:037:0001:0049:FR:PDF>
3. DIRECTIVE 2002/49/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 25 juin 2002, relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement. JO L 189 du 18.07.2002. 14 pp. p.12-



25. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:FR:PDF>
4. DIRECTIVE 2008/57/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 17 juin 2008, relative à l'interopérabilité du système ferroviaire au sein de la Communauté (refonte). JO L 191 du 18.07.2008. 45 pp. p.1-45. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:191:0001:0045:FR:PDF>
5. Convention environnementale entre la RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE et la SNCB, 24 janvier 2001. Convention environnementale relative au bruit et vibrations du chemin de fer. 17 pp. Disponible sur : http://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/conventionEnviro_RBC_et_SNCB_24jan2001_bilingue.PDF?langtype=2060
6. SNCB HOLDING, 2008. « Contrat de gestion 2008-2012 » conclu entre l'Etat belge et la SNCB Holding. 278 pp. Disponible sur : http://www.belgianrail.be/fr/corporate/entreprise/gestion/~/_media/4375C05CA5284123B626B7CA93720666.ashx
7. SPF SANTE PUBLIQUE, SECURITE DE LA CHAINE ALIMENTAIRE ET ENVIRONNEMENT - DG ENVIRONNEMENT, 10 nov. 2010. « Rapport fédéral en matière d'environnement 2004-2008 », 548 pp. Disponible sur : https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/19102815/Rapport_RFE_FR.pdf
8. DE VOS P.H., 1997. « Beheersing van railverkeersgeluid », in Colloquium Verkeer, Milieu en Techniek (RIVM), Bilthoven, 24 septembre 1997.
9. D2S INTERNATIONAL NV, 1998. « Prescriptions administratives et techniques pour la préparation d'éléments de planification en matière de lutte contre le bruit - Lot 6: Les transports publics ». Etude réalisée pour le compte de Bruxelles Environnement.
10. TECHNUM, avril 2002. « Intégration orientée vers l'environnement des mesures visant à limiter le bruit du trafic ferroviaire dans la Région de Bruxelles-Capitale ». Etude réalisée pour le compte de Bruxelles Environnement.
11. VOGIATZIS KONSTANTINOS & KOUROUSSIS GEORGES, 2017. « Airborne and ground-borne noise and vibration from urban rail transit systems, Urban Transport Systems, Dr. Hamid Yaghoubi (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/66571. Disponible sur : <https://www.intechopen.com/books/urban-transport-systems/airborne-and-ground-borne-noise-and-vibration-from-urban-rail-transit-systems>
12. VROM, août 2009. « Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006 – bijlage III Standaard rekenmethode II (SRMII) 1996 ». Disponible sur : https://www.infomil.nl/publish/pages/101997/1_2_bijlage_iii_versie_aug_2009_bij_rmv_2006.pdf

Autres fiches à consulter

Thématique « Bruit »

- 3. Impact du bruit sur la gêne, la qualité de vie et la santé
- 6. Cadastre du bruit ferroviaire en Région de Bruxelles-Capitale
- 7. Exposition de la population bruxelloise au bruit ferroviaire
- 17. La procédure de l'étude d'incidences (aspects bruit) expliquée à l'aide du projet du RER
- 27. Parc des bus publics et bruit
- 28. Bruit du métro et du tram
- 37. Les valeurs acoustiques et vibratoires utilisées en Région bruxelloise
- 52. Perception et propagation du bruit dans les bâtiments en RBC
- 56. Les vibrations : normes et cadre réglementaire en Région bruxelloise



Auteur(s) de la fiche

Jean-Laurent SIMONS, Katrien DEBROCK, Marie POUPE, Georges DELLISSE, Catherine LECOINTRE

Mise à jour : Benoit FAUVILLE, Jean-Laurent SIMONS

Relecture : Sandrine DAVESNE

Date de mise à jour : Mars 2018