

L'interopérabilité: mythe ou réalité?



© Alcatel TAS

■ Jean-François DANCRE

Si l'idée même d'interopérabilité dans le secteur ferroviaire ne date pas d'hier, elle n'avait été le plus souvent mise en pratique que de façon limitée, avec des engins bicourant (les engins tricourant ou mieux étant déjà beaucoup moins fréquents) équipés pour deux ou trois systèmes de signalisation au mieux et capables dans le meilleur des cas de franchir une ou deux frontières.

LES obstacles hérités de l'histoire n'ont jamais manqué. L'écartement des voies a beau être le même presque partout (seule la péninsule ibérique fait exception), l'Europe utilise pas moins de cinq tensions d'alimentation électrique et chaque pays possède au moins un système de signalisation qui lui est propre (citons pour la France le KVB et ses variantes, et la TVM et ses variantes). Surtout, chacun des grands réseaux avait développé sa propre culture et sa propre vision du chemin de fer. Les uns ne juraient par exemple que par les circuits de voie quand les autres s'accommodaient bien mieux des compteurs d'essieux. Et il est longtemps resté exceptionnel que l'on admette volontiers chez soi un matériel venu d'ailleurs où les exigences n'étaient par définition jamais les bonnes...

La première série de locomotives vraiment "européennes", les célèbres CC 40100 des années 1960, n'a d'ailleurs jamais réellement réussi à s'affranchir des barrières nationales. Quadricourant, elles devaient pouvoir remorquer les TEE de France jusqu'aux Pays-Bas, en Autriche, en Italie... mais ne se sont, en fait, jamais écartées de l'axe Paris-Bruxelles.

Il y a dix ans, l'Union européenne a vu dans ERTMS le moyen de mettre enfin en pratique, sur le réseau ferroviaire, son grand principe fondateur de libre circulation des personnes et des biens. Techniquement bien différent des solutions existantes et appelé à les supplanter un jour, ERTMS deviendrait donc le système unique à l'échelle européenne, facilitant au fur et à mesure de son déploiement les circulations transnationales. Car s'il est devenu possible de construire des locomotives "électriquement universelles" (quadri-

courant au moins), l'intégration à bord d'une vingtaine de lecteurs et de décodeurs de signalisation différents reste tout à fait impensable.

Dans ses déclinaisons techniquement réalistes aujourd'hui, les niveaux dits 1 et 2, ERTMS apporte en fait peu d'améliorations fonctionnelles par rapport aux solutions comparables déjà en service (protection ponctuelle des signaux, contrôle de vitesse continu). L'interopérabilité promise à terme est ainsi son grand avantage, au point qu'ERTMS en est devenu une sorte d'emblème. En voulant favoriser l'interopérabilité, l'Union européenne promet donc prioritairement ERTMS. Et lorsqu'un réseau déploie ERTMS, c'est essentiellement avec une considération d'interopérabilité en tête.

Le déploiement actuel

Grâce notamment à cette implication de l'UE qui s'est traduite par des subventions pour l'installation de l'ERTMS côté infrastructures, le système a déjà reçu un nombre significatif d'applications depuis les premiers projets "pilotes" en 2000-2001. La première installation commerciale a concerné l'axe transfrontalier Vienne-Budapest, équipé dès 2001 en niveau 1 par Alcatel TAS (Autriche). Les premiers déploiements du niveau 2 ont eu lieu dans la foulée, en 2002.

Depuis, en devant parfois surmonter d'importantes difficultés, ERTMS a aussi essaimé en Suisse (ligne à grande vitesse Mattstetten-Rothrist, où la mise en service a été différée mais où des rafales de circulations d'essai ERTMS ont désormais lieu chaque nuit), en Espagne, en Italie, au Luxembourg (où le réseau entier a été équipé du niveau 1 en superposition de la signalisation existante)... et bientôt en

France, où Ansaldo Signal/CSEE équipe la LGV Est Européenne. Selon la tendance qui se dégage, l'équipement des lignes (y compris les contrats en cours) se partage à peu près équitablement entre niveau 1 et niveau 2. Le total représente déjà environ 10 000 km de voie simple et environ 1 600 engins moteurs (dont les trois quarts peuvent circuler en niveau 1 et en niveau 2).

Dans cette première phase, pourtant, les "lignes ERTMS" forment encore des enclaves isolées l'une de l'autre. L'interopérabilité au plan technique (compatibilité de sous-systèmes, par exemple un "sol" et un "bord", produits par différents constructeurs) est enfin devenue une réalité au cours des deux dernières années, avec des collaborations entre deux ou trois industriels sur la plupart des projets. Cependant, l'idée n'en est encore qu'à ses débuts. Les matériels restent équipés pour une ligne (et inversement) et leur compatibilité "universelle", c'est-à-dire leur capacité à circuler dans les conditions nominales sur l'ensemble des lignes équipées de l'ERTMS aujourd'hui, resterait à démontrer. D'autre part, le passage d'une frontière s'accompagnant habituellement d'une transition entre installations GSM-R différentes, les applications trans-nationales privilégient pour l'instant le niveau 1 (moins difficile à mettre en œuvre que le niveau 2, justement parce qu'il utilise une transmission ponctuelle et non pas le GSM-R). Enfin, les contrats passés jusqu'ici ont toujours porté sur une ligne entière, même pour les coopérations transfrontalières. Jusqu'à la mise en service de la LGV belgo-néerlandaise l'an prochain, il n'y a pas encore "d'interconnexion" entre sections ERTMS équipées par des industriels différents.

Surtout, tant que les lignes ne forment



pas un réseau cohérent, ERTMS reste un système supplémentaire à intégrer qui ne permet pas encore de s'affranchir des systèmes de signalisation nationaux. L'interopérabilité se présente donc encore comme une juxtaposition avec l'existant, tant sur le matériel (pour s'aventurer hors des lignes ERTMS) que sur l'infrastructure (pour accueillir également des trains non équipés). Il en résulte des complications techniques et des surcoûts. Comment peut alors s'envisager l'étape suivante vers l'interopérabilité "totale", celle promise par les spécifications et nécessaire à la constitution des réseaux de transport européens (RTE-T)?

La vision système

Pour les industriels et les exploitants, l'interopérabilité se traduit en cahiers des charges essentiellement fonctionnels, baptisés Spécifications Techniques d'Interopérabilité ou STI (voir page 18) auxquels chaque composant du système ERTMS entier doit se conformer. De cette façon, le déploiement peut s'effectuer à des rythmes différents suivant les pays, en faisant appel à des industriels différents, sans interdire les améliorations techniques ni contrarier l'objectif premier de compatibilité totale.

Cette vision a eu des avantages, en premier lieu celui de créer une émulation (ou une concurrence, selon le point de vue...) et d'ouvrir des possibilités à la fois aux réseaux et aux industriels. Les grands réseaux ne sont plus protégés (ou rendus dépendants) par une solution technique qu'ils avaient souvent mise au point eux-mêmes et produite ensuite par un petit nombre d'industriels avec lesquels les relations étaient privilégiées.

Cependant, ce découpage en sous-systèmes risque de faire perdre la vision d'ensemble. Paradoxalement, il existe des interlocuteurs chapeautant la promotion et la normalisation de l'ERTMS (l'Union européenne, l'ERA) mais le principe des appels d'offres et la séparation de plus en plus fréquente entre infrastructure et exploitation fait qu'il n'y a plus toujours, sur le terrain, d'intervenant chapeautant le déploiement complet sur une ligne.

Or, le découpage en sous-systèmes multiplie justement les interfaces – des zones potentiellement critiques – entre les industriels et entre les maîtres d'ouvrage. Pour garantir l'interopérabilité la plus large possible (n'importe quel "sol" avec n'importe quel "bord"), il faudra sans doute aller plus loin qu'une simple conformité de chaque sous-système à sa STI. Cela assure que chaque élément isolé fonctionne et peut à peu près dialoguer avec les autres... mais sans assurer qu'il n'y aura pas, quelque part, une incompatibilité entre tel engin et telle infrastructure (un peu à la manière d'un téléphone portable et d'un

poste de radio dont le fonctionnement est garanti isolément mais qui peuvent se perturber l'un l'autre).

L'interopérabilité "large" suppose donc que l'on restaure cette vision globale, avec des spécifications et des essais qui concernent systématiquement aussi le niveau supérieur, c'est-à-dire le système entier. Tel "sol" serait donc à valider en regard des N types de mobiles existants et tel "bord", à valider sur les N infrastructures équipées.

C'est dans ce but qu'Eurailtest et le Centre d'Essais Ferroviaire de Valenciennes mettent en commun leurs moyens d'essais pour réaliser une plate-forme d'essais ERTMS permettant de tester un matériel ou une infrastructure dans les "vraies" conditions d'interopérabilité, c'est-à-dire non pas avec des outils de laboratoire ou de simulation mais de vrais outils certifiés: l'automoteur ERTMS X 1501/2 du Laboratoire d'Essais Electriques (IG.LE) de l'ingénierie SNCF, un Eurocab à bord, un RBC (l'équivalent du poste d'aiguillage géant les autorisations de circulation au sol) et une installation GSM-R réelle. Pourra ainsi être testée n'importe quelle combinaison de matériel donné sur une infrastructure donnée. Cette plate-forme bénéficiera de l'expérience accumulée pour la mise en service de la LGV Est Européenne, à laquelle elle va servir les premiers mois.



Schéma de principe du niveau 2 ERTMS

Sacrifié sur l'autel de l'interopérabilité

L'interopérabilité, paradoxalement, n'a pas que des avantages. Sa mise en œuvre suppose également quelques concessions. D'abord, les acteurs doivent nécessairement accomplir une démarche positive en s'affranchissant de tout préjugé. Cela suppose d'accepter une remise en cause d'héritages du passé, érigés au rang de "meilleures pratiques" en partie par habitude.

L'interopérabilité suppose également une transparence totale, ce qui ne va évidemment pas sans réticences. Par exemple, il ne suffit pas de valider une modification d'un équipement dans son propre environnement. Rien ne garantit qu'une mise à jour logicielle, ne concernant théoriquement qu'un système de signalisation ou un pays, n'aura aucune influence chez les autres! Les "partenaires" d'une exploitation en commun

doivent donc avoir un droit de regard les uns chez les autres, ce qui met vite les susceptibilités à rude épreuve...

Enfin, l'objectif d'interopérabilité suppose par définition que l'on accepte quelques risques. L'évolution du secteur ferroviaire, avec une multiplication d'acteurs plus petits dont les rapports sont régis par contrats, entraîne une aversion forte au risque (source de pénalités financières) et une recherche de garanties à tout prix. On fera donc volontiers aveuglément confiance à un certificat de conformité plutôt que d'autoriser des essais sur son propre réseau. Les risques de perturbation ont beau être faibles, personne ne saura garantir qu'ils sont nuls!

C'est donc d'un changement culturel qu'il est question, comparable à celui qui a été nécessaire pour mettre en œuvre le libre accès aux réseaux ferroviaires ou pour accepter l'apparition de petits concurrents privés venant bousculer les habitudes des grands réseaux. L'interopérabilité en dépend d'ailleurs directement. Son objectif n'était-il pas de permettre à chaque exploitant de circuler librement partout?

L'interopérabilité totale vaut-elle le coût?

L'un des griefs souvent faits à ERTMS (et qui déteint volontiers sur la notion d'interopérabilité) concerne son coût, jugé excessif et pointé du doigt comme premier obstacle à son déploiement rapide.

Alfred Veider, qui a mené l'équipement de la ligne Vienne-Budapest chez Alcatel TAS (Autriche), considère que c'est un mauvais procès: «Le coût d'une installation du niveau 1 superposé à l'existant dépend évidemment des spécifications exactes mais on peut le situer à environ 25 000 € du kilomètre, ce qui est tout à fait compétitif avec un système de signalisation classique. Ensuite, avec le niveau 2, on arrive évidemment à des montants supérieurs.

On entend souvent citer des ordres de grandeurs de 200 000 € du kilomètre mais il faut savoir que ETCS proprement dit ne compte que pour environ un quart. Le reste correspond à la modernisation des postes d'aiguillage opérée simultanément et imputée sur le même budget. Un RBC n'est en effet pas connectable aux vieux postes d'aiguillage mécaniques qui sont encore nombreux à travers l'Europe».

Pour le matériel roulant aussi, l'interopérabilité est réputée coûter cher. Il faut dire que, pour que les locomotives soient réputées "universelles" auprès des exploitants, leurs fabricants demandent volontiers à les valider pour «tout trafic sur toutes les lignes», ce qui impose inévitablement des essais longs et coûteux sur tous les points singuliers d'un réseau... Même là où les engins ont objectivement peu de chances de rouler.





**400 spécialistes prêts à intervenir
suivant vos besoins pour la réussite
de vos essais, de l'analyse élémentaire
à la validation d'un système !**

test

Ingénierie

Mesure

conseil

eurailTest, partenaire de vos essais :
matériel roulant, infrastructure, environnement
ferroviaire dans les domaines :
grande vitesse, urbain, fret, voyageurs...

<http://www.eurailtest.com>

La locomotive universelle et l'interopérabilité totale sont-elles alors des solutions d'avenir? A moyen terme, rien n'est moins sûr. Le besoin économique de locomotives capables de tracter tous les trains partout en Europe n'est d'ailleurs pas évident.

Un bon compromis, susceptible de développer plus rapidement les échanges transfrontaliers, serait de miser sur une interopérabilité limitée. Dès lors que le réseau RTE-T est entièrement opérationnel, les locomotives peuvent se contenter d'être équipées de l'ERTMS et de leur système national. Ce qui conduit à des équipements "bord" évidemment beaucoup plus simples et moins coûteux. De cette façon, chaque locomotive peut emmener un train de n'importe quel point sur son territoire national, via le corridor, jusqu'à un point d'échange à l'étranger. Le train est alors repris par une locomotive étrangère, elle aussi équipée de l'ERTMS et de son propre système national.

L'interopérabilité totale, celle qui ménagerait toutes les compatibilités ascendantes, reste donc encore à venir. Dans l'immédiat, le seul matériel qui s'en approche vraiment serait le TGV PBKA (quadricourant, sept équipements de sécurité auxquels il faudrait encore ajouter ETCS) qui répond à un besoin spécifique mais dont le coût et la complexité technique ne sont pas un mystère. Pour autant, c'est aussi un cas d'école où l'ERTMS, s'il était généralisé, serait finalement facteur d'économies énormes. Il faudra sans doute, comme pour l'automatisation des métros (voir LR n°123), attendre au moins une génération et le renouvellement de la plupart des équipements existants pour y arriver.

Interopérabilité technique, interopérabilité "d'exploitation"

Jusqu'ici, l'interopérabilité a essentiellement concerné l'aspect technique, c'est-à-dire la capacité physique d'un train donné à circuler dans plusieurs environnements différents (signalisation, alimentation électrique).

Entrent également en compte des particularités d'exploitation qui peuvent influencer la conception du train (le pupitre de conduite doit être central pour s'adapter à la circulation à gauche et à droite), ou concerner directement l'ERTMS. Les normes retenues pour les courbes de freinage, par exemple, diffèrent beaucoup d'un bout à l'autre de l'Europe et il est à peu près impossible de mettre tout le monde d'accord. Elles dépendent en effet des caractéristiques du block (longueur des cantons) déjà en place.

La version 2.2 d'ETCS gère l'essentiel de l'interopérabilité "technique". Les quelques manques qui subsistaient ont été comblés par la dernière version 2.3.0, qui a fait l'objet d'une nouvelle STI au dernier trimestre 2005 et qui est désormais retenue dans les nouveaux contrats d'équipement. La version 2.3.0 intègre aussi nombre de changements

demandés par les réseaux et fournit pour la première fois un moyen rustique de gérer aussi l'interopérabilité "d'exploitation", en prenant en compte des données différentes selon les pays. Avec la version 2.3.0, les Eurobalises, le GSM-R et les protocoles de communication définis par les STI, l'interopérabilité peut donc prendre une nouvelle dimension. La difficulté, cependant, vient de la mise à jour (de 2.2 vers 2.3.0). Elle est quasiment transparente pour le niveau 1 et l'essentiel du niveau 2 reste inchangé (interfaces, balises). Mais la seule évolution logicielle nécessaire pour gérer les nouvelles données et les quelques messages GSM-R qui ont été modifiés, impose de recommencer, sur chaque installation que l'on veut faire évoluer, un processus de validation très en amont, avec des tests de non régression tant côté sol que côté bord pour confirmer que les fonctionnalités de sécurité existantes ne sont pas compromises. Il faudra aussi gérer pendant encore quelque temps une coexistence de versions différentes, ce qui ne facilite pas non plus l'interopérabilité.

L'interopérabilité, pour demain?

Malgré les multiples initiatives en sa faveur et les différentes réalisations déjà en service ou décidées en Europe, l'ERTMS n'en est qu'aux débuts de son déploiement. L'enjeu des prochaines années est d'arriver à une "masse critique", un kilométrage suffisant de lignes équipées de façon à enclencher un mouvement irréversible de migration vers l'ERTMS. Aujourd'hui, la longueur cumulée des "lignes ERTMS" représente environ 10000 km de voie simple. Alfred Veider estime que le minimum à atteindre serait de 30000 à 40000 km de voie d'ici cinq à sept ans. C'est-à-dire que les deux tiers restent encore à faire... Mais les conditions semblent aujourd'hui réunies pour que le défi soit relevé. Avec la version 2.3.0 d'ETCS, la spécification semble en effet figée (au moins du point de vue de l'interopérabilité "technique"). Plusieurs fournisseurs offrent aujourd'hui des composants ou des solutions ERTMS complètes, ce qui est un facteur de confiance pour les maîtres d'ouvrage et de baisse des prix. Les industriels multiplient aussi les références installées, ce qui consolide leur expertise et leur apporte de la crédibilité. Siemens et Nortel sont par exemple devenus incontournables pour le GSM-R, tandis qu'Alstom a bâti sa crédibilité sur son déploiement suisse et qu'Alcatel (qui a choisi d'acquiescer une expérience importante sur le niveau 1) qui compte pour environ 50% du kilométrage installé en niveau 1 et grâce à ses RBC, vise une stature de leader côté infrastructure. Les retours d'expérience des premières installations trans-frontières ou multi-industriels, après des débuts pas toujours faciles, permettront peut-être d'aff-

finer encore les STI, puis de servir de levier décisif pour l'équipement du RTE-T. Il faut d'ailleurs ajouter que l'UE, qui a pu être perçue comme un (f)acteur de blocage aux débuts de l'ERTMS, en mettant systématiquement en avant l'impératif d'interopérabilité, quitte à retarder les développements et les premières réalisations, en est aujourd'hui plutôt un moteur. L'Union européenne vient notamment de nommer Karel Vinck, coordinateur de haut niveau pour accélérer le déploiement d'ERTMS.

Surtout, le soutien fort de l'UE et ses subventions pour l'équipement "sol" aident en effet les gestionnaires d'infrastructure à être plus ambitieux. Mais après l'infrastructure – qui doit évidemment être équipée en premier – se pose le problème du matériel roulant. Trop peu d'engins sont équipés ERTMS pour l'instant, dans trop peu de pays. Des subventions européennes pour les systèmes "bord" devraient bientôt inciter les exploitants à franchir le pas à bien plus grande échelle. Ce sera sans doute le facteur déclenchant à la fois pour l'ERTMS et pour l'interopérabilité.

Le développement du libre accès fournit également de nouveaux horizons et de nouveaux projets aux exploitants, où l'interopérabilité n'est plus seulement un luxe de techniciens. Même les réseaux initialement très conservateurs semblent convertis aux mérites du fret international, telle la SNCF qui envoie aujourd'hui régulièrement ses BB36000 et BB67400 jusqu'aux ports de Belgique.

Il faudra inévitablement du temps pour gommer suffisamment les spécificités nationales, franchir les derniers obstacles techniques et voir se développer une interopérabilité européenne à grande échelle. Mais de façon inattendue, la normalisation de l'ERTMS a conduit d'autres pays, bien loin de l'Europe, à s'y intéresser aussi. Des équipements niveau 1 sont ainsi déployés ou en cours d'installation en Turquie, à Taïwan ou en Chine (où Siemens vient de choisir un ETCS niveau 1 pour le "mode dégradé" de l'exploitation de la ligne 10 du métro de Pékin). L'ERTMS devient de fait une norme mise en avant par l'UIC.

Quid du niveau 3 d'ERTMS, celui avec le block mobile qui procurerait tant d'avantages? Ici aussi, des difficultés restent à résoudre (par exemple le contrôle d'intégrité des trains et de discernement des circulations sur voies contiguës) et son déploiement n'est pas à l'ordre du jour hors de projets pilotes. Il y a d'ailleurs tant d'infrastructures utilisant une signalisation classique à cantons en Europe qu'une migration à grande échelle n'aurait encore aucun sens. Mais ici aussi, ce qui n'était qu'un rêve devient progressivement réalité.

Ce sera peut-être, d'ici une décennie, la nouvelle frontière de l'interopérabilité. ■

