



Alstom, comme le gouvernement français, mise sur l'hydrogène pour le futur ; des tests sont attendus avec le Régionalis dès 2020.

## De nouvelles énergies pour le train

Le verdissement du parc ferroviaire est inéluctable et s'accélère. Pour y parvenir, l'électrification des lignes ayant quasiment atteint ses limites, pour des raisons de rentabilité, on s'oriente vers des trains à traction électrique autonome. Divers systèmes sont actuellement à l'étude dont certains déjà en phase d'essai.

TEXTE ET PHOTOS DE **MARC CARÉMANTRANT**

C'est dans l'air du temps. Il faut produire une énergie verte pour tenter de sauver la planète. Selon l'Ademe, en France, les activités de transport sont responsables de 40 % des émissions de CO<sub>2</sub> et de 29 % des émissions de gaz à effet de serre (GES). Et ce rejet a augmenté entre 1990 et 2013 pour les transports, alors qu'il a globalement baissé de 11 % dans la même période. Le transport routier est responsable de 95 % des GES ; 0,3 % pour le fer, 2,7 % pour l'aérien et 1,7 pour le maritime.

Le 22 novembre, le député Benoît Simian a remis au gouvernement un rapport sur le verdissement du parc ferroviaire, un enjeu important dans le monde des transports même si ce secteur est déjà bien plus propre que les modes aérien et routier. Prenant les devants, le président de la SNCF, Guillaume Pepy, a même annoncé le 16 novembre que la fin des diesels à la SNCF était avancée à 2035.

Dans le domaine ferroviaire français, la situation est la suivante : 20 % des circulations sont en mode diesel, 43 % des lignes

ne sont pas électrifiées, 25 % du matériel roulant est diesel. Sur ce dernier point, le rapport indique que 1000 TER sont bimodes ou diesels, que 450 d'entre eux sont à renouveler d'ici 2028-2030 et le reste dans les 10 ans qui suivent. Compte tenu de la durée de vie assez longue de ce type de matériel (30 à 40 ans), le rapporteur préconise d'anticiper les conditions du renouvellement. On pourrait reprocher à ce rapport d'occulter totalement le cas des locomotives. Certes, celles dédiées aujourd'hui à la traction des TER

vont disparaître à brève échéance du fait de l'arrivée des nouveaux matériels automoteurs. Mais il demeure l'immense majorité de celles utilisées pour les trains de fret.

Deux options s'offrent pour l'opération de verdissement : l'électrification des lignes ou la motorisation verte. Dans le premier cas, l'option se heurte très concrètement au coût d'un tel chantier : de 0,35 à 1,5 million d'euros par kilomètre de voie. Elle semble donc réservée aux lignes à fort potentiel. Et globalement, elles sont



Ces AGC diesels X 76673/74 et 76713/14, du TER Franche-Comté, arrivent de Dijon à Besançon sous caténaire (27 septembre 2017) ; Bombardier base sa politique future sur le remplacement de moteurs diesels par des batteries.

déjà faites. Il ne reste que quelques niches comme Gretz-Armainvilliers à Provins et Troyes, Gisors à Serqueux, Amiens - Abbeville - Rang-du-Fliers et peut-être Nevers - Chagny. Sans oublier qu'en ce qui concerne le trafic voyageurs l'arrivée de rames modernes bimodes a considérablement modifié l'équation économique. C'est le cas du projet de modernisation de la liaison entre Aix-en-Provence et Marseille ou du triangle Niort - Saintes - Angoulême - Royan.

Pour la motorisation verte et autonome (le mobile transporte sa réserve de « carburant »), il y a actuellement quatre possibilités : le biocarburant à la place du gazole ou mélangé avec celui-ci, le gaz naturel (méthane), la batterie électrochimique ou la pile à combustible pour l'hydrogène. Les deux premières n'ont pas à ce jour donné lieu à des études pour le ferroviaire et ce ne sont pas des solutions à zéro émission de GES. Le rapport Simian préconise sans

ambiguïté de se lancer dans l'hydrogène et le gouvernement a suivi cette recommandation. Cela fait suite au plan hydrogène présenté en juin par Nicolas Hulot alors ministre. Et pourtant, toutes les questions sur cette option n'ont pas encore de réponses. Le point positif, très clairement mis en avant par le rapporteur, est

l'avancée technologique du constructeur national Alstom. Ce dernier mise très fortement sur cette technologie. Son Coradia iLint à hydrogène circule avec des voyageurs depuis le 17 septembre sur la ligne de Basse-Saxe reliant Cuxhaven à Buxtehude exploitée par Elbe-Weser. 14 rames ont été commandées pour 81 millions

d'euros. Une station mobile temporaire est installée en gare de Bremervörde. L'hydrogène est stocké dans des réservoirs en toiture. La transformation de l'hydrogène et de l'oxygène en électricité se réalise dans une pile à combustible. Des batteries lithium-ion stockent l'énergie du freinage et la restituent dans la phase d'accélération.

Pour développer ce train en France, Alstom a lancé un appel aux régions pour qu'une flotte de 25 à 50 trains soit testée en conditions réelles d'ici une dizaine d'années. Il s'agirait d'une nouvelle version du Régiolis (bimode électrique-hydrogène) dont le marché est toujours ouvert. Les régions sont favorables à ce projet et plusieurs pourraient décider de participer à l'expérimentation. Elles ont même identifié un certain nombre de lignes à proposer comme Le Puy - Saint-Étienne, Laroche-Migennes - Auxerre, Tours - Chinon, Bordeaux vers Sarlat, Le Verdon ou Limoges. Le

### État du parc diesel ou bimode

En matériel TER, on compte 603 engins exclusivement en mode diesel : 104 X TER 72500, 336 A TER 73500/900 et 163 AGC X 76500. Les premiers X TER ont été construits en 1997, ATER en 1999 et AGC en 2004. En fonctionnement bimode, il y a 325 AGC (185 B 81500 et 140 B 8500) et 202 Régiolis (43 B 83500, 110 B 84500, 39 B 85000 et 10 B 85900). La génération AGC date de 2004, celle des Régiolis de 2014. Du côté des locomotives, le parc atteint encore 860 exemplaires dont 304 des années 1956-1971 (BB 63500, 64600, 64700, 66000, 69000, 69400), 187 des années 1963-1975 (BB 67200, 67300, 67400) et 369 des années 2007-2012 (BB 60000, 75000, 75300 et 75400).

À cet effectif, il conviendrait d'ajouter les locomotives diesels utilisées par les entreprises privées du trafic fret. Certains engins, comme les Class 66, ont déjà 20 ans.

M. C.

28 novembre, la région Occitanie a annoncé son intention de commander trois rames de ce type pour test sur Montréjeau - Luchon. La production de l'hydrogène coûte encore chère. Dite grise ou verte pour une neutralité carbone, elle est issue de l'électrolyse de l'eau à partir d'électricité partiellement ou totalement décarbonnée. Les stations de production doivent donc être mutualisées avec d'autres modes (bus, taxis...). Des recherches sont également à lancer sur les piles à combustible pour leur garantir une durée de vie compatible avec du matériel ferroviaire. De l'ordre de 45000 heures de fonctionnement contre 20 à 30 000 aujourd'hui.

Il reste aussi une zone d'ombre non négligeable sur la réglementation: l'EPSF se dit optimiste pour homologuer une rame de ce type. Il n'y a pas encore de réglementation sur l'emploi et donc le stockage de l'hydrogène comme carburant de train.

Enfin, il convient de trouver les financements. Le rapport préconise d'utiliser les CPER en réorientant les crédits prévus pour des électrifications ou régénération de caténaires vers les trains à hydrogène. Le rapporteur, député de Gironde, cite le cas de la ligne reliant Bordeaux à Soulac. Le CPER prévoit 45 millions, ce qui permettrait d'acquérir les rames à hydrogène nécessaires. L'absence de financement était déjà le point faible du plan Hulut.

Pour autant, les constructeurs, la SNCF et les régions n'abandonnent pas la motorisation par batteries. Le 17 septembre, un communiqué de presse annonçait d'ailleurs le lancement d'une première expérimentation de TER hybride en France avec Alstom, SNCF et les régions Grand-Est, Nouvelle-Aquitaine et Occitanie. Au global, ces partenaires investissent 16,6 millions d'euros. Une rame Régiolis B 83500 sera sortie du parc de l'Occitanie pour ce test. Deux des quatre moteurs diesels



De haut en bas : la BB 69420, avec des filtres à particules, au dépôt de Villeneuve (28 novembre 2007) ; un essai resté isolé et sans suite à ce jour, l'autorail X 73809 du TER Poitou-Charentes est équipé de panneaux photovoltaïques en toiture ; vu ici au départ de La Rochelle pour Rochefort avec l'X 73810 (12 août 2015).

MAN seront remplacés par des batteries lithium-ion de grande capacité. La société Forsee Power a été choisie par Alstom pour le caractère recyclable des batteries, qui sont produites dans l'usine de Chasseneuil-du-Poitou. Les systèmes seront livrés fin 2019 pour essais sur le réseau dès 2020 et

déploiement de série en 2022. Les batteries, utilisées essentiellement pendant les phases d'accélération, seront rechargées lors du freinage. L'objectif est une réduction de 20 % de la consommation d'énergie et de l'émission des GES. C'est la seule solution viable à court terme pour de tels gains, selon la

SNCF qui attend aussi des gains sur la maintenance avec la réduction du nombre de moteurs diesels.

Frileux sur la filière hydrogène qu'il n'estime pas encore mûre, le constructeur Bombardier mise lui aussi sur la batterie. L'idée est de supprimer les moteurs diesels en



*De haut en bas : les nouvelles rames Coradia d'Intercités, version bimode, ont remplacé d'anciennes locomotives ou des automoteurs tous diesels ; ici, la rame IC 09 sur un Paris - Belfort à Verneuil-l'Étang (15 février 2017) ; les solutions seront plus tardives pour les locomotives affectées aux trains de fret ; ici, la locomotive 66.214 ECR à Savigny-le-Temple (10 septembre 2010).*

les remplaçant par des batteries en profitant des récentes évolutions concernant le poids, la capacité et les temps de recharge. En ligne de mire, la nécessaire opération mi-vie d'ici quelques années de l'important parc des AGC (325 bimodes et 163 diesels). Le constructeur estime qu'il sera

difficile de modifier la génération précédente (X TER et ATER) à un coût intéressant. Car l'AGC a un atout : sa chaîne de traction qui comporte un convertisseur pour la charge et décharge. Les 18 t de batteries prendraient la place des moteurs diesels et de leurs réservoirs.

Les études seront à faire au cas par cas, ligne par ligne, car il faut déterminer des points de « bibe-ronnage » pour recharger rapidement les batteries lors des arrêts commerciaux, voire des zones à électrifier pour épauler les batteries (rampes par exemple). Bombardier a produit deux prototypes

dont une rame Talent 3 présentée à Innotrans. Elle sera mise en service en 2019 sur une ligne allemande de Bade-Wurtemberg. L'autonomie serait de 40 km à la vitesse maximale de 140 km/h avant de passer à 100 km avec une nouvelle génération de batterie.

Pour les locomotives, les constructeurs ont depuis quelques années des produits hybrides dans leur catalogue, notamment batteries et caténaire. Pour le moment, en France, il ne se passe rien de concret pour améliorer la baisse de consommation et de GES. Seule l'entreprise VFLI, filiale de SNCF, a récemment passé commande d'une locomotive Eurodual bimode à Stadler. Elle devait être opérationnelle début 2019. C'est un premier pas intéressant avec une locomotive bicourant et diesel qui permettra de supprimer les parcours en traction diesel sous caténaire.

Pour le reste, la SNCF pense que le changement viendra d'abord pour les manœuvres, dans les ports par exemple. Pour les trains de voyageurs, l'extinction viendra d'elle-même avec l'arrivée des automoteurs. Pour les autres, rien n'est acté pour le moment. ●