

PAR FRANÇOIS LACÔTE (66)



senior vice-président  
d'Alstom Transport

## Le train des **magiciens**

Trente ans après sa première mise en service et quarante ans après les premières études, le TGV apparaît comme le fruit de réflexions et décisions parfaitement rationnelles et réfléchies, mais dont le caractère souvent si novateur lui confère une apparence d'objet magique. Rame articulée, évolution sans révolution, partenariat réussi sont les ingrédients de la potion merveilleuse. Mais c'est d'abord une aventure humaine.

### REPÈRES

Une réflexion approfondie, véritable démarche visionnaire, débouche sur des remises en cause très profondes des « fondamentaux » du système ferroviaire préexistant : infrastructure uniquement dédiée aux trains de voyageurs à grande vitesse ; abandon de la signalisation latérale traditionnelle et développement d'un système entièrement nouveau, délivrant les consignes de circulation directement dans la cabine de conduite ; choix d'une architecture originale, la rame « articulée », qui bouleverse complètement les principes d'exploitation et de maintenance des trains de voyageurs ; train de composition fixe ; commercialisation avec réservation obligatoire.

■ Projet d'une équipe d'ingénieurs, le TGV repose sur une vision commerciale très forte : offrir le temps de voyage de l'avion pour le prix du billet de train et l'offrir au plus grand nombre bien au-delà des seules zones directement situées sur l'infrastructure nouvelle, grâce à la compatibilité avec le réseau ferroviaire existant. Par quel tour de magie ?

#### La magie de la rame articulée

Un des traits essentiels, qui s'est conservé au fil des générations successives, réside dans l'architecture dite « articulée » (deux voitures adjacentes sont reliées par une articulation sphérique qui repose sur un seul et même

### Deux expérimentations

La SNCF souhaitait expérimenter deux types de train à grande vitesse, via deux prototypes. Le premier, le TGV 001, pour l'exploration de la très grande vitesse sur ligne dédiée ; le second, le TGV 002 (qui fut remplacé par une automotrice transformée), devait être un train pendulaire, à inclinaison de caisse dans les courbes. La rame articulée présentait des avantages certains de simplicité du dispositif d'inclinaison, chaque caisse étant supportée en deux points à une extrémité, et en un seul point central à l'autre extrémité, et de réduction du nombre de bogies.

bogie). Cette architecture présente l'avantage énorme de la réduction du nombre de bogies, à longueur équivalente de train, par rapport à une architecture « classique », dans laquelle chaque caisse repose sur deux bogies. La dernière génération, l'AGV d'Alstom, qui a reconduit cette architecture, ne comprend que 12 bogies, là où les trains concurrents comme l'ICE de Siemens, pour une même longueur, en nécessitent 16.



Tout projet, si complexe et technique soit-il, est d'abord une aventure humaine.

D.R.

La réduction du nombre de bogies est un facteur déterminant pour l'économie globale du train



D.R.

Un nouveau système de transport utilisant la technique roue-rail.

## Record du monde

La démonstration la plus éclatante des vertus de la rame articulée se trouve dans la campagne d'essais qui s'est conclue par le record du monde de vitesse à 575 km/h en avril 2007, établi par une rame TGV Duplex équipée des composants les plus critiques pour la grande vitesse (en particulier les bogies, pantographe et équipements électroniques de traction) des deux dernières générations de TGV : le TGV Duplex et l'AGV d'Alstom. Lors de cette campagne d'essais, 28 marches à plus de 500 km/h ont été effectuées par tous les temps, vents de travers inclus, sans difficulté particulière.

Au fil des générations, cette architecture tout à fait originale s'est conservée car elle a révélé, progressivement, des vertus insoupçonnées et déterminantes : sur le plan de la *sécurité*, elle préserve l'intégrité de la rame en cas de déraillement, comme l'ont montré trois déraillements à grande vitesse, sans aucun dommage pour les voyageurs ; pour le *confort* des voyageurs, l'éloignement des bogies par rapport aux salles est déterminant ; l'*intercirculation* entre voitures est plus facile à traiter ; en formule à *deux niveaux* (Duplex), cette architecture optimise la capacité disponible ; la *robustesse* du train en cas de vents très violents se trouve augmentée par la possibilité de chaque voiture de prendre appui, par l'ar-

ticulation et le partage du même bogie, sur les voitures adjacentes.

Le choix d'une architecture originale pour le TGV, considéré à l'époque comme une « bizarre » d'ingénieurs, voire comme un acte iconoclaste par moult détracteurs, s'est révélé d'une pertinence exceptionnelle pour la pratique des très grandes vitesses : prescience, intuition géniale, magie, qui sait ?

## Évolution sans révolution : la recette magique

Le TGV a connu quatre générations successives. Après la révolution originelle dans le concept et l'architecture du train, les ingénieurs se sont efforcés de faire évoluer le train par un dosage aussi intelligent que possible entre l'introduction de nouvelles technologies, source de progrès, de performances et d'économie, et la reconduction de solutions éprouvées, sources de fiabilité et souvent d'économies d'échelle. Un jeu à la manière de l'alpiniste qui progresse en s'assurant en permanence qu'il faut s'appuyer sur plusieurs prises solides avant d'engager la suivante. Pour la première génération, l'objectif essentiel était de réussir et donc d'assurer sécurité, fiabilité et respect des coûts prévisionnels aussi bien en construction qu'en exploitation : l'enfantement ne se fit pas sans douleur, mais tous les engagements furent tenus, pari gagné. Pour la deuxième génération, l'accent fut mis sur le progrès des performances (300 km/h au lieu de 260 km/h) et du confort du voyageur (qualité et diversité des espaces voyageurs, ►

**Comme un alpiniste, s'appuyer sur plusieurs prises solides avant d'engager la suivante**



Le TGV du record.

- suspension pneumatique, étanchéité aux ondes de pression en tunnel, etc.). Après la sécurité, la fiabilité, le confort, la troisième génération, le TGV à deux niveaux, dit TGV Duplex, apporta la capacité (510 places au lieu de 370) et l'économie d'exploitation (les 40 % de places supplémentaires sont quasi gratuites de ce point de vue).

La quatrième génération, développée à partir de 2000, a pour objet de créer une plateforme nouvelle, dédiée au réseau européen, et donc capable de « digérer » toutes les particularités des lignes classiques européennes (tensions d'alimentation et signalisation en particulier), vise une vitesse commerciale de 306 km/h, et devrait apporter une nouvelle étape de progrès dans le confort et l'économie d'exploitation, en comparaison des trains à grande vitesse des concurrents (à un niveau).

**Le partenariat étroit et confiant a permis des résultats très spectaculaires**

## Tous les secteurs industriels

Les avancées technologiques ont couvert tous les secteurs du domaine industriel : progrès constant des *modélisations*, accompagnées de l'augmentation de la puissance de calcul des ordinateurs, pour prédire toujours mieux les comportements des composants essentiels du train ; utilisation de *matériaux nouveaux* (acier à haute limite élastique, alliage léger, magnésium) ; progrès constant de l'*électronique de puissance* ; mise en œuvre des *technologies numériques* pour toutes les fonctions de régulation et de surveillance, et en particulier progrès considérables dans la gestion de l'adhérence entre la roue et le rail, en traction comme en freinage ; progrès considérables dans la *technologie des moteurs électriques de traction* (en trente ans, la puissance massique des moteurs a triplé).

## Le partenariat : la potion magique

Au commencement était la SNCF. Seul un établissement public adossé à l'État pouvait à la fois promouvoir un projet aussi structurant pour le territoire français et en supporter financièrement le développement, puis la réalisation, compte tenu à la fois des aléas (une première mondiale) et de la durée du retour sur investissement. Pour la conception du train lui-même, c'est également la SNCF qui en fixa les caractéristiques essentielles et décida de cette architecture si particulière. Elle seule pouvait s'auto-infliger un tel bouleversement dans ses méthodes d'exploitation. Ce fut également le cas pour la décision par la SNCF de lancer la troisième génération *via* un train à deux niveaux, avec salle de restauration à l'étage.



D.R.

Du TGV à l'AGV, même ADN et quarante ans de progrès de la technologie.

Le rôle de l'industriel (Alstom et ses équipementiers de premier rang) n'en fut pas moins éminent car c'est grâce à ses avancées, voire à ses innovations technologiques, qu'il fut possible d'atteindre les objectifs fixés par la SNCF et d'assurer les performances requises.

C'est très certainement ce partenariat très étroit, et confiant, dépassant très largement les habituelles relations client-fournisseur, et associant des préoccupations différentes mais complémentaires parce qu'intelligemment associées, qui a permis ces résultats tout à fait spectaculaires ; une subtile alchimie qui confinerait à la magie des relations entre hommes animés de la même passion : réussir ensemble une grande ambition, apporter au voyageur le temps de l'avion pour le prix du train en conservant au voyageur la liberté d'usage du temps de voyage que seul le train peut offrir ; apporter à la collectivité nationale un nouveau service qui combine au mieux le besoin de mobilité, le désir de rapprochement entre les hommes et la préservation de l'environnement, l'économie des ressources naturelles.


### La magie de l'aventure humaine

À l'issue de ces quarante ans de développement et de ces trente ans de réalisations, peut-on trouver la recette magique ? Contentons-nous de quelques pistes de

réflexion, et de quelques leçons tirées de cette fantastique aventure : sachons être *visionnaires*, sachons remettre en cause des pratiques même fortement ancrées dans l'histoire et la culture de l'entreprise lorsque les enjeux sont à la hauteur ; cultivons la *curiosité* et le questionnement, et ne confondons pas conviction et certitude ; restons *modestes*, et en particulier n'oublions pas la sagesse du navigateur qui se réserve toujours un « pied de pilote ». Ce n'est pas la beauté de la solution technique qui fait le succès d'un projet, c'est son *adéquation* à la problématique du marché et son économie ; la modélisation, c'est bien, sa vérification par l'*expérimentation*, c'est mieux ; l'innovation dans un projet ne doit porter que sur le *minimum indispensable* à l'atteinte des objectifs ; tout ce qui peut être reconduit doit l'être ; accepter la *contradiction*, voire l'encourager, n'implique pas de changer d'avis.

Enfin, si l'auteur peut encore se le permettre, l'idée la plus essentielle reste de considérer que tout projet, si technique et complexe soit-il, est d'abord une aventure humaine et que la clef du succès est de créer et entretenir l'enthousiasme et la passion des équipes.

La magie de ces trente années de TGV, ce fut certainement la qualité et la richesse de l'aventure humaine. ■



**Créer et  
entretenir  
l'enthousiasme  
et la passion  
des équipes**