Transport ferroviaire et développement durable

Après avoir situé le transport ferroviaire dans le contexte national français, l'intérêt de ce mode de transport est présenté pour ce qui est des économies d'énergie et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le potentiel de développement du transport ferroviaire est encore important et des améliorations de la consommation énergétique et de l'impact environnemental sont encore possibles.

Le contexte ferroviaire français

Les différents secteurs du transport ferroviaire sont considérés ici, les trains de grandes lignes ainsi que les transports urbains et périurbains : trains de banlieue, métros, tramways. En France, les trains circulent sur environ 32000 km de voies ferrées dont 15000 km sont des lignes électrifiées, avec principalement deux types d'alimentations, courant continu 1500 V sur 6000 km et courant alternatif 25000 V – 50 Hz sur 9000 km. Les lignes électrifiées assurent 85% à 90% du trafic. La traction diesel prend le relai en dehors des lignes électrifiées pour la part restante assez faible du trafic. Le métro, majoritairement en région parisienne, mais aussi dans les grandes villes comme Lille, Lyon, Marseille, Rennes, Toulouse, … et le tramway totalisent respectivement 370 km et 650 km de voies environ. La consommation énergétique du trafic ferroviaire tracté représente 8,2 TWh (1 TWh = 1012 Wh) ce qui le place au troisième rang des consommateurs nationaux d'énergie et représente un coût de l'ordre de 500 millions d'euros. Le tableau de la figure 1 précise les parts de mobilité assurées par les différents modes de transport.

<table>
<tr><th colspan="5">Mobilité à longue distance – Part des modes de transport</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Voiture</td><td>Train</td><td>Avion</td></tr>
<tr><td colspan="2">Voyages pour motifs personnels</td><td colspan="2">71,9 %</td><td>14,5 %</td><td>8,7 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">Voyages pour motifs professionnels</td><td colspan="2">46,1 %</td><td>34,9 %</td><td>12,3 %</td></tr>
<tr><td colspan="5">Transports urbains et de banlieue (2013 – en milliards de voyageurs.km)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ile de France</td><td colspan="2">Province</td></tr>
<tr><td>RER - train</td><td>métro</td><td>tramway</td><td>TER</td><td>métro</td></tr>
<tr><td>17,1</td><td>7,6</td><td>0,6</td><td>14,0</td><td>2,5</td></tr>
<tr><td colspan="5">Transport de marchandises (2014 – en milliards de tonnes.km)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Transport ferroviaire</td><td colspan="3">Transport routier</td></tr>
<tr><td colspan="2">32,2</td><td colspan="3">288,5</td></tr>
</table>

Figure 1 : Parts de mobilité assurées part les différents modes de transport
Source : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie

La mobilité des personnes à longue distance pour motifs personnels est largement dominée par l'utilisation de la voiture. Pour motifs professionnels, l'utilisation de la voiture est plus faible au profit du train et du transport aérien. La part du transport ferroviaire de marchandises reste très faible par rapport à celle du transport routier (10 % environ).

Développement durable

Rappelons que l'émission d'une tonne de CO2 est équivalente à celle due au chauffage au gaz d'un logement de 60 m2 pendant 1,5 année ou à celle d'un parcours en voiture de 4000 km. En France, le secteur des transports est la source

de 36 % des émissions totales de CO2. La part de la consommation énergétique du transport ferroviaire est estimée à 2,8 %, à comparer aux 10 % de passagers véhiculés. Cette faible consommation énergétique par passager se traduit évidemment par de faibles émissions de CO2 comme le montre la figure 2 (les émissions sont exprimées en g de CO2 par passager parcourant 1 km).

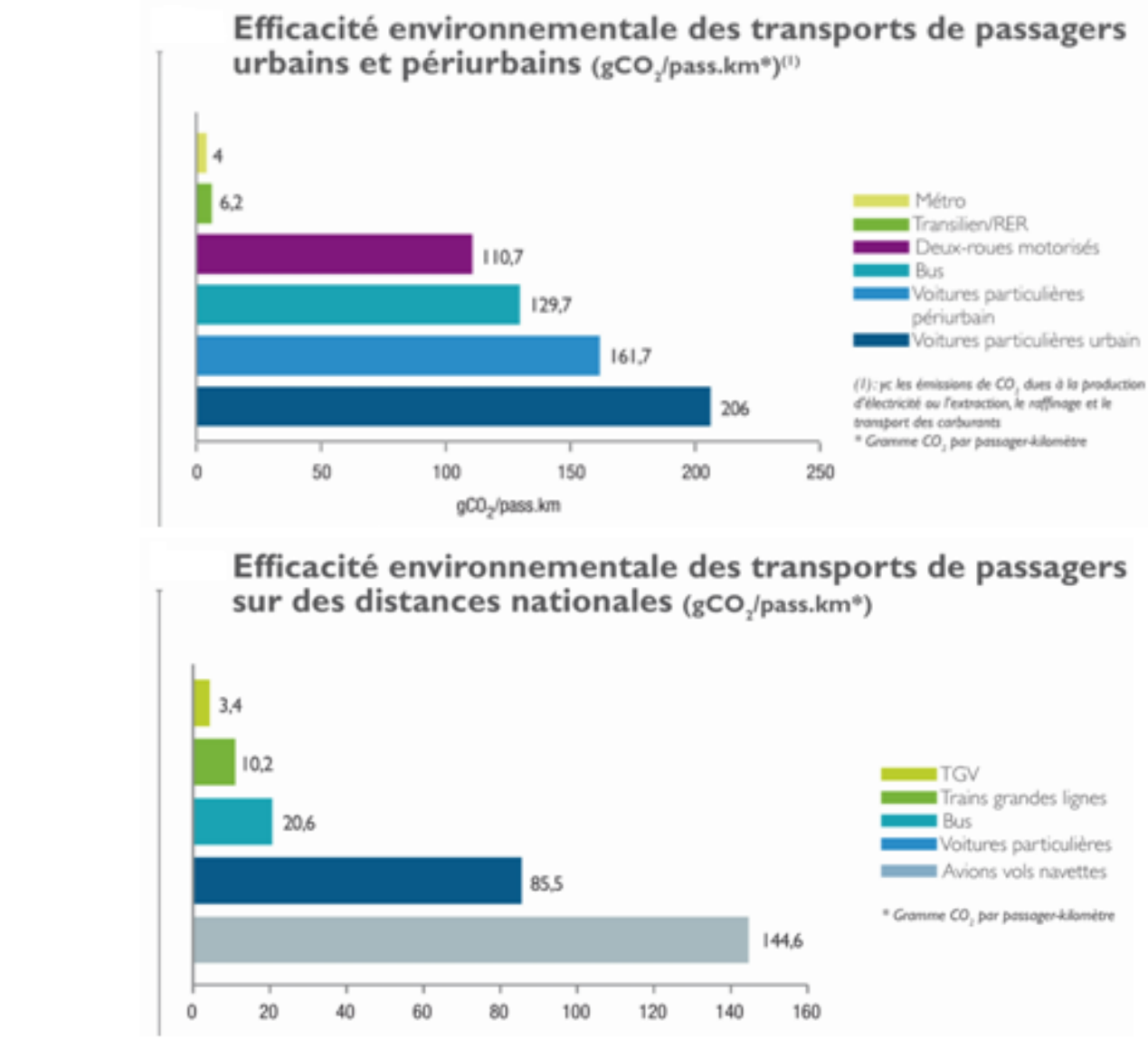

Figure 2 : Emissions spécifiques de CO2 par mode de transport
Source : Climat, air et énergie - Ademe - Édition 2014

Le développement durable est devenu une préoccupation majeure des opérateurs du secteur ferroviaire, ce qui les a amenés à définir des priorités dans leur stratégie. En particulier, pour SNCF réseau, il s'agit d'assurer un réseau sûr et de qualité, d'assurer un accès équilibré aux différents territoires, d'avoir un ancrage territorial et aussi d'offrir l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite (voir SNCF Réseau Mobilité durable des biens et des personnes). Evidemment, tout ceci doit se faire dans le respect des contraintes environnementales : réduction du bruit des transports ferroviaires, impact hydrologique le plus faible possible, respect de la diversité des écosystèmes.

Des progrès sont encore possibles dans le transport ferroviaire

Sans chercher à être exhaustif, nous donnons trois exemples de pistes de progrès applicables au transport ferroviaire en vue de la réduction des consommations énergétiques, et donc des émissions de CO2.

Récupération de l'énergie de freinage

La récupération de l'énergie de freinage est appliquée depuis de nombreuses années. L'énergie à dissiper durant le freinage est convertie en énergie électrique injectée sur le réseau d'alimentation. D'autres solutions de stockage de l'énergie électrique sont envisageables (batteries, super-condensateurs). Pour illustrer l'importance de l'énergie dissipée

au freinage, dans le cas du freinage d'urgence d'un TGV par exemple, chaque essieu porteur étant équipé de 4 disques, dont la masse unitaire est de l'ordre de 80 kg, la température des disques passe de la température ambiante à plus de 400°C en 90 s environ, ce qui est une durée très courte et implique une pointe de puissance extrêmement importante de l'ordre de 300 kW par disque. Dans le cas des transports urbains, les contraintes sont aussi sévères du fait de la répétitivité des phases de freinage. Il est clair qu'il est pratiquement impossible de récupérer l'énergie de freinage si les pointes de puissance sont trop importantes et qu'une récupération efficace implique l'adoption d'un style de conduite suffisamment souple évitant les freinages puissants.

Chaîne de traction bi-mode

La traction bi-mode, qui se développe beaucoup actuellement, consiste soit à utiliser directement l'énergie électrique distribuée par la caténaire pour alimenter les moteurs électriques entraînant les roues, soit produire l'énergie électrique par le biais d'un moteur diesel entraînant une génératrice (figure 3). L'énergie électrique est alors produite dans le véhicule.

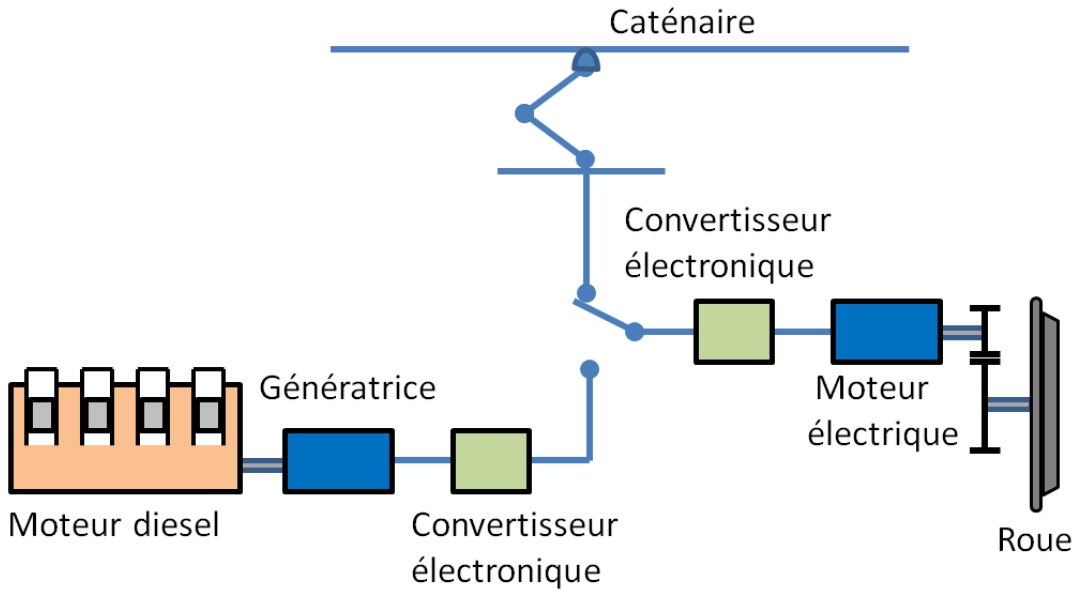

Figure 3 : Chaîne de traction bi-mode

Les avantages d'une chaîne de traction bi-mode sont de permettre la circulation autonome d'un même véhicule sur une ligne électrifiée ou non en utilisant la meilleure source d'énergie en fonction des conditions du trafic, d'assurer un certain lissage de la consommation électrique, en particulier lorsque les lignes sont surchargées.

Régulation du système de chauffage – climatisation

Le chauffage et la climatisation des salles passagers (figure 4) comportent généralement une ou deux unités de conditionnement d'air dont la puissance varie de 7 à 25 kW en chauffage et de 15 à 40 kW en refroidissement. Des économies d'énergie relativement importantes sont possibles en adaptant au taux d'occupation le débit d'air neuf introduit dans la salle, débit qui est nécessaire pour des raisons sanitaires, ou en utilisant des procédés régénératifs. Par exemple, en hiver, l'air neuf froid peut être réchauffé dans un échangeur de chaleur par l'air extrait préalablement réchauffé à l'intérieur du véhicule. Des estimations montrent que des économies d'énergie de l'ordre de 8 – 9 % peuvent être atteintes grâce à ce type d'amélioration.

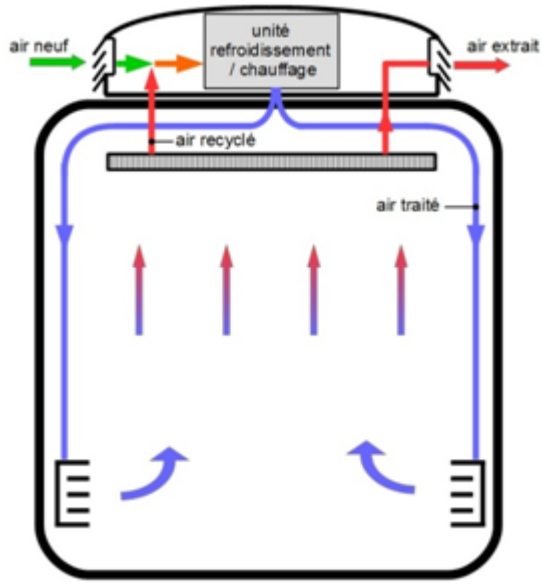

Figure 4 : Climatisation ferroviaire – Circulation de l'air

En conclusion, le transport ferroviaire dont le potentiel de développement est encore important, en particulier pour le transport du fret, s'avère économe du point de vue énergétique avec une consommation énergétique deux à trois fois moindre que celle du transport routier. Cette faible consommation a pour conséquence des émissions limitées de gaz à effet de serre contribuant au réchauffement climatique.

Auteur :
Bernard Desmet
Chargé de mission « transport »
Ensiame (École nationale supérieure d'ingénieurs en informatique automatique mécanique énergétique et électronique)
Université de Valenciennes