



HAL
open science

TGV : du programme de recherche au grand projet industriel

Jean-Michel Fourniau

► **To cite this version:**

Jean-Michel Fourniau. TGV : du programme de recherche au grand projet industriel : Processus d'innovation dans l'exploitation et logiques institutionnelles. Institut d'Histoire de l'Industrie. Service public, technologie et industrie: l'ambition TGV., Rive Droite, pp.120, 1999, 978-2-84152-061-7. halshs-00574185

HAL Id: halshs-00574185

<https://shs.hal.science/halshs-00574185>

Submitted on 7 Mar 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DU PROGRAMME DE RECHERCHE AU GRAND PROJET INDUSTRIEL PROCESSUS D'INNOVATION DANS L'EXPLOITATION ET LOGIQUES INSTITUTIONNELLES

Jean-Michel FOURNIAU

Chargé de recherche à l'Institut national de
recherches sur les transports et leur sécurité
(INRETS-DEST)

Département Économie et Sociologie des Transports

Le premier article rendant public, fin 1966, les projets de trains à grande vitesse que vient à peine de lancer la SNCF, est signé de Pierre Sudreau qui préside alors depuis peu la Fédération des industries ferroviaires : « Mais on peut faire mieux encore [que l'augmentation de la vitesse maximale et l'amélioration du confort]. Des techniciens d'avant-garde mettent actuellement au point une formule de trains ultra-rapides utilisant l'infrastructure actuelle améliorée et susceptibles de pénétrer à grande vitesse au cœur même des agglomérations (...). *Des vitesses commerciales (et non plus maximales) de 200 km/h sont à notre portée.* À de telles moyennes le chemin de fer sera imbattable sur les petites et moyennes distances et restera compétitif sur les longs parcours (...). Vitesse élevée, confort, dépenses d'infrastructures modérées, tels sont les mots clés de l'avenir du rail. Ces objectifs étaient jusqu'à maintenant contradictoires. Ils apparaissent aujourd'hui conciliables »¹. La visée d'une « révolution ferroviaire *nécessaire, urgente et possible, techniquement et financièrement* » qu'expose Pierre Sudreau est alors très peu partagée, pas beaucoup plus dans le monde ferroviaire que dans le monde politique.

Par cette prise de position de son premier responsable, l'industrie ferroviaire est dès l'origine associée à « l'ambition TGV ». Cependant, aborder la question des rôles respectifs de la SNCF et de l'industrie ferroviaire dans la genèse puis le développement de l'innovation, suppose de serrer de plus près son cheminement. Or, les travaux d'histoire menés ces dernières années sur le TGV sont traversés de controverses sur l'interprétation à donner de cette innovation majeure, de débats sur la nature même de l'objet d'étude à constituer. L'histoire fait resurgir ici les traces longtemps refoulées des confrontations que le cheminement tumultueux d'un grand dessein occasionne entre les services et les hommes qui ont successivement porté le concept, élaboré les premiers projets puis conduit leur réalisation.

Le Colloque de l'Association pour l'histoire des chemins de fer en France en 1994 a ainsi montré que deux thèses s'affrontent concernant l'histoire du TGV². La première s'attache essentiellement à situer le TGV dans la continuité de l'histoire de l'entreprise et le présente d'abord comme l'aboutissement de la tradition d'excellence technique du monde ferroviaire (incluant l'industrie)

¹. Pierre Sudreau, « La révolution ferroviaire », *Transports* n° 117, janvier 1967, p. 19, souligné dans le texte. Ce texte est une déclaration prononcée devant l'Assemblée générale de l'Association internationale des constructeurs de matériels roulants de chemin de fer (A.I.C.M.R.) de décembre 1966.

². Voir le n° 12-13 de la *Revue d'histoire des chemins de fer*, « Les très grandes vitesses ferroviaires en France », printemps-automne 1995. Ce papier résume ou reprend des éléments développés dans cette revue (cf. mon article « Problèmes d'histoire des grandes vitesses ferroviaires », pp. 14-51) et les prolonge par la thématique du « grand projet ». Sur le conflit d'interprétation historique, lire dans la revue le papier de Georges Ribeill, « Recherche et innovation à la SNCF dans le contexte des années 1966-1975 : un bilan mitigé », pp. 71-87. Je tiens à remercier les nombreux dirigeants et ingénieurs de la SNCF qui ont accepté de s'entretenir avec moi et m'ont ainsi fourni l'essentiel de l'information utilisée ici.

que la recherche constante de la vitesse synthétise. La thèse qu'avec Georges Ribeill nous défendons souligne d'abord dans le TGV un nouveau système de transport et insiste au contraire sur la rupture dans la conception commerciale, économique et technique de l'exploitation que ce système introduit. Notre thèse met alors en avant deux moments distincts dans le processus d'innovation. Le premier est celui de l'innovation de système, entre 1966 et 1971, pendant lequel le Service de la recherche et les équipes des directions fonctionnelles de la SNCF qui sont associées au « projet C03 », inventent le système TGV comme nouveau système de transport. Le second moment est celui des choix techniques définitifs qui permettent de préparer l'appel d'offres pour la construction des rames du TGV Paris Sud-Est.

Le second débat porte alors sur la qualification de la stratégie d'innovation dont le TGV est le résultat. La thèse de l'inscription du TGV dans une histoire naturelle de la vitesse, en minorant systématiquement l'importance de la création d'un Service de la recherche à la SNCF et son rôle dans la conduite de l'innovation, fait du TGV un projet essentiellement porté par la direction du Matériel de la SNCF³. Cette approche favorise une interprétation de l'innovation en termes de « stratégie de l'arsenal », pour laquelle la SNCF, notamment par sa capacité de conception technique et son rôle de donneur d'ordres, pilote l'industrie ferroviaire, configuration identique à bien des égards à celle qui caractérise nombre des grands programmes technologiques promus par l'État pendant la période de modernisation⁴. Avec Francis Jacq nous avons au contraire cherché à distinguer l'innovation soutenue par une institution, visant à améliorer les performances du système par un progrès technique décisif, faisant l'objet de grands programmes de développement technologique financés par l'État — ce qui fut le cas de l'Aérotrain durant les années soixante, quoiqu'à une échelle modeste en comparaison de programmes comme l'Airbus — de l'innovation dans l'exploitation, tirant d'abord partie des potentialités du réseau, en en modernisant certains éléments, en rénovant les logiques d'exploitation en fonction de critères économiques et commerciaux⁵. Nous avons alors souligné le rôle du Service de la recherche dans le pilotage du « projet C03 », entreprise considérée pendant plusieurs années comme un programme de recherche, ouverte à de multiples variations de ses finalités et de ses modalités, capable d'assimiler le savoir-faire d'exploitation d'autres modes de transport, pour devenir progressivement un projet conduit dans une logique industrielle de réalisation. Au cours de cette seconde étape, le pilotage du projet TGV passe assez rapidement du Service de la recherche à la direction du Matériel, directement responsable des choix techniques, de la préparation des appels d'offre auprès de l'industrie, puis de l'organisation et du suivi de la construction.

Cette évolution débouche sur une troisième phase, industrielle. Je me propose dans ce papier de rappeler brièvement les enjeux de ces différents moments, les raisons des choix techniques réalisés

3. Cette thèse est particulièrement illustrée dans l'ouvrage de Clive Lamming, *La grande aventure du TGV*, (préface d'Hubert Curien), Larousse, 1988. C'est également celle du travail d'Alain Beltran et Jean-François Picard, « D'où viens-tu TGV ? », *Revue générale des chemins de fer* n° 8-9, août-septembre 1994.

4. Voir la contribution de Bernard Esambert dans ce même volume. La dénomination de « stratégie de l'arsenal » pour caractériser les politiques volontaristes de l'innovation initiées par l'État dans la France d'après-guerre est due à Jean-Jacques Salomon, notamment dans *Le Gaulois, le cow-boy et le samouraï*, Economica, 1986. Cette analyse s'appuie principalement sur le rôle des programmes militaires dans la structuration des politiques de la technologie. Élie Cohen emploie cette notion dans un sens plus large, descriptif d'une phase des processus d'innovation dans les grands services publics, celle qui est dominée par l'impératif d'autonomie technologique. Ces deux conceptions ont en commun de caractériser des processus d'innovation dans lesquels l'État (ou une entreprise publique) est à la fois exploitant et industriel. Si cette description, reprise par Alain Beltran et Jean-François Picard, vaut pour l'électrification du réseau ferroviaire en courant industriel, nous en contestons la pertinence pour expliquer la genèse du TGV.

5. Francis Jacq et Jean-Michel Fourniau, « Dialogues socratiques autour de la genèse du TGV », *Revue d'histoire des chemins de fer* n° 12-13, printemps-automne 1995, pp. 102-143.

dans la seconde étape. Après avoir indiqué la nature des rapports entre SNCF et industriels qui s'instaurent dans ces deux périodes, j'esquisse l'analyse du troisième moment, celui de la construction du matériel TGV. Les choix techniques faits en vue de l'appel d'offres se doublent alors d'une restructuration de la direction du Matériel et de la mise en place d'une organisation nouvelle des rapports avec les constructeurs des rames du TGV Paris Sud-Est. Je caractérise ce troisième moment de l'histoire du TGV comme étant celui où prend corps une logique de « grand projet »⁶ largement opposée à la recherche d'innovation de système qui avait prévalu dans les premières phases. La « logique équipementière » du grand projet stabilise une configuration des rapports entre l'État, la SNCF et les industriels du matériel ferroviaire. Celle-ci entérine le rôle central de la SNCF, par sa double fonction d'exploitant et de pilote de l'innovation, dans la définition politique et technique de la grande vitesse et favorise la concentration des industriels pour répondre au nouveau marché que constitue le TGV, marché régulé par la commande publique.

L'histoire du processus d'innovation du TGV s'organise donc en trois moments :

- L'exploration pilotée par le Service de la recherche, débouche rapidement sur l'innovation de système, la définition du TGV comme nouveau système de transport entre grandes villes ;
- L'aboutissement des choix techniques réalisés par la direction du Matériel conduit à un système technique compatible mais relativement distinct du reste de l'exploitation ferroviaire ;
- Le grand projet co-piloté par la direction du Matériel et Alstom comme chef de file industriel devient le modèle autour duquel la politique publique des grandes vitesses se met en place après la démonstration du succès technique et commercial du TGV Sud-Est.

I. LE CAPITOLE ET LE “TRANSPORT TGV”, DEUX SOLUTIONS CONCURRENTES AU « PROBLÈME DES GRANDES VITESSES »

Les premières idées prospectives sur la grande vitesse ferroviaire émises en 1965 se sont d'abord heurtées à un triple verrou. L'hostilité au chemin de fer, considéré comme une technique obsolète et un mode de transport dominé par des techniciens trop peu soucieux de l'équilibre financier, l'emporte dans les conceptions politiques des années soixante. Les grandes vitesses n'ont pas leur place dans la sectorisation étroite de la planification des transports. Au sein même de la SNCF, la priorité est donnée au trafic des marchandises, à la recherche de la productivité par l'abaissement des coûts, à la contraction du réseau et à la réduction des effectifs. Le cloisonnement interne, voire les rivalités de prestige entre les services empêchent l'entreprise de se projeter dans l'avenir. Même sur le plan technique, l'esprit de la vitesse restait prisonnier d'un modèle d'exploitation ancien. Les vitesses les plus élevées, les matériels les plus confortables étaient en priorité réservés aux voyageurs de 1^{ère} classe sur les grandes relations intervilles qui drainent les plus forts trafics. La création du groupement Trans Europ Express (TEE), en 1957, valorisait cette logique. Jusqu'en 1967 moins de cent parcours atteignaient une vitesse commerciale de 120 km/h : il s'agissait pour l'essentiel des TEE.

Perspective jusqu'alors bloquée par ce triple verrou, la grande vitesse surgit comme problème sur la scène ferroviaire, française comme européenne, quand y retentit en octobre 1964 l'annonce de la mise en service du Shinkansen à 210 km/h sur la ligne nouvelle Tokaido, entre Tokyo et Osaka. En

⁶. Nous reprenons ici la notion de grand projet développée par Élie Cohen à propos de l'organisation industrielle mise en place par la direction générale des Télécommunications pour mener à bien, à la même époque, la modernisation du réseau téléphonique français. Cf. *Le Colbertisme “high tech”. Économie des Télécom et du grand projet*, Hachette, Pluriel Enquête, 1992.

témoigne le numéro de mars 1966 de la *Revue générale des chemins de fer* qui, sous le titre programmatique *Le problème des grandes vitesses*, rend compte des travaux du « Groupe de hauts fonctionnaires spécialisés dans les questions des grandes vitesses » constitué par l'Office de recherches et d'essais de l'Union internationale des chemins de fer (O.R.E.) fin 1963, alors que les japonais préparaient le Shinkansen. Ce numéro, et d'autres publications et prises de position à partir de 1965, affirment la conviction des ingénieurs et dirigeants techniques de la SNCF dans leur capacité à tirer partie des progrès réalisés depuis le record de vitesse de 1955. Ils rouvrent ainsi le triple verrou et déploient les trois facettes du « problème des grandes vitesses » : ses dimensions de politique de transport, de politique d'exploitation commerciale et de politique de traction.

Mais dans un contexte économique et politique qui, plus particulièrement en France, rend impensable la construction de lignes nouvelles comme au Japon, la solution à ce problème d'abord envisagée en France comme en Allemagne, est de préparer un relèvement de vitesse sur les meilleures lignes en exploitant les progrès techniques en matière de traction électrique. Concurrément, une autre approche du « problème des grandes vitesses » émerge à la même époque sous le nom de TGV, qui n'a pu se développer qu'avec la création du Service de la recherche, en août 1966, voulue par Roger Guibert mais qu'il n'a imposé qu'une fois devenu directeur général de la SNCF, au début 1966.

1. Une culture de la vitesse prise dans une conception classique de l'exploitation : Le Capitole

Après la mise en service du Shinkansen, le projet d'une politique allemande de la grande vitesse annoncée à l'exposition internationale des transports de Munich en juillet 1965, conduisit le ministère des Transports français à s'inquiéter de ce que « la situation s'est complètement transformée au cours de l'année 1965. (...) Ainsi, la France, qui jusqu'en 1965, a été nettement à la pointe du progrès dans ce domaine [des grandes vitesses], perd sa place et l'industrie du matériel ferroviaire risque d'en supporter les conséquences dans la compétition internationale »⁷.

Edgard Pisani donna rapidement suite à cette inquiétude et une lettre datée d'avril 1966 autorisait le relèvement des vitesses sur les quelques lignes qui le permettraient sans travaux excessifs. Le 2 août 1966 une lettre de la SNCF présentait le projet « tendant à relever la vitesse maximale des trains "Le Capitole" Paris-Toulouse » à 200 km/h. Une décision du ministère du 26 septembre 1966 l'autorisait à exécuter d'urgence les travaux de modernisation de la voie existante. Dix-huit mois après la réunion de l'O.R.E. où les ingénieurs français avaient exprimé leur conviction dans leur capacité à atteindre un tel résultat, le Capitole était mis en service le 28 mai 1967.

Bien accueillie par le public et la presse, la mise en service du Capitole a suscité les réticences d'une partie de l'état-major du ministère des Transports comme de celui de la SNCF⁸. Beaucoup se

7. Ministère des Transports, « La pratique des grandes vitesses sur la SNCF », dossier de février 1966 : note de 2 p. et annexe de 4 p. et deux documents annexés, CAC - Versement 820305, article 25 (TT 4986, chemise A82/15055). Cette note rappelle en conclusion qu'il « n'avait pas été envisagé d'inscrire dans le Ve Plan les investissements qui seraient nécessaires pour obtenir ces résultats » d'une mise en service de tronçons à 200 km/h.

8. Début 1967, l'ingénieur général des Ponts et chaussées Paul Le Vert est chargé par le directeur des Transports terrestres, Philippe Lacarrière, « de suivre les projets de la SNCF tendant à développer les grandes vitesses sur certaines lignes » afin d'évaluer l'intérêt et la faisabilité du relèvement des vitesses de 160 à 200 km/h. Cf. Paul Le Vert, *Les grandes vitesses à la SNCF*, ministère de l'Équipement, 20 avril 1967, 20 p. et 3 annexes. Il s'agissait d'évaluer a priori l'intérêt de l'expérience du Capitole et de sa possible extension. Ses conclusions très restrictives reprennent, quasiment dans les mêmes termes, la doctrine officielle de la préparation du Ve Plan largement inspirée par les dirigeants de l'entreprise. Paul Le Vert fut l'année suivante chargé d'expertiser le premier bilan du service du Capitole réalisé par la SNCF : il en conteste la rentabilité et rappelle ses interrogations sur l'intérêt que la SNCF

posaient la question : « Est-il raisonnable de dépenser des sommes considérables pour gagner 10 mn sur un parcours de plusieurs centaines de km ? ». Sur le plan de l'exploitation commerciale, en effet, les recherches sur la locomotive de vitesse, malgré leur succès, s'avèrent, jusqu'à la fin des années soixante, ne pas avoir été intégrées dans une politique nouvelle. Au contraire, le Capitole reste prisonnier d'une philosophie de l'exploitation des trains d'affaires, lourds et à supplément, situés dans les seuls créneaux horaires du matin et du soir. Sa réalisation est d'abord l'œuvre des ingénieurs du Matériel sans qu'il y ait eu de réelle demande des exploitants pour tirer partie d'un tel service.

Fruit d'orientations technologiques limitées par une conception figée de l'exploitation, succès sans réelle extension possible dans les conditions économiques et politiques de l'époque, le Capitole apparaît être une solution au « problème des grandes vitesses » sur le modèle du projet allemand d'un « réseau à grande vitesse » dont les principes — un réseau de 3 000 km de lignes électrifiées aménagées pour permettre le 200 km/h, complété par la construction de 250 km de ligne nouvelle entre Hanovre et Wurzburg pour des raisons de capacité — avaient été annoncés à l'exposition de Munich et préfigurés par une première circulation quotidienne à 200 km/h sur la ligne de Munich à Augsburg d'un train tracté par une lourde locomotive CC E03.

L'autorisation de relèvement des vitesses d'avril 1966 conduisit la SNCF à étudier un projet analogue de « réseau à grande vitesse » dont elle aurait pu proposer la création à ses autorités de tutelle. La consistance de ce réseau était arrêtée au cours d'une réunion de direction, le 15 septembre 1966, tenue sous la présidence du directeur général adjoint Henri Lefort⁹. Il s'agissait d'un « réseau constitué des lignes susceptibles de comporter de longs tronçons à 200 km/h, à l'exclusion des lignes susceptibles d'être relevées à 160 km/h ». Parallèlement, était envisagée la construction d'une ligne nouvelle Paris-Lyon permettant à la fois la circulation d'un matériel à gabarit réduit à une vitesse supérieure à 250 km/h, et celle de trains classiques à 200 km/h. L'étude des conséquences d'une possible spécialisation de la ligne nouvelle à la circulation à grande vitesse des seuls véhicules à gabarit réduit était également envisagée lors de cette réunion de septembre 1966.

Indéniable succès médiatique et commercial, la mise en service du Capitole marque ainsi l'entrée de la grande vitesse sur le devant de la scène politique ferroviaire. Mais elle ne modifie en rien la conception classique de l'exploitation des trains d'affaires sur les grandes relations : elle en devient au contraire le nouveau fleuron. Le Capitole constitue donc une extrapolation de la technique et de la conception de la desserte préexistantes qui n'opère pas de reformulation du « problème des grandes vitesses » mais cherche à y apporter une solution selon une logique désirée par l'institution technicienne. L'invention concomitante du TGV comme nouveau système de transport s'en démarque profondément.

peut retirer de la poursuite d'une politique d'accroissement des vitesses de circulation des trains de voyageurs qui, tant qu'elle ne concerne que les rares sections longues et rectilignes des lignes existantes, ne permet de gagner que quelques minutes. Paul Le Vert a tenu à me rappeler qu'il était cependant favorable dès cette époque à la réalisation de recherches fondamentales sur les très grandes vitesses.

⁹. Un compte rendu de cette réunion (une page dactylographiée, datée du 18 septembre 1966, adressée à M. Rémond sous une signature illisible) m'a été transmis en 1994 par Robert Geais à qui Guy Verrier l'avait remis en 1980. Ce réseau aurait comporté, en plus du Capitole, les lignes suivantes : Paris-Bayonne, Paris-Marseille, Paris-Aulnoye Frontière, Paris-Strasbourg, Strasbourg-Bâle et, dans le cadre du projet de tunnel sous la Manche, Amiens-Calais et Lille-Hazebrouck-Calais.

2. La naissance du concept TGV en 1965 : infrastructures nouvelles, gabarit réduit et turbines à gaz

Cette même année 1965, le concept TGV est mis en chantier. Le sigle T.G.V. (« très grande vitesse ») apparaît pour la première fois comme titre d'un « rapport rouge » de décembre 1965, *Le transport T.G.V. Réseau du nord de la France*. Dans un premier rapport¹⁰, quelques mois plus tôt, Robert Geais qui dirige le service Voies et Bâtiments de la région Nord de la SNCF, avançait un raisonnement en faveur de l'utilisation des autoroutes — nouvelles infrastructures dont le schéma directeur prévoit de couvrir progressivement la France — pour permettre la création d'un « transport express » répondant à de nouveaux besoins de mobilité.

« Le public et les pouvoirs publics se demandent si la SNCF peut progresser beaucoup au-delà de la qualité qu'elle a atteint : pourra-t-on aller demain beaucoup plus vite sur le rail français ? À cette question, nous savons que la réponse est assurément la suivante : théoriquement oui et pratiquement non, faute de pouvoir justifier et obtenir les crédits d'investissements nécessaires à la création de lignes nouvelles classiques (...) Cependant, le Français de demain, qui a eu comme jouet, non une locomotive, mais un avion ou une fusée, ne renoncera pas à la vitesse sur terre qui gardera pour lui tout son prestige. Il trouvera donc, n'en doutons pas, les moyens nécessaires à sa réalisation pratique et saura créer, car le besoin en existe réellement, un domaine nouveau pour le transport terrestre à grande vitesse. Il est donc essentiel, pour notre avenir, de revendiquer et d'obtenir la concession de ce domaine : la manière la plus sûre d'y parvenir, sinon la seule, est de l'inventer ».

Robert Geais poursuit cet audacieux raisonnement en définissant les objectifs du transport terrestre à grande vitesse et les besoins auxquels il répond avant d'esquisser les grands traits de ce que pourrait être une exploitation commerciale sur Paris-Orléans. Le rapport propose la création progressive d'un « transport express » organisé en réseaux régionaux et constitué de couloirs spécialisés de circulation à grande vitesse en bordure d'autoroute ou d'infrastructures nouvelles de type autoroutier. Robert Geais amendait ses propositions, jugées trop peu ferroviaires par Louis Armand, dans le « rapport rouge » de décembre 1965, en s'appuyant sur les premières études techniques d'un élément automoteur expérimental à turbines à gaz, réalisées par la division des études de traction à moteurs thermiques (DETMT) de la direction du Matériel de la SNCF. Ce « rapport rouge » formulait quelques uns des principes des grandes vitesses sur infrastructures nouvelles : nécessité de liaisons terrestres à grande vitesse pour répondre à un important besoin de l'aménagement du territoire, faisabilité ferroviaire de ces liaisons grâce à la compatibilité entre lignes nouvelles et anciennes et à l'utilisation des pénétrations urbaines existantes, à l'adoption d'un tracé de type autoroutier réduisant le coût de l'infrastructure en deçà de celui d'une autoroute, à la fréquence de desserte et à la pratique d'une vitesse supérieure à 200 km/h pour faire face à la concurrence de l'avion et de la route.

Certes, les conceptions du transport TGV développées par Robert Geais sont assez éloignées de ce qui sera effectivement réalisé, notamment du point de vue du matériel envisagé. Mais la rencontre entre Robert Geais et les responsables de la DETMT, Marcel Tessier et Guy Sénac, a donné corps à la structure de base qui est à l'origine du TGV : un matériel spécialisé conçu pour circuler à très grande vitesse, grâce à la puissance massique du turbomoteur, sur une infrastructure nouvelle, à

¹⁰. Robert Geais, *Les transports terrestres à grande vitesse de demain*, juillet 1965, 15 p., une annexe de 3 p. et 4 planches (papiers Geais). La couverture bleue de ce rapport l'a fait passer à la postérité sous le titre de « rapport bleu ». Le rapport de décembre était sous une couverture rouge, d'où son nom de « rapport rouge ».

caractéristiques autoroutières, spécialisée mais compatible avec le réseau classique, principes qui furent à la base du travail du Service de la recherche.

L'année 1965 a donc vu se dessiner deux voies d'approche concurrentes du « problème des grandes vitesses » qui s'incarnent dans deux expériences bien différentes au printemps 1967 : le service commercial du Capitole comme préfiguration d'un réseau de lignes avec de longs tronçons à 200 km/h, et la mise à l'essai d'un premier turbotrain expérimental, préfiguration d'un « transport TGV » à une vitesse commerciale — et non plus maximale — de 200 km/h. La première solution demandait moins une exploration nouvelle du « problème des grandes vitesses » qu'elle ne dépendait de la décision politique de relèvement des vitesses et de la définition de l'extension possible du réseau autorisé à 200 km/h. La seconde ouvrait au contraire la voie à l'exploration, à « l'invention » d'un nouveau domaine de développement du chemin de fer. En ce sens, elle nécessitait une « révolution culturelle »¹¹ dont le Service de la recherche allait être l'opérateur.

II. LE SERVICE DE LA RECHERCHE, PILOTE DE L'INNOVATION

Roger Guibert, dès son accession à la direction générale de la SNCF, le 1er février 1966, engagea l'entreprise dans une rupture par rapport à la stratégie productiviste de la SNCF d'après la reconstruction. Ce « tournant commercial » touchait tous les domaines de l'activité : politique commerciale, politique industrielle, politique de recherche, structures internes, etc. La création du Service de la recherche fut l'un des instruments de cette rupture stratégique (avec la division des études commerciales, futur département marketing, créée parallèlement).

Cette création répondait à l'aspiration des jeunes cadres supérieurs, futurs dirigeants de la SNCF, qui avaient animé en 1965 une « révolte des colonels »¹² dont le premier résultat avait été la création, en septembre 1965, d'une Commission supérieure de la recherche, réunissant la direction générale et les directeurs des grands services de l'entreprise (Matériel et Traction, Installations fixes, Mouvement et Études générales). Quelques mois plus tard Roger Guibert, devenu directeur général, choisit quatre des « colonels » (Paul Gentil, Jean Dupuy, Jean Alias et Marcel Tessier) pour réfléchir aux missions et à l'organisation du service de la recherche. Ce groupe entamait son travail en mars pour en remettre les conclusions en mai 1966¹³, le *rapport vert* sur la recherche. Celui-ci proposait la création d'une Direction des recherches et son organisation selon une structure « en grille », croisant les principales disciplines scientifiques et techniques intéressant le chemin de fer avec des projets de recherche finalisés en fonction des besoins pluridisciplinaires que les grands services verticaux de la SNCF ne pouvaient pas prendre en charge seuls.

Sur ce principe, le Service de la recherche est créé le 1er août 1966. La responsabilité en est confiée à Bernard de Fontgalland. Auparavant chargé de la mise en place de l'informatique à la SNCF, il inscrit l'activité de recherche dans une réflexion systémique, cybernétique, sur l'avenir du chemin de fer. Il fait appel à Marcel Tessier pour être son adjoint. Ce dernier prit la responsabilité du « projet C03 » — les recherches sur les très grandes vitesses ferroviaires — et la tête du Service lorsqu'à la mort de Louis Armand, Bernard de Fontgalland devint secrétaire général de l'UIC, le 15

11. Cette qualification résulte des analyses faites par Robert Geais de la rupture que les idées de TGV représentaient pour « le conservatisme ferroviaire très généralement répandu encore en 1965 » qui ne concevait pas la modernisation du chemin de fer en dehors du modèle d'exploitation hérité du XIX^{ème} siècle. « Le TGV : d'abord une révolution culturelle ? », note à l'auteur en date du 22 novembre 1988, 3 p.

12. C'est ainsi que Roger Hutter désigna ce mouvement de protestation des fonctionnaires supérieurs quadragénaires contre l'immobilisme de la direction générale de la SNCF début 1965.

13. *La recherche à la SNCF. La situation actuelle. L'évolution à prévoir*, rapport du groupe de travail « Recherche », SNCF, mai 1966, 39 p. et 5 annexes.

décembre 1971. Sous la présidence effective de Roger Guibert pour les sujets les plus stratégiques (le TGV ou l'acheminement des marchandises), ou du directeur général adjoint Henri Lefort, la Commission supérieure de la recherche a joué un rôle actif durant toute la vie du Service. Elle s'est réunie régulièrement à un rythme presque mensuel (7 à 12 réunions par an entre 1966 et 1975), approuvant le budget de recherche de la SNCF, orientant l'activité du Service de la recherche, validant son programme et les projets qui lui étaient confiés, examinant leurs résultats. S'il était reconnu à la Recherche un droit à l'erreur, le souci permanent de la Commission était de s'assurer que les projets puissent déboucher sur des réalisations utilisables dans l'exploitation courante.

Abandonnant progressivement l'idée contestée d'un regroupement sur un même site de toutes les divisions d'études de la SNCF pour constituer un grand centre de recherches ferroviaires — à l'instar de celui existant au Japon dont le rôle moteur dans l'avènement du Shinkansen avait fortement impressionné Roger Guibert —, Bernard de Fontgalland a, au contraire, conservé au Service de la recherche le caractère d'une structure légère et peu hiérarchisée, transversale par rapport aux préoccupations de gestion courante de l'exploitation ferroviaire, impulsant et coordonnant les études de long terme menées dans les directions techniques, les combinant avec les recherches économiques, de modélisation et d'automatisation propres au Service. Ainsi, le noyau de départ du Service de la recherche, rassemblant autour de Bernard de Fontgalland et de Marcel Tessier quelques responsables de ses différents départements, recrute entre la fin 1966 et le début 1967 une équipe pluridisciplinaire dont l'effectif propre comprend, courant 1967, 75 personnes, pour environ 400 chercheurs dans l'ensemble de la SNCF. L'effectif du Service était de 120 personnes en 1970 et de 130 ingénieurs et techniciens début 1972. Il se stabilise à ce niveau alors que l'effectif global de recherche de la SNCF plafonne alors autour de 600 personnes.

Les réflexions stratégiques de Robert Geais sur la mutation nécessaire de la géographie ferroviaire soulignaient l'intérêt de lignes nouvelles spécialisées pour satisfaire le besoin croissant de déplacements rapides entre grandes villes. Les recherches techniques sur la voie menées par André Prud'homme montraient la faisabilité de telles infrastructures selon les principes de qualité et les normes de coût de la voie française classique¹⁴. Les recherches de la DETMT sur les turbo trains, déjà bien avancées quand démarre effectivement le travail du Service de la recherche, montraient la faisabilité technique d'une rame automotrice à très grande vitesse et l'appel d'offres pour la fabrication d'un prototype déjà lancé auprès des constructeurs associait ceux-ci à la démarche entreprise. Enfin, l'acquis des recherches techniques, menées de longue date par la DETE sous la direction de Fernand Nouvion, fournissait les principaux éléments de la technologie des grandes vitesses et prouvait les possibilités ferroviaires dans ce domaine.

Le Service de la recherche conjugua ces divers éléments pour définir le système TGV comme nouveau système de transport entre grandes villes. Son apport propre — une réflexion en termes de « système ferroviaire » promue par Bernard de Fontgalland — a permis d'opérer cette rupture dans la conception des dessertes en renouvelant la manière de poser le « problème des grandes vitesses ». Loin de faire table rase du passé, à l'instar des ingénieurs issus de l'aéronautique auxquels les chemins de fer britanniques venaient de confier la conduite de l'innovation dans leur nouveau centre de recherche de Derby, le Service de la recherche a su intégrer les apports de logiques jusque-là opposées, les différentes filières d'innovation technique et les nouvelles démarches économiques pour les mettre au service d'une approche renouvelée de l'intérêt des grandes vitesses pour la desserte des grandes agglomérations. Décrivons quelques aspects de cette exploration.

¹⁴. Cf. *Les limitations imposées par la voie au développement des grandes vitesses*, brochure tirée à part du *Bulletin technique des Installations fixes*, 113-3, mars 1968, 8 p.

1. Le « projet C03 », un programme de recherches combinant analyses économiques et expérimentations techniques

Le programme initial du Service de la Recherche est adopté par la Commission supérieure de la recherche le 10 avril 1967. Il comprend 10 projets : l'acheminement des marchandises, la définition du matériel roulant voyageurs (moteur et remorqué), le contrôle de la vitesse sur voie ferrée classique, l'automatisation de la circulation, le bilan économique de la vitesse, la détermination des frais d'infrastructure imputables aux différentes catégories de prestations ferroviaires, l'analyse de la demande (voyageurs et marchandises), l'Aérotrain, les possibilités ferroviaires sur infrastructures nouvelles (le fameux projet C03) et le transport continu de marchandises solides. La direction de ces différents projets était confiée à des cadres supérieurs du Service, leur réalisation associant des ingénieurs des divisions d'études des directions techniques. Ces différents projets se classent en trois grandes rubriques, répondant à trois grands objectifs. L'optimisation du chemin de fer classique, dont relèvent les quatre premiers projets, recherche les résultats qu'il est « possible de tirer de l'outil existant grâce à l'utilisation des techniques et des méthodes les plus avancées ». Les études économiques générales, regroupant les trois projets suivants, sont centrées sur l'analyse des « perspectives à long terme du trafic ferroviaire ». L'étude des modes de transports terrestres sur infrastructures nouvelles s'interroge sur « les autres techniques de transport guidé auxquelles il conviendrait d'avoir recours pour répondre à la demande future »¹⁵ par l'analyse du projet d'Aérotrain. Mais elle est rapidement surtout destinée à la mise au point des grandes vitesses ferroviaires sur infrastructures nouvelles, le projet C03. Un quatrième objectif inscrit postérieurement au programme du Service de la Recherche, d'analyse des perspectives de la SNCF à l'horizon 1985, s'intègre aux études prospectives lancées par le Commissariat général du Plan et le ministère des Transports — les « Études Transports 1985 » — visant à dégager, dans la perspective du VI^{ème} Plan, les principales caractéristiques du secteur des transports à cet horizon 1985.

a) Une première exploration sous l'influence de l'Aérotrain

Concernant les possibilités ferroviaires à grande vitesse, la période de mise en place du nouveau service, entre sa création et l'approbation de son premier programme de travail, est une première phase d'exploration limitée. Elle consiste d'abord — en plus d'un examen des recherches entreprises aux États-Unis ou du fonctionnement du Shinkansen au Japon — à rassembler les connaissances de la SNCF : celles acquises lors des essais à des vitesses supérieures à 200 km/h au début des années soixante comme celles en cours de développement à la DETMT.

Pour donner corps à la première idée de TGV proposée par Robert Geais, la Commission supérieure de la recherche avait autorisé le 4 avril 1966 la construction d'un premier TGV expérimental permettant de tester la faisabilité d'un engin léger de forte puissance massique, apte à la très grande vitesse. Cet engin, qui a pris en 1970 la dénomination de TGS (“turbines à gaz spécial”) a été construit par la DETMT, à partir d'un autorail, aux ateliers SNCF du Mans, entre octobre 1966 et avril 1967 et mis en essai en ligne dès sa sortie d'atelier. L'état des lieux des connaissances en matière de très grandes vitesses permet de dessiner les contours d'un projet de recherche, présenté à la Commission de la recherche du 5 décembre 1966. Il ne consiste encore qu'en la continuation des expérimentations techniques de mise au point de la turbine et de son environnement, et la préparation des essais du premier TGV expérimental qui pendant quatre ans fut l'engin de démonstration de la faisabilité des très grandes vitesses. La DETMT est également autorisée à

¹⁵. Formulations tirées de Marcel Tessier, *La recherche à la SNCF*, SNCF- Recherche, mars 1972.

travailler sur la définition d'automotrices prototypes à turbines à gaz, permettant un spectre plus étendu d'expérimentations.

L'idée de possibilités ferroviaires à grande vitesse n'est encore qu'en gestation, cherchant à formuler le « problème des grandes vitesses » d'un point de vue plus ouvert et prospectif que le relèvement des vitesses préparé parallèlement en vue de la mise en service du Capitole. Mais cette réflexion est encore limitée à la dimension technique du problème de manière à trouver une réponse ferroviaire au défi de l'Aérotrain. Marcel Tessier et plusieurs ingénieurs de la DETMT faisaient en effet partie du groupe d'experts chargés par le Comité de surveillance de l'Aérotrain, dès sa création le 17 novembre 1965, puis par son Comité de développement, créé le 4 avril 1967, de suivre les essais de ce mode nouveau. Le rôle de l'Aérotrain dans la naissance du projet C03 est à souligner.

Lorsque le premier programme du Service de la recherche est établi, pour la Commission de la recherche du 10 avril 1967, le thème « C » de ce programme (« Les modes de transports guidés sur infrastructure nouvelle ») est d'abord conçu pour intégrer dans l'activité Recherche le travail de suivi du développement de l'Aérotrain : celui-ci donne lieu au projet C02. Le projet C03, « Les possibilités ferroviaires sur infrastructure nouvelle » n'y est d'abord que le pendant ferroviaire de cette implication dans un mode de transport potentiellement concurrent. Mais en quelques mois, le projet C03 devint le projet phare du Service. C'est que l'approche système mise en œuvre a très rapidement permis la « percolation » des idées, recherches et expérimentations menées jusque-là séparément dans les divers services d'études de l'entreprise.

b) Études économiques et études techniques : Le premier programme du projet C03

Ces premières certitudes conduisent donc à l'adoption du projet C03 en avril 1967 et à la définition plus précise du programme de recherches propre à ce projet. Son adoption, le 10 juillet 1967 par la Commission de la recherche, marque le réel démarrage d'une phase d'exploration concrète des « possibilités ferroviaires à grande vitesse sur infrastructures nouvelles »¹⁶, phase qui peut être délimitée par la remise, en avril et mai 1968, des premiers rapports C03, rapports qui ouvraient une nouvelle phase de l'exploration.

Le premier programme du projet C03 est exemplaire de la démarche du Service de la recherche. Il définit à la fois les recherches économiques et techniques à entreprendre. L'objet en est défini ainsi : « Le chemin de fer dispose de possibilités techniques que son exploitation actuelle n'épuise pas et qui pourraient être mises pleinement à profit à partir du moment où l'on s'affranchirait des contraintes des infrastructures existantes. La question essentielle qui se pose est donc de savoir si la réalisation d'une exploitation ferroviaire sur infrastructure nouvelle se justifie économiquement. Mais cette étude économique suppose elle-même une connaissance suffisante des solutions techniques possibles, car les conceptions opérationnelles à appliquer et l'économie d'ensemble du système en dépendent »¹⁷. Il est donc décidé de concentrer l'analyse de « l'interaction réciproque des aspects techniques et économiques » sur « l'étude d'une nouvelle relation Paris-Lyon ».

¹⁶. Les *Mémentos des réunions de la Commission de la recherche* intitule le projet C03 jusqu'à mi-1968 : « possibilités ferroviaires sur infrastructure nouvelle », infrastructure nouvelle au singulier. Après, ainsi que dans les documents publics de la SNCF, apparaît un pluriel, sans doute parce que l'extension du projet aux relations Paris-Nord, Londres, Lille et Bruxelles est adoptée par la Commission de la recherche dès mars 1968.

¹⁷. « Projet C03. Possibilités ferroviaires sur infrastructure nouvelle » in *Mémento n° 19 de la Commission de la recherche*, 10 juillet 1967, 3 p. Les citations suivantes proviennent également du texte de ce programme.

Les études économiques consistent d'abord en l'analyse de la demande sur cet axe, compte tenu du développement des trafics aérien et routier, des trafics affluant (notamment au-delà de Lyon), des facteurs de qualité de service (durée de trajet, fréquence des relations) et du niveau de tarification. Elles se proposent également d'établir « un modèle où seront introduits tous les paramètres techniques et opérationnels intervenant dans l'économie du système » dans l'hypothèse d'une ligne entièrement spécialisée au trafic à grande vitesse ou d'une exploitation mixte. Les études techniques définies concernent à la fois le matériel roulant, l'infrastructure, les installations de sécurité et l'automatisation de la circulation et l'exploitation technique. Dans ces différents compartiments, il est envisagé d'explorer les conditions « d'une véritable mutation par rapport aux réalisations actuelles ».

L'économie du système est donc définie comme la résultante de l'interaction entre paramètres économiques et techniques. L'étude de cette interaction vise particulièrement l'établissement de nouveaux tracés entre Paris et Lyon avec l'examen de « la possibilité de réaliser une part importante de la ligne en voie unique », et différentes variantes d'exploitation selon la fréquence, la capacité des rames, leurs aménagements intérieurs. Cette « approche système » que favorisent la composition pluridisciplinaire et la structure décloisonnée du Service de la recherche, est mise en œuvre dès l'été 1967 et permet de faire travailler ensemble économistes nouvellement recrutés par le Service, dirigeants et ingénieurs des divisions d'études, ces derniers découvrant à cette occasion les modèles économétriques des premiers : « Cela a permis de créer une équipe pluridisciplinaire avec des *feed back* permanents entre techniciens, économistes, exploitants. Michel Walrave, nous l'avons choisi à ce moment-là comme chef du département Économie du Service de la recherche, et c'est dans sa bouche que j'ai entendu pour la première fois prononcer les mots « modèle économétrique », il y a 25 ans »¹⁸.

L'exploration entreprise a rapidement permis l'élargissement du champ des connaissances héritées des expérimentations antérieures, un début de formalisation théorique des possibilités ferroviaires à très grande vitesse, une première évaluation des coûts d'infrastructure et de matériel qu'engendrerait la desserte à grande vitesse sur infrastructure nouvelle de la relation Paris-Lyon et l'établissement des dépenses de recherche à y consacrer. Mais jusqu'à la mi-1968, le projet C03 reste encore largement « clandestin », limité au cercle étroit des ingénieurs et économistes directement impliqués dans les recherches sur les possibilités ferroviaires à grande vitesse sur infrastructures nouvelles.

c) L'appel d'offres de 1967 pour un engin expérimental : Automotrice articulée et pendulation

Les recherches techniques sur le matériel roulant du projet C03, englobent et coordonnent les travaux en cours sur les grandes vitesses dans les divisions d'études du Matériel. Pour en approfondir la conception technique, la SNCF lance le 23 mars 1967 un appel d'offres auprès des constructeurs pour l'étude de deux rames TGV prototypes. Celui-ci intègre l'expérience de la turbine et de son environnement, déjà acquise par la DETMT avec le premier TGV expérimental.

Le premier choix technique décisif concernait l'articulation ou non de la rame. Georges Guillemard, responsable des études mécaniques à la DETMT a promu cette conception¹⁹, consistant à placer les bogies entre les caisses. Elle avait à ses yeux trois avantages majeurs : la possibilité d'accroître

¹⁸. Témoignage de Marcel Tessier in Francis Jacq et Jean-Michel Fourniau, art. cité.

¹⁹. Lors d'un entretien, le 29 août 1994, Jean-Philippe Bernard, qui dirigeait à l'époque la DETMT, reconnaissait que les arguments contre la rame articulée indéformable étaient beaucoup plus nettement formulés que ceux en sa faveur. Il s'est néanmoins laissé convaincre par Guillemard d'adopter cette structure innovante.

l'adhérence en répartissant l'effort moteur sur un plus grand nombre de bogies tout en diminuant le coût de rame par la réduction du nombre total de bogies ; un meilleur confort, aucun voyageur ne se trouvant assis au-dessus des bogies comme dans les voitures classiques à deux bogies ; une réduction du maître-couple, un abaissement du centre de gravité et de la hauteur du plancher, donc une architecture de rame très favorable pour la grande vitesse. Pour la liaison entre caisses adjacentes, après avoir rejeté la solution classique où les extrémités de deux caisses adjacentes reposent séparément sur le bogie commun, une articulation type semi-remorque était envisagée car cette disposition facilitait la possibilité de faire varier la composition des rames, en ajoutant ou en retirant des voitures. Finalement était adopté un anneau de liaison solidarissant les deux caisses et réalisant un pivot commun, tout en conservant un système d'attelage. Cette dernière option de liaison entre caisses crée une rame articulée indéformable. L'impossibilité de faire varier la composition des trains dans cette formule a été l'objet de débats houleux clos seulement en 1974.

Dans les premiers projets, c'est la possibilité d'inclure un dispositif d'inclinaison des caisses qui a conduit à retenir une liaison entre caisses d'une rame articulée par anneau d'intercirculation. Le plancher bas dans la structure articulée permet de placer le centre de gravité de la rame en dessous de son centre d'oscillation pour constituer un système de pendulation naturelle. Mais l'abaissement du plancher procure un autre avantage, indépendant de la présence d'un système de pendulation : il place la suspension de la caisse au niveau du centre de gravité de la rame ce qui facilite l'élimination de l'effet de gîte et améliore le confort à grande vitesse. Aussi, la disposition de rame articulée indéformable, avec possibilité d'un dispositif de pendulation, devient-elle donc l'option de base des projets TGV, dès la création du projet C03.

L'appel d'offres reprend cette formule et porte au départ sur la construction d'une rame articulée à bogies médians, comportant 250 places dans ses 7 remorques (2M + 7R)²⁰, d'un poids limité de 230 tonnes en charge. Cette rame de maître-couple réduit est propulsée par 4 turbomoteurs avec une transmission directe, auxquels s'ajoutent deux diesel d'appoint. La suspension doit permettre une pendulation pour 300 mm d'insuffisance de dévers. Cet appel d'offres suscite un concours d'idées principalement pour la transmission de puissance. Les divisions d'études SNCF avancent en juin l'idée d'une transmission mécanique directe des quatre turbomoteurs, pour une définition de rame un peu plus capacitaire, de 236 à 320 places, mais toujours dans un gabarit réduit et avec une faible charge par essieu, 12,5 à 15 tonnes pour les essieux moteurs, 13 tonnes pour les porteurs. La pendulation est également prise en compte à partir de calculs d'horaires sur les prolongements sinueux tels Lyon-Grenoble. Parmi les résultats de l'appel d'offres déposés le 30 novembre 1967, les ANF proposaient une transmission hydraulique à convertisseur-coupleur. En février 1968, l'étude des rames opérationnelles TGV ajoute à l'option précédemment définie de transmission mécanique, cette possibilité d'une transmission hydraulique. Celle-ci est commandée le 29 juillet 1968 pour les ETG (livrés à partir de novembre 1969). Cette solution de transmission est étendue aux RTG livrés à partir de février 1973 et est perfectionnée en 1974-75 avec un convertisseur amélioré pour les RTG livrés à l'étranger (aux USA et en Iran). Par le choix de cette solution, résultant de l'appel d'idées auprès des constructeurs, les familles de turbotrains ETG et RTG apparaissent être des sous-produits des recherches sur les très grandes vitesses.

En mars 1968, la tendance à l'augmentation de puissance nécessaire pour franchir à 300 km/h des rampes que les études économiques du Service de la recherche envisagent d'au moins 3,5%, aboutit à prévoir plus de 4 bogies-moteurs. Entre autres raisons, cette évolution vers une conception de rame à adhérence totale (c'est-à-dire avec tous les bogies moteurs) conduit à retenir une

²⁰. Les rames comportent deux motrices (2M) qui encadrent un nombre variable de remorques (xR) et leur composition est décrite dans les documents techniques selon une formule du type (M+ xR + M).

transmission électrique pour le TGV. Notons que dans cette évolution les idées de gabarit réduit qui avaient marqué tous les projets jusque-là, sont abandonnées. Toutefois, pour réduire le maître-couple, les projets surbaissés restent dans un gabarit très inférieur à celui des trains classiques. À partir de cette période, les ingénieurs de la DETE sont pleinement associés au projet C03 et la DETE entreprend parallèlement des études de définition d'une rame TGV électrique dans la formule d'une automotrice à architecture modulable classique.

Les résultats de l'appel d'offres de mars 1967 conduisent finalement à l'établissement, en avril 1969, d'un cahier des charges pour 2 rames expérimentales articulées avec anneaux de liaison. Une première rame limite les innovations pour pouvoir jouer un rôle de démonstration de la faisabilité de la grande vitesse tandis que la seconde doit être le banc d'essais de plusieurs innovations, avec un système d'inclinaison des caisses, un bogie et une transmission de conception nouvelle, un frein électromagnétique.

3. Modélisation et expérimentation : L'innovation de système

Les deux premières années d'exploration des grandes vitesses — essais en ligne du premier TGV expérimental, appel d'idées pour définir les nouveaux prototypes, premières analyses de la demande sur Paris-Lyon et formalisations de modèles économétriques permettant d'évaluer la réponse de la demande à l'amélioration de la qualité de l'offre — aboutissent mi-1968 à donner au programme de recherches C03 sa pleine dimension, à en faire le projet phare du Service de la recherche, le plus représentatif du tournant commercial dans lequel s'engage la SNCF. La troisième phase d'exploration du TGV démarre alors en mai 1968.

a) L'expérimentation graduée d'une famille d'engins expérimentaux

Ces premières années aboutissent sur le plan technique à l'élaboration d'un programme de recherches spécifiques aux questions soulevées par les très grandes vitesses (au-delà de 250 km/h). Le premier rapport du projet C03, en avril 1968, passe en revue les connaissances techniques de la SNCF concernant les grandes vitesses pour en situer précisément les lacunes qui définissent les recherches à réaliser et les matériels expérimentaux nécessaires à cette exploration. Il définit un programme de recherche de 3 ans, sa décomposition en domaines pris en charge par des équipes spécialisées et son volume de financement : 40 MF dont 27 pour l'étude et la construction des rames prototypes et près de 10 pour des contrats de recherche avec des laboratoires extérieurs, CNRS, ONERA, etc., pour des recherches théoriques et des modélisations mathématiques du comportement à grande vitesse du matériel ferroviaire dans les domaines de la stabilité, de l'aérodynamique et du freinage.

Ces modélisations mathématiques sont toujours accompagnées d'expérimentations qui définissent les problèmes à modéliser et valident les résultats des études théoriques. Présentant les essais des turbotrains à très grande vitesse dont il avait la responsabilité, Guy Sénac développe l'idée d'« expérimentation graduée ». Elle vise à conjuguer un double objectif — « accumuler très rapidement les enseignements nécessaires aux mises au point et aboutir au choix des options relatives aux rames de série » et « confronter avec la réalité les études théoriques ainsi que les résultats d'investigations partielles » — et un impératif de sécurité. Pour cette conjonction « il importe que les dispositions constructives adoptées présentent dès l'origine les possibilités de réglage et de modifications permettant une adaptation rapide et souple en fonction des résultats obtenus »²¹.

²¹. Guy Sénac, « Les essais des turbotrains à très grande vitesse », *RGCF*, mai 1972, p. 404.

Cette méthode d'« expérimentation graduée » a été mise en œuvre dès 1966 pour l'adaptation des turbines aéronautiques sur le premier TGV expérimental, le TGS. Elle se déroule en trois phases enchaînant une expérimentation à terre destinée à mettre au point les innovations, notamment l'environnement ferroviaire des turbomoteurs ; une première expérimentation en ligne destinée à tester le bon fonctionnement des organes de roulement, les bogies, la suspension, la transmission, les freins, etc., et à mettre au point les systèmes de mesure avant les essais d'endurance ; enfin une phase probatoire proprement dit, comportant des périodes alternées de marches d'endurance et de circulations consacrées à l'expérimentation, notamment l'étude des comportements aux limites, permettant de recueillir les renseignements nécessaires à la définition des matériels de série. L'expérimentation du premier TGV, pendant cinq ans et demi, ou celle du TGV 001, pendant quatre ans, ont comporté plusieurs programmes d'investigation, se déroulant selon ces trois phases. Guy Sénac insiste en conclusion de son article sur cette « nouvelle conception des essais » : « Cet avancement continu et systématique qui couvre toutes les disciplines amène, d'une part un déroulement rapide du programme malgré l'importance de celui-ci, et garantit, d'autre part, les meilleures conditions pour la mise au point accélérée du matériel ». Cette exigence a guidé les essais de tous les engins expérimentaux ayant servi à la mise au point du TGV Sud-Est.

b) La démonstration de la viabilité économique du projet par un modèle économétrique

Au cours de cette phase d'exploration du TGV, l'étude économique du projet Paris Sud-Est atteint rapidement sa forme quasi définitive. Le dossier est présenté à la Commission supérieure de la recherche en mai 1969 et transmis au ministre des Transports par le Conseil d'Administration du 5 novembre 1969. Cette phase est ainsi marquée par la place prise par les études économiques dans le pilotage de la recherche.

La première étude Paris-Lyon²², en mai 1968, centrée sur les coûts construction, s'attache à établir la validité de la compatibilité en calculant le coût kilométrique en rase campagne d'une ligne nouvelle dans différentes hypothèses de rampe maximale (15 et 30 mm/m). Cette étude souligne aussi la haute productivité du matériel que permet sa rotation intensive à grande vitesse. Michel Walrave a souligné l'importance de ce rapport²³ :

« La date fondamentale pour le Service de la recherche est celle de 1968, du rapport de mai 1968 (Pour moi le souvenir de mai 1968 est celui de la rédaction d'une partie de ce premier rapport sur la grande vitesse. Accessoirement, c'était une époque formidable : comme à la Direction générale de la SNCF tout était arrêté, on avait une paix royale pour travailler). En revanche, dans le processus qui est passé de la conviction de l'équipe du Service de la recherche qu'il fallait faire le TGV — en mai 1968, on en était à ce niveau-là, pas du tout au niveau de la conviction de la direction générale et de la présidence de la SNCF — et le moment où on a eu le feu vert du Président Pompidou et des ministres concernés, il s'est écoulé peu de temps : trois ans. ».

Après ce rapport de 1968 qui prouve la viabilité du concept, le projet C03 prend toute son ampleur. On sort des idées de départ de Geais (petit gabarit, navette point à point) pour concevoir le système TGV. C'est à partir de ce moment que le projet commence à être présenté dans les premiers cercles extérieurs : le symposium ferroviaire international de Vienne en juin, la revue de l'association des

²². *Projet C03, sous projet Paris-Lyon. Prétude d'exploitation. Infrastructure, matériel roulant, calcul des coûts*, SNCF, mai 1968, 30 p., annexes et planches.

²³. Cf. son témoignage dans Francis Jacq et Jean-Michel Fourniau, art. cité.

ingénieurs des Ponts et chaussées et les X-cheminots²⁴, et qu'il est officiellement évoqué par une lettre du président de la SNCF, André Ségalat, au ministre des Transports, Jean Chamant, le 30 août 1968. L'étude préalable d'infrastructure est ensuite validée en mobilisant l'expérience des services spécialisés du ministère de l'Équipement. Un groupe commun d'experts de ce ministère et d'économistes du Service de la Recherche effectue ainsi d'octobre 1968 à novembre 1969 une étude détaillée des coûts d'infrastructure de la ligne Paris-Lyon²⁵. L'adoption d'un sous-projet concernant l'étude d'une nouvelle liaison Paris-Nord, donne également au projet C03 une dimension internationale, l'étude étant coordonnée à celles entreprises par la Commission de recherche prospective de l'UIC créé début 1968 notamment pour recenser les projets à grande vitesse des différents réseaux ferroviaires européens et étudier un projet de réseau reliant Paris, Lille, Londres et Bruxelles, dénommé l'Europolite.

Dans cette phase qui débouche sur le processus officiel de négociation du projet Paris-Sud-Est, s'affirme le rôle central de l'étude économique dans le développement des recherches. Les études sur le bilan économique de la vitesse, prévue dès le premier programme du Service de la recherche mais différée jusqu'aux premiers résultats du projet C03, aboutissent à la réalisation d'un modèle mathématique d'optimisation conjointe des caractéristiques techniques et économiques d'un système de transport ferroviaire spécialisé à grande vitesse. Ce modèle est confronté au modèle technico-économique de l'Aérotrain dans le cadre d'une étude commune avec la Société d'Études de l'Aérotrain et l'Institut de Recherche des Transports financée par le ministère des Transports.

Les diverses modélisations développent l'idée initiale de compatibilité entre lignes nouvelle et existantes et permettent d'approfondir les trois idées nouvelles de la desserte à grande vitesse. Le lien entre la spécialisation de la ligne réservée aux circulations à grande vitesse et les possibilités d'y organiser une haute fréquence de desserte est ainsi étudié. La seconde nouveauté introduite est la desserte en surface de tout le Sud-Est, permise par la réalisation d'une ligne nouvelle, spécialisée par son tracé en forte rampe (la déclivité maximale de 35 mm/m est retenue en mai 1969) comme « shunt dans un réseau maillé existant ». La compatibilité technique de la ligne nouvelle autorise des circulations en prolongement au-delà de Lyon vers Grenoble, Saint-Étienne, la Provence, la Côte d'Azur et le Languedoc, et par des circulations en antenne vers l'Ain, la Savoie, la Suisse via Genève et l'Italie via Modane, grâce à l'échangeur de Mâcon, vers la Bourgogne, la Franche-Comté et la Suisse via Vallorbe grâce à l'échangeur de Saint-Florentin. Ces potentialités de la compatibilité par ramification de la desserte ont été illustrées, pour la première fois dans le rapport de mai 1969, par « l'arbre à boule » qui symbolise depuis les « effets de réseau » du TGV. Enfin, la troisième idée formalisée est celle de la « démocratisation de la très grande vitesse ». Le choix d'un tarif équivalent pour le TGV et la desserte ancienne inscrit clairement le TGV dans le champ de la concurrence non seulement avec l'avion mais aussi avec la route. Rendant accessible le transport à grande vitesse au prix du train classique sur une desserte ramifiée, il donne son ampleur au marché de la grande vitesse, ampleur qui fonde la rentabilité du projet pour des densités de trafic relativement faibles. Ces développements font l'objet du second rapport Paris-Lyon, en mai 1969²⁶,

24. Bernard de Fontgalland, « La construction de voies ferrées prend un nouveau départ en Europe », *Bulletin du PCM*, octobre 1968, pp. 53-58 ; « Conférence » in *Les grandes vitesses*, Groupe des X Cheminots, causerie n° 92, séance du 12 décembre 1968, pp. 1-17.

Les travaux du Symposium des grandes vitesses organisé conjointement par l'Association internationale du Congrès des Chemins de fer et l'Union internationale des chemins de fer, Vienne (Autriche), juin 1968, ont été publiés dans plusieurs n° du *Bulletin de l'AICCF* de février à juin 1968.

25. *Rapport du groupe GEFAU*, SNCF-CGPC, 14 novembre 1969, CAC - Versement 820306, article 14 (TT 5000).

26. Voir *Projet C03, sous projet Paris-Lyon. Analyse de la demande, programme d'exploitation, mise au point des études techniques et du calcul des coûts, échancier technique*, mai 1969, 70 p. et annexes, et le rapport transmis

qui détermine les principales options du projet tel qu'il a été transmis au gouvernement en novembre 1969 et établit sa rentabilité²⁷.

c) Une nouvelle conception de la desserte expérimentée en vraie grandeur sur Paris-Caen-Cherbourg

Mais si ces modèles convainquent la direction de la SNCF de transmettre le projet au gouvernement, ils demandent à être validés par une expérimentation en vraie grandeur. Là encore, recherches techniques et économiques se combinent. C'est en effet la mise en service commerciale des premiers turbotrans — commandés après la démonstration de la viabilité de la traction autonome grâce au premier TGV expérimental — qui permet l'expérimentation réelle des nouvelles conceptions de la desserte, de l'économie du système TGV, jusqu'alors seulement modélisées sur le papier. Ainsi, l'efficacité de cette nouvelle conception de l'offre fut testée, dès mars 1970, avec le service commercial des turbotrans sur Paris-Caen-Cherbourg.

« Le noyau du système — c'est en cela que la démarche a été innovatrice pour la SNCF — c'est que l'on a mesuré le système au regard de son intérêt pour l'utilisateur, pour la demande. Vis-à-vis des méthodes d'approche traditionnelles de la SNCF, c'était une révolution. Je me souviens très bien, par exemple, comment se faisaient les calculs d'électrification [qui] ont été faits sans tenir compte de cette amélioration de la qualité [procurée par les gains sur le temps de parcours] qui dans certains cas était pourtant substantielle. La seconde innovation est que l'on a développé à cette époque des modèles pour décrire comment la demande réagissait à la qualité du service et aux tarifs. On les a testés en vraie grandeur. Mais pas sur le Capitole. Le Capitole c'était plutôt du gadget qu'autre chose (...) En revanche, on s'est beaucoup fait la main sur la ligne Paris-Caen-Cherbourg. Nous y avons effectivement testé ce qui a été la "philosophie", en modèle réduit, du TGV Sud-Est. (...) Paris-Caen-Cherbourg a fait la rupture. Cela a été de la première/seconde classe, de la grande fréquence, de la rapidité autant que le permettait la technique de la turbine sur la ligne. Et puis la démocratisation de la vitesse : pas de supplément. C'était un point de vue très controversé dans la maison. Je me souviens de dirigeants qui me disaient : « c'est complètement idiot de charger des trains au milieu de l'après-midi, il n'y aura personne dedans ». L'habitude était un train à midi, un à six heures du soir et rien entre les deux. En fait, on a fait ces trains, et il y a eu du monde dedans. »²⁸

Le succès de cette exploitation presque cadencée confirmant l'option de départ, d'ouverture du TGV aux usagers des deux classes, était conforté par les premiers résultats des études réalisées par la Division des études commerciales, créée à l'instigation de Roger Guibert en même temps que le Service de la recherche. Ceux-ci ont fortement contribué à la prise de conscience de l'importance de la demande, des souhaits des usagers dans la définition des services offerts par l'entreprise. Mettant en lumière la faible mobilité de la population, l'impact de la qualité du service offert sur le nombre de déplacements, enfin l'insatisfaction des voyageurs de 2ème classe, ces études soulignaient l'importance du marché potentiel des déplacements qu'une politique de qualité de service permettrait de gagner au chemin de fer.

au gouvernement, *Chemin de fer et aménagement du territoire. Desserte du Sud-Est de la France à grande vitesse et à fréquence élevée au moyen d'une ligne nouvelle Paris-Lyon*, novembre 1969, 63 p. et annexes.

27. SNCF, Service de la Recherche, *Premiers ordres de grandeur relatifs à la rentabilité de la ligne nouvelle Paris-Lyon*, 1969.

28. Témoignage de Michel Walrave dans Francis Jacq et Jean-Michel Fourniau, art. cité, p. 129-130.

4. Le Service de la recherche, opérateur d'un assemblage inédit

Le rôle original du Service de la recherche pour la définition du système TGV a ainsi été d'être la structure de pilotage d'un saut dans la conception technique et commerciale des dessertes entre grandes villes, exprimant la nouvelle stratégie concurrentielle de l'entreprise. L'« approche système » développée par le Service de la recherche, loin de tenter de bâtir a priori une matrice complète de tous les paramètres intervenant dans la définition du TGV, s'est au contraire attachée à organiser une exploration progressive du champ des possibles, liant organiquement avancées techniques et réflexions économiques pour reformuler la conception de la desserte. Cette exploration progressive s'est faite en plusieurs phases débouchant chacune sur la mise au point de dispositifs de démonstration de la faisabilité et de l'avancement du projet, prenant non seulement la forme d'engins expérimentaux et d'essais mais également celle d'outils d'évaluation quantitative de la réponse du trafic à une amélioration de la qualité de service, et d'une expérimentation en vraie grandeur de la réponse de la clientèle à cette nouvelle conception du service.

« Nous avons essayé d'éviter de nous embarquer trop vite dans des choix trop déterminés. Il y avait deux attitudes dialectiques envers cette démarche dans le Service de la recherche, en fonction des expériences personnelles de chacun : certains insistaient pour qu'on ne fasse pas de choix avant d'avoir exploré toutes les possibilités, d'autres disaient que cela prenaient trop de temps et qu'il fallait bien décider à un moment donné et courir le risque d'avoir laissé des possibilités de côté. Donc, c'était un outil [le schéma formalisant l'approche système du TGV, décrivant les interactions à étudier] pour ouvrir suffisamment les choix. Je ne dis pas que nous les avons ouverts à l'infini. Mais on a le sentiment qu'avec ces outils-là tous les choix importants ont été explorés. Nous n'avons pas le sentiment d'être passé à côté de quelque chose de fondamental. »²⁹

Entre 1967 et 1971, le Service de la recherche permet ainsi un assemblage inédit qui donne naissance au TGV. C'est ce qu'indique Bernard de Fontgalland en conclusion de la première brochure de présentation publique du projet³⁰ :

« Le caractère révolutionnaire de la solution proposée provient d'une combinaison nouvelle d'éléments déjà mis au point dans d'autres domaines ; de ce fait, les hautes performances prévues ne sont plus frappées, dans leur fiabilité et dans leur prix de revient, des aléas qui pèsent sur la plupart des innovations technologiques, avant leur expérimentation commerciale en vraie grandeur ».

La disponibilité préexistante d'éléments techniques, le contexte général (la place prise par la vitesse dans la politique de traction, le début du tournant industriel, l'amorce de la commercialisation du chemin de fer) sont insuffisants à eux seuls pour expliquer le saut réalisé dans la conception de la desserte. Il faut aussi un opérateur capable de faire l'assemblage de cette diversité : c'est pourquoi on ne peut pas comprendre l'innovation du TGV sans comprendre le Service de la recherche. Le schéma suivant illustre son rôle. Il est d'avoir exploré et formalisé l'ensemble des relations entre les clients, les services rendus, les tarifs, les coûts d'exploitation et d'infrastructure. C'est cette démarche de mise en relation que nous avons qualifiée avec Francis Jacq, d'innovation dans l'exploitation.

²⁹. Idem, p. 134.

³⁰. SNCF, *Le projet de ligne à grande vitesse Paris-Lyon*, juin 1970, 17 p.

Du point de vue chronologique, il faut souligner le fait qu'en janvier-février 1971, le dossier économique du TGV est intégralement bouclé, le tracé définitivement fixé (à une petite échelle géographique correspondant au stade peu avancé de la décision, mais la desserte de Dijon est dessinée, les gares de Montchanin et Mâcon arrêtées, l'arrivée aux Brotteaux fixée) et les premières études d'exploitation réalisées. En revanche les choix techniques ne sont pas encore faits. Le processus d'innovation du TGV fait donc apparaître deux phases bien distinctes. Après la conception du système et l'accomplissement du premier programme de recherche C03 définissant, entre 1968 et 1970, plus précisément le projet, le rôle du Service de la recherche évolue au cours de la période de creux de la décision politique concernant le TGV Sud-Est qui s'étend de mars 1971 à mars 1974. Il devint essentiellement un rôle de négociation technico-économique avec l'administration, le gouvernement et des élus locaux ; d'étude de nouveaux dossiers, notamment la ligne Paris-Nord. C'est également la période de préparation de l'exploitation, d'enrichissement du modèle de départ par le dialogue avec les futurs exploitants³¹ conduisant au choix de la capacité des rames, à la possibilité de jumelage de deux rames, etc. C'est enfin une période de spécialisation dans les compétences techniques nouvellement créées (signalisation, automatisation).

Dans cette période, l'essentiel des études techniques sur les grandes vitesses — notamment celles sur le matériel, réorientées vers la préparation des rames commerciales — se dissocient progressivement des études économiques que nécessite la négociation du projet Paris-Sud-Est. Ainsi, à l'achèvement du premier programme défini en avril 1968, un nouveau programme de recherches techniques et d'expérimentations est adopté par la Commission de la recherche, le 17 janvier 1972. S'il reprend les grandes rubriques du programme initial (stabilité, armement de la voie, aérodynamique, installations de sécurité, prototypes expérimentaux) et présente les essais en ligne du TGV001 qui doit être livré trois mois plus tard, l'axe n'en est plus de définir les interactions entre paramètres techniques et économiques mais d'aboutir à la définition d'un matériel commercial. Le pilotage de ces recherches passe donc progressivement dans les seules directions techniques.

³¹. Voir Jacques Florence, « Les ruptures dans l'exploitation du réseau SNCF avec l'arrivée des TGV », *RGCF* janvier 1994, pp. 5-11.

LE SERVICE DE LA RECHERCHE, MATRICE ET PILOTE DE L'INNOVATION

**Une nouvelle structure, le Service de la recherche,
structure légère, ouverte et pluridisciplinaire,
privilégiant le travail en équipe et
mettant en œuvre une approche système**

permet de penser :

L'innovation :
Le TGV comme système de transport
qui optimise sur un ensemble de relations entre
grandes villes le temps de parcours de centre à centre
par la fréquence et la ramification de la desserte

et de piloter :

Une double rupture :	Une innovation technique maîtrisée :
<ul style="list-style-type: none">• Dans l'<u>évaluation</u> des problèmes (par rapport à la SNCF et par rapport au monde Transports ou routier) : penser globalement le chemin de fer dans le système des transports ; le penser du point de vue de la demande (et non pas seulement comme système technique) ; formaliser cette approche dans des modèles de prévision et de calcul économique• Dans la <u>conception de la desserte</u>, par rapport à l'exploitation des trains d'affaires (trains lourds et à supplément) : l'expérience des turbotrans sur Paris-Caen-Cherbourg permet de préfigurer une exploitation de trains rapides et fréquents, répartis dans la journée pour capter une demande nouvelle.	<ul style="list-style-type: none">• Dans la continuité des « certitudes » cheminotes dans les potentialités de l'outil ferroviaire, l'aboutissement des technologies disponibles en matière de matériel, de signalisation et d'infrastructure ;• L'expérimentation graduée d'innovations majeures sur les composants-clés de la grande vitesse : turbines à gaz, articulation par anneau de liaison, captage du courant, bogie et transmission, freinage...

III. DU SYSTÈME TGV AU TGV PARIS SUD-EST, LES CHOIX TECHNIQUES

Après un an d'expertise économique du dossier dans le cadre de la préparation du VI^e Plan, la première décision du gouvernement favorable à la ligne nouvelle Paris-Lyon date de février 1971. Bien qu'elle en reporte la construction à la fin de la décennie quand il faudrait remédier aux problèmes de saturation du premier axe ferroviaire français, cette décision fait entrer le projet dans sa phase de développement, entrée marquée par la création, début septembre 1971, d'une Commission directrice du TGV Sud-Est placée sous la présidence du directeur général adjoint chargé de la technique, Paul Gentil puis Jean Dupuy, pour coordonner le travail des différentes directions techniques et celui piloté par le Service de la recherche. La première phase avait été une période assemblant conception économique du système TGV comme nouvelle approche des

dessertes entre grandes agglomérations et recherche des avantages respectifs d'une large palette d'options techniques. Parallèlement à la négociation du projet avec les pouvoirs publics qui dura jusqu'à la décision définitive de mars 1974, la seconde phase est celle des choix techniques et industriels. La démarche n'est plus alors d'inscrire dans la durée nécessaire un processus de recherches permettant de tester des combinaisons nouvelles mais de concentrer l'expérimentation afin d'aboutir aux choix de définition du matériel commercial à construire.

En effet, les options techniques étudiées par les ingénieurs du Matériel sont encore très ouvertes début 1971. Les quatre principales options à prendre concernent l'adjonction ou non d'un système pendulaire d'inclinaison des voitures, le développement d'un bogie et d'une transmission adaptée à la grande vitesse, le choix de l'énergie de propulsion (thermique ou électrique) et la conception mécanique d'ensemble de la rame, classique (modulable) ou articulée. Ces options sont largement interdépendantes, sans impliquer des choix totalement liés. Entre 1971 et 1975, les choix techniques de la traction électrique, l'abandon de la suspension pendulaire, la maîtrise théorique du comportement des bogies aux grandes vitesses et les essais de nouveaux bogies et d'un système de transmission, des systèmes de freinage, etc., sont faits et aboutissent à l'appel d'offre de février 1975 pour la construction de deux rames de présérie préfigurant la commande de 85 rames, que remporte Alstom.

1. L'hypothèse du TGV 002 pendulaire

Les résultats de l'appel d'offres de mars 1967 conduisent à l'établissement, en avril 1969, d'un cahier des charges³² pour 2 trains expérimentaux articulés (M + 3R + M) avec anneaux de liaison. Ces rames, alors dénommées rames C03 A et B à la SNCF (et parfois « Super-train SNCF » dans des documents techniques des constructeurs) sont commandées en juillet 1969³³. La commande des deux prototypes est confirmée fin 1970, alors que les dispositions constructives définies pour la rame B, plus complexes, conduisent à prévoir un délai de réalisation de deux ans, éloignant la livraison de la rame B. En réalité seul le TGV 001 est mis en construction et livré en avril 1972. En septembre 1971, la rame TGV 002 est abandonnée. Examinons rapidement les raisons de cet abandon lié à l'évolution du dispositif des prototypes expérimentaux pour la grande vitesse.

Les plans conducteurs de la rame A, approuvés en janvier 1970, prévoient une livraison en juillet 1971. Les dispositions en sont exposées dans le second rapport « Paris-Lyon » de mai 1969, mais dans une formule (M+3R +M). Sa fonction expérimentale était doublée comme pour le premier TGV (devenu TGS) par un rôle démonstrateur pour le plaidoyer du concept de TGV sur lignes nouvelles. L'idée de rame articulée pendulaire est plus systématiquement reprise dans la définition de la rame B, cantonnée à la première fonction. Cette rame devait permettre des expérimentations comportant davantage d'inconnues et de risques : outre la pendulation, le montage des moteurs de traction dans la caisse, des bogies à faible masse non suspendue et une transmission coulissante à grand débattement latéral, enfin un frein linéaire à courants de Foucault dans le rail.

En fonction des débats sur la définition des rames opérationnelles quant à la transmission et l'agencement articulé ou non, les caractéristiques de la rame « B » (ou TGV 002) varient notablement, entre le début 1970 et le moment de son abandon. Lors d'une conférence Recherche-

32. SNCF, DETMT, *Turbotrains expérimentaux (projet C03)*. Document technique, février 1969 pour l'édition C, avril pour le cahier des charges définitif, Archives du Matériel.

33. La *RGCF* de janvier 1970 a donné une description précise de ces deux rames.

Traction, le 16 mars 1970, quatre formules étaient envisagées³⁴, couplant ou non les 3 innovations recherchées pour la grande vitesse : pendulation, transmission et bogie moteur de conception nouvelle, freinage par courants de Foucault. En décembre 1970, l'établissement du cahier des charges de la rame « B » (qui prend alors l'appellation de TGV 002) affine les options de la formule combinant toutes ces innovations : rame semi-articulée réduite à 3 caisses (motrice Bi-Turmo X, remorque, motrice non aménagée), pendulation pour la seule remorque autour d'un centre de rotation haut, à 1,8 m au-dessus du rail, avec un plancher et un maître couple surhaussés ; possibilité de construction en alliage léger ; frein linéaire à courants de Foucault ; bogie moteur à faible masse non suspendue. Finalement, à la fin de l'été 1971, la rame « B » est définitivement abandonnée. Cet abandon est sans doute l'une des premières décisions prises par la Commission directrice du TGV.

Jean Dupuy était opposé au pendulaire depuis le départ. Les problèmes d'asservissement étaient considérables, les impacts sur l'entretien du matériel et de la voie étaient importants, les coûts de construction étaient nettement plus élevés. Mais la décision d'abandon en 1971 prend d'abord appui sur des considérations liées aux spécificités de la grande vitesse sur infrastructures nouvelles. Les importants problèmes supplémentaires occasionnés par les dispositifs d'inclinaison n'étaient justifiés que par un gain de temps réduit sur les prolongements du TGV sur lignes classiques. En effet, en dehors de Lyon-Marseille/Montpellier, les prolongements prévus début 1971 sur lignes classiques correspondaient à des trajets de l'ordre d'une heure, sur lesquels le pendulaire ne faisait gagner que quelques minutes. Jean Dupuy considérait qu'il y avait une contradiction à vouloir faire une ligne nouvelle, reliant de grands pôles de trafic, même avec quelques prolongements sur lignes classiques, et à vouloir faire en même temps le pendulaire. Cette technique encourait en effet les critiques du même ordre que celles adressées par les pouvoirs publics au Capitole : un surcoût peu justifié par un gain de temps ou de qualité de service.

L'abandon de la rame TGV 002 conduisit de fait aussi à l'abandon des expérimentations de la pendulation menées parallèlement pour d'autres objectifs que la grande vitesse³⁵. On n'entendra plus parler de correction de l'insuffisance de dévers (CID) à la SNCF jusqu'à ces dernières années où des expérimentations ont été reprises à la demande de Régions. Celles-ci confirment tout à fait les limites du temps gagné grâce au pendulaire. Sa probable généralisation dans les années à venir tient donc plus aux préoccupations montantes de confort et de modernisation du matériel qu'à l'aspect gain de temps.

2. RTG 01 et Z 7001 : deux engins SNCF pour expérimenter bogies et transmissions aptes à la très grande vitesse

Le second ordre de raisons ayant conduit à l'abandon du TGV 002 relève de l'état des recherches sur la stabilité aux grandes vitesses en septembre 1971. La première décision de principe favorable à la construction de la ligne nouvelle Paris-Lyon précipitait le calendrier. La direction de la SNCF tenta en effet de faire se concrétiser cette décision et espérait pouvoir faire lancer l'enquête publique en 1972 pour une ouverture de ligne encore envisagée à l'époque en 1976 ou 1977. Les délais paraissaient donc très serrés, même si, finalement, le ministre des Transports refusa de lancer la

³⁴. SNCF, Direction du Matériel, « Turbotrains expérimentaux T.G.V. », note dactylographiée présentée à la Conférence Recherche-Traction du 16 mars 1970, 5 p., Archives du Matériel, dossier *Doc 374*.

³⁵. La SNCF avait repris début 1967 la voiture pendulaire "Mauzin", construite en 1956 afin de tester une pendulation naturelle sur les indications du rapport de 1948, pour y ajouter un dispositif d'asservissement de l'inclinaison des caisses qui sera essayé à partir de 1968. Devant les bons résultats obtenus sur cette voiture pendulaire, la SNCF entreprit, à partir de 1969, de tester le principe d'inclinaison asservie des caisses sur deux voitures grand confort, puis sur une rame, en incluant un élément RGP équipé d'un système de CID dans un autorail X 4411.

procédure avant les élections législatives de 1973. En conséquence, les options définies en mars 1970 devaient être resserrées et expérimentées rapidement en vue de définir le cahier des charges des rames commerciales. Sauf la pendulation, abandonnée, elles ont été essayées séparément avec le RTG 01 et avec l'automotrice électrique Z 7001, connue sous le nom de Zébulon.

En effet, devant le succès du service des ETG sur Paris-Caen-Cherbourg, la SNCF avait commandé en octobre 1970 la deuxième génération de turbotrains, les RTG, dont la livraison était prévue à partir du printemps 1972, comme celle de la rame TGV 001. Il fut donc décidé de faire du RTG 01, un second prototype prenant la suite du TGS rendu au service commercial début 1973. Cette rame était en effet représentative de l'option rame non articulée avec adhérence partielle, bogies moteur à faible masse non suspendue et charge moyenne par essieu modérée. Mis en service en décembre 1972, le RTG 01 a permis d'explorer en compétition avec le bogie Y 225 du TGV 001 (dérivé du bogie de la BB du record du monde repris sur les BB 9 200 et 16 000), un bogie Y 223 de conception plus moderne, et d'expérimenter, par la même occasion, les possibilités du frein hydraulique et celles du frein à disques. Cependant son bogie ne correspondait pas à toutes les spécifications désirables pour la grande vitesse, définies dans un cahier des charges du bogie du TGV 002 en juillet 1971³⁶.

Ce dernier insistait sur la nécessité de la limitation des masses non suspendues pour la stabilité à grande vitesse. La solution recherchée était de sortir complètement les moteurs des bogies et de les installer sous la caisse. La conception des bogies moteurs se rapprochait alors de celle des bogies de voitures. C'est une orientation qui avait guidé les recherches techniques dès l'origine du TGV. Mais la SNCF ne disposait pas encore, en septembre 1971, de solution satisfaisante de transmission pour le faire. La première solution envisagée, qui aurait dû être testée sur la rame TGV 002, consistait en un coulisement de la transmission à grand débattement latéral. Sa réalisation rencontra des difficultés : frottement et mauvaise tenue des cannelures d'entraînement. Lors des essais du TGV 001, des phénomènes de lacets apparurent au mois d'août 1972. La conception classique des bogies de locomotives montrait ainsi ses limites en matière de stabilité de marche à grande vitesse. La nécessité d'expérimenter aux grandes vitesses une nouvelle conception de bogie s'imposait. Et il fut décidé en janvier 1972, en plus des essais du RTG 01, d'aménager spécialement une automotrice électrique, la Z 7001, afin de disposer d'un véritable banc d'essai de bogies³⁷.

Une seconde solution de transmission était en effet proposée par Georges Guillemard en 1971-1972 en recourant à une extrapolation de la technique automobile des transmissions à cardans : moteur et pont d'essieux étaient entièrement suspendus, fixés sous la caisse, et la transmission assurée par cardan tripode. Cette solution permettait d'alléger le bogie des 3 tonnes du moteur. Pour expérimenter le bogie prototype Y 226, cette transmission mécanique et un nouveau frein à courants de Foucault, la SNCF a fabriqué de toutes pièces la Z 7001, une ancienne automotrice 1500 V qui fit l'objet de transformations mécaniques et électriques importantes réalisées en 1973 aux Ateliers SNCF d'Oullins sous la direction de Guillemard et Boutonnet. La Z 7001 a été équipée avec les moteurs de rechange du TGV 001 et des hacheurs de la CC 20002. Les bogies étaient construits par Le Creusot. Mise en service le 3 avril 1974, les résultats du comportement de la transmission et du bogie de Zébulon furent très bons. Leurs principes ont été adoptés sur le bogie Y32 du TGV Paris Sud-Est.

36. « TGV 002 - bogie », note dactylographiée non signée, juillet 1971 (date manuscrite), 7 p. et planches, Archives du Matériel, dossier *C.I.D.*

37. La décision est prise par la Commission de la recherche du 17 janvier 1972. La première notice descriptive de la Direction du Matériel (MC(e)-MCE1) « Automotrice Z 7001 pour expérimentation des bogies Y 226 », date de décembre 1972, 2 p. et diagrammes. Archives du Matériel, dossier *Doc 374*.

3. La décision tardive de l'architecture articulée définitive de la rame

Au moment où la décision politique de faire la ligne Paris-Lyon était confirmée, le 6 mars 1974, deux choix techniques fondamentaux n'étaient pas encore totalement arrêtés : celui de l'énergie de traction et celui de l'architecture mécanique d'ensemble de la rame. Ces deux choix étaient d'ailleurs en partie liés. Si, comme on l'a vu, l'hypothèse du pendulaire avait pesé en faveur d'une rame articulée indéformable, ce choix était contesté. L'abandon du pendulaire a sans doute aidé à relancer le débat. Le démarrage des études de l'ICE allemand en 1972 avec son architecture classique de rame tractée ajoutait aux doutes sur la pertinence de l'extension aux rames TGV commerciales du choix fait pour le TGV 001.

Trois ans et demi après la conférence Recherche-Traction de mars 1970, un dossier daté du 18 décembre 1973 décrivait les variantes de conception mécanique générale des rames TGV envisagées à quelques mois de la décision politique de mars 1974. Une note de Robert Boileau du 8 mars 1974 en fait la synthèse³⁸. Les positions défendues dans cette note, en faveur d'une rame classique modulable, ont provoqué une grande réunion des dirigeants du Matériel, le 13 mars 1974, où fut arrêtée la décision définitive de l'architecture articulée de la rame. L'étude des variantes d'architecture mécanique générale, soit avec le bogie Y 225, soit avec le bogie Y 226 (équipés de freins à courants de Foucault), ne dépassant jamais la charge limite de 16 tonnes par essieu, avait permis de retenir début 1974, 4 variantes :

- La rame semi-articulée constituée de 8 remorques encadrées par 2 motrices sur bogies. Cette formule (M + 8R + M) était réalisable en version turbo-électrique et en version électrique bi-courant ;
- La rame classique à motrices d'extrémité, constituée de 7 remorques sur bogies encadrées par 2 motrices sur bogies. Cette formule était également réalisable en version turbo-électrique et en version électrique bi-courant ;
- Deux variantes de rames modulaires, à 3 ou 4 modules. Un module de deux caisses sur bogies accouplées de manière indéformable constitue un élément de traction (M + R) comportant 2 bogies moteurs et deux bogies porteurs. Les caisses d'extrémité sont équipées de cabine de conduite. Dans les deux cas, l'équipement électrique des modules est entièrement disposé sous caisses, pour libérer la surface de plancher. Ces formules n'étaient réalisables qu'en traction électrique.

Cette note de Robert Boileau concluait que l'avantage revenait à la solution électrique modulaire. Elle a été présentée à l'intérieur de la direction du Matériel dans les jours suivants le 8 mars 1974, aux cours de réunions, souvent qualifiées par leurs acteurs de « dramatiques », qui ont laissé dans les mémoires un souvenir fort. Jean Dupuy et son adjoint André Portefaix ont donc décidé de réunir tous les responsables aussi bien de l'entretien que de la conception pour prendre une décision avec l'accord unanime de tous. Cette assemblée d'environ 35 personnes, s'est tenue au siège de la direction du Matériel le 13 mars 1974, salle 109 du 15 rue Traversière. Jean Dupuy y a présenté les arguments en faveur du maintien de la disposition articulée, en s'enquérant auprès des chefs de division concernés des possibilités de lever les obstacles qu'elle présentait. Finalement, aucun avis contraire n'a été émis. Jean Dupuy a clos la réunion en indiquant à Robert Boileau que désormais il « n'avait plus la parole ».

³⁸. SNCF, Départements MC(t) et MC(e) (Direction du Matériel), « Rames TGV turboélectriques et électriques bi-courant en version semi-articulée et en version classique sur bogies – V. max 260 km/h – 345 à 363 places », note du 8 mars 1974, 10 p., Archives du Matériel, dossier *Doc 374*.

Deux arguments principaux venaient à l'appui de la décision. Le premier mettait en avant qu'il n'était pas question de changer d'architecture alors que depuis deux ans le TGV 001 préfigurait la rame opérationnelle. Concernant l'argument sur la modulabilité, le raisonnement de Jean Dupuy était double. D'une part, l'expérience concrète de l'exploitation montrait qu'en dehors des super-pointes d'été la composition d'un train donné n'était jamais modifiée. La complexité des liens entre caisses d'un matériel à grande vitesse ne pouvait que renforcer le caractère théorique d'une modulation de la composition des rames en fonction de l'intensité du trafic. D'autre part, comme pour l'abandon du pendulaire, il s'agissait de tirer toutes les conséquences de l'exploitation à grande vitesse. Le schéma de base de l'exploitation de Paris-Lyon était d'avoir des rames de capacité réduite par rapport à un train classique mais fréquentes, cadencées à l'heure, et couplables par deux (13 trains prévus à l'époque entre Paris et Lyon). Il était donc possible de s'adapter à la demande en couplant les rames et en augmentant les fréquences. La grande vitesse permet ainsi de créer de la modularité non plus avec le matériel mais grâce à la fréquence de l'exploitation. Pour Jean Dupuy, il ne servait donc à rien d'avoir en même temps la modularité de la composition des trains (toute théorique) et la modularité que permet la fréquence.

4. Le choix longtemps suspendu entre turbines et traction électrique

La décision en matière d'énergie de traction peut paraître plus politique que les autres. C'est en effet lors d'un Conseil restreint consacré aux problèmes de l'énergie qu'est prise, le 6 mars 1974, la décision de réaliser la ligne nouvelle Paris Sud-Est : « Le gouvernement décide d'engager, dès 1974, les procédures administratives préalables à la construction de la ligne nouvelle Paris Sud-est en vue d'une mise en service en 1980 ». Ce Conseil est le dernier que préside Georges Pompidou, avant son décès à peine 4 semaines plus tard. Plusieurs ministres connus pour leur hostilité au TGV assistent au Conseil comme Valéry Giscard d'Estaing, ministre des Finances, Olivier Guichard, ministre de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports, André Bettencourt, secrétaire d'État aux Transports.

Mais cette décision n'envisageait pas l'énergie de traction. Cependant, l'option d'électrification de la ligne avait été ouverte lors de la Commission Le Vert, en juillet 1973. Après la décision gouvernementale du 6 mars 1974, des études complémentaires étaient menées, en liaison avec la DATAR, concernant l'électrification et le tracé (bretelle de Mâcon). Le secrétaire d'État aux Transports, Marcel Cavaillé, demandait, le 17 juillet 1974, l'accord du ministère des Finances sur ces deux choix. Jean-Pierre Fourcade signe la lettre d'accord le 21 novembre 1974. Celle-ci ouvrait la possibilité de lancer l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique. La décision d'électrifier la ligne Paris Sud-Est date donc du 21 novembre 1974.

Pourtant, pour les dirigeants du Matériel, la crise de l'énergie n'a été qu'un prétexte pour faire entériner par le gouvernement — sans risquer de remettre en cause la décision sur la ligne — un choix technique qui s'est progressivement imposé à eux depuis 1972. Ce choix était partagé par le Service de la Recherche. De fait, à partir du moment où le projet C03 a fait la preuve de la viabilité de ses concepts de base, en mai 1968, l'option TGV électrique a été effectivement étudiée. Le premier projet de la DETE *Projet C03 - Prétude de rames automotrices à traction électriques* date de décembre 1969. Mais elle l'a été par la DETE jusqu'à fin 1972 (cf. le *rapport C03 Paris-Nord* de février 1972, annexe 4) exclusivement sous la forme d'une rame classique modulable, alors que la rame de démonstration était articulée. La perspective d'un réseau européen à grande vitesse, l'Europolitain étudié par la Commission Recherche prospective de l'UIC à partir de 1968, a également pesé pour la mise à l'étude d'une solution électrique notamment du fait des contraintes techniques de traversée du tunnel sous la Manche. Cette perspective, le recentrage du programme de recherches sur la définition des rames de série avaient conduit en 1971 à étudier plus

systématiquement la faisabilité de la solution électrique. L'étude économique menée cette année, sur l'initiative de M. Walrave, avait montré la rentabilité propre de la solution électrique sur Paris-Lyon. Envisagée d'abord pour le TGV Nord, cette solution s'est progressivement imposée pour le Sud-Est.

Entre 1971 et 1975 deux types de rames étaient envisagés : les unes bi-courant, les autres à turbines, la part de ces dernières dans le parc prévu diminuant continuellement entre ces deux dates. Des devis comparatifs de ces deux types de rames montrèrent en 1973 un écart de prix important en faveur de la rame électrique. Il fut décidé que les deux types de rames ne différeraient que par les motrices : les remorques extrêmes munies d'un bogie moteur seraient alimentées par un module de traction électrique, seuls les deux bogies moteurs des motrices étant alimentés soit par des turbines soit par énergie électrique. L'écart de prix entre les deux types de rames poussait à l'adoption de la solution électrique comme solution de base pour la desserte du Sud-Est. À partir de 1973, la majeure partie du parc fut prévue en version bi-courant, les rames à turbine — devenue rames mixtes turbo-électriques — ne subsistant que pour les dessertes de Grenoble (Lyon-Grenoble n'étant pas électrifiée) et de Lausanne (la tension suisse étant différente de celles pratiquées sur le réseau français, la traction thermique évitait d'avoir recours à des rames tri-courant, solution finalement mise au point).

La crise de 1974 accentua cette tendance. Les premières marches d'essai de Zébulon de 1974 et 1975, dont l'objet central était pourtant l'étude du comportement du bogie Y 226, furent présentées dans la presse anglaise, dès juillet 1974, comme celles du premier TGV électrique³⁹, accréditant dans le public le passage du turbotrain au TGV électrique. Mais l'appel d'offres de 1975 prévoyait encore un cinquième de rames thermoélectriques. L'écart de prix mais surtout l'écart de coût d'exploitation entre les deux types de rames rendaient intéressante l'électrification de Lyon-Grenoble. Le marché de 1976 ne portait plus que sur la construction de rames électriques.

Ce déroulement montre qu'il faut sans doute inverser la proposition courante selon laquelle c'est la crise de l'énergie qui a fait le TGV électrique. La décision technique était prise avant mais n'a pu être rendue publique (y compris à l'intérieur de la SNCF) qu'à la faveur de la crise de l'énergie.

5. L'aboutissement d'une modernisation technique classique

Finalement, l'ensemble des choix techniques réalisés, qui ont conduit à la rame TGV Paris Sud-Est que nous connaissons, ont mis en jeu trois types de considérations. La simplicité du matériel, sa standardisation, la recherche de faibles coûts d'entretien sont très caractéristiques de la politique industrielle mise en place par Jean Dupuy à partir de 1968 mais qui prit son essor quand il devint directeur du Matériel, fin 1971 et qu'il poursuivit comme directeur général adjoint puis directeur général de la SNCF. Les caractéristiques d'exploitation offertes par la grande vitesse, notamment l'adaptation de la fréquence de desserte, permettaient d'ajuster la capacité de l'offre aux variations de la demande sans le recours à la classique composition de trains plus ou moins longs. Enfin, les contraintes de calendrier de la décision politique concernant la ligne nouvelle imposaient de conserver des solutions techniques éprouvées et de limiter les développements nouveaux aux composants strictement nécessaires à une exploitation sûre de la grande vitesse, afin de pouvoir

³⁹. Sous le titre « Electric TGV », la *Railway Gazette* de juillet 1974 parlait de la Z 7001 comme de « a straight electric version of the TGV001 turbotrain ». Cette trouvaille journalistique, souvent reprise depuis, était accréditée par la concomitance des décisions concernant le mode de fourniture d'énergie adopté pour le TGV Paris-Sud-Est. Après cette décision, la Z 7001 servit effectivement à des essais de captage de courant à grande vitesse, réalisés depuis 1969 avec des locomotives classiques

passer commande des rames dès que la décision politique de réaliser le projet serait définitivement arrêtée.

Les principales innovations techniques du TGV Sud-Est sont donc en nombre réduit. Le principe de la rame articulée, avec les bogies placés entre les voitures, avait été adopté à l'origine pour faciliter la mise en place d'un système de pendulation des caisses finalement abandonné. Il s'est concrétisé par l'adoption d'un anneau de liaison qui solidarise les caisses de manière rigide, constitue une intercirculation étanche et crée ainsi une rame indéformable. Ce principe améliore les qualités aérodynamiques et confère aux rames TGV une stabilité remarquable. La disposition des moteurs, accrochés sous la caisse de la motrice et non plus dans ses bogies, imposée par les contraintes de stabilité à grande vitesse, a conduit à l'adoption d'une transmission tripode, dérivée de celle des poids lourds. La signalisation est embarquée grâce à une transmission voie-machine, qui paradoxalement avait connu des échecs répétés depuis 1934 quand il s'agissait de la mettre en œuvre sur le réseau ancien.

Mais cette logique des choix techniques conduisant à l'abandon, nécessaire au succès du TGV, de possibilités examinées dans la phase de recherche, s'est également traduite par l'abandon définitif de leur exploration par la SNCF. Nous avons ainsi signalé l'abandon des recherches sur la pendulation ou sur le freinage par courants de Foucault — techniques à l'ordre du jour du « TGV nouvelle génération » de l'an 2000 —, l'arrêt du développement de l'utilisation ferroviaire de la turbine à gaz. Plus grave encore du point de vue des capacités de recherche de la SNCF, apparaît être la suppression du Service de la recherche décidée brutalement fin 1975 par les nouveaux dirigeants Paul Gentil et Jean Dupuy, après le départ en retraite de Roger Guibert puis d'André Ségalat, le directeur général et le président de la SNCF qui en avaient porté le projet. Avec cette liquidation, le régime d'innovation dans l'exploitation auquel le Service de la recherche avait donné toute son ampleur, laisse la place à une logique de recherche beaucoup plus institutionnelle. Les départements du Service de la recherche sont intégrés dans les directions fonctionnelles, techniques ou d'études économiques. L'effort de recherche de la SNCF décroît sensiblement pendant dix ans même s'il reste largement consacré au développement du TGV qui devient le grand projet de l'entreprise.

Avec ses quelques aspects fortement novateurs, limités aux interfaces techniques fondamentales (articulation, bogie, transmission, signalisation) pour assurer la faisabilité et la sécurité des circulations à grande vitesse, le TGV Sud-Est s'inscrit également dans la longue durée de l'évolution du réseau ferroviaire. Sa conception technique n'apporte d'autre mise en cause radicale de cette évolution que de la mener, peut-être, à son terme. Ainsi, en matière de traction, les rames TGV-PSE sont équipées d'une chaîne de traction électrique bi-courant, ce qui leur permet d'utiliser aussi bien le courant continu de 1500 V des lignes classiques de la SNCF que le courant alternatif 25 000 V-50 Hz des lignes à grande vitesse tandis que quelques rames tricourant, capables de circuler avec le courant alternatif de 15 000 V-16 2/3 Hz, desservent la Suisse. Il est alors, du point de vue technique, la synthèse et la limite des solutions éprouvées. Il marque en quelque sorte l'aboutissement de la modernisation engagée avec l'électrification en courant industriel. Cette part structurelle de continuité technique est au fondement de l'idéologie officielle de l'entreprise qui a minimisé les ruptures constitutives de l'innovation de système et considère « plus subtilement » le caractère « évolutionnaire » du TGV⁴⁰. Mais une telle vision, qui réduit l'innovation à sa seule dimension technique, ne permet pas de saisir, parmi d'autres ruptures, le remaniement des relations entre SNCF et constructeurs de matériel ferroviaire que l'industrialisation du TGV a favorisé.

⁴⁰. Jean Bouley, « L'heure des grandes options : les innovations essentielles apportées par le matériel Paris Sud-Est », *RGCF*, décembre 1976, pp. 751-754.

IV. LE GRAND PROJET : L'ORGANISATION INDUSTRIELLE POUR CONSTRUIRE LES RAMES TGV PARIS SUD-EST

Ces innovations tendent à faire du TGV un système technologique cohérent mais spécifique au sein de l'exploitation ferroviaire. Programme d'exploitation, système de signalisation, modalités d'entretien différent fortement du matériel classique. Le TGV a ainsi été une pièce maîtresse pour engager une évolution plus générale de rationalisation de la politique de traction de la SNCF. Celle-ci passa par la réorganisation de la direction du Matériel avec la création du département Construction (MC) qui prit pleinement effet après le départ de Robert Boileau à la retraite, en regroupant les trois divisions d'études préexistantes (les anciennes DETE, DETMT et DEV). Les deux très grands marchés du TGV et des voitures Corail, passés au milieu des années soixante-dix, ont également joué un rôle industriel en favorisant le mouvement de concentration des constructeurs de matériel, grâce au leadership pris par Alstom à cette occasion. Cette période de concentration industrielle et de réorganisation des rapports entre la SNCF et l'industrie confère alors au TGV les caractères d'un « grand projet »⁴¹.

Élie Cohen s'est appuyé sur divers travaux concernant d'autres secteurs pour généraliser son étude des relations entre État, exploitant, innovateur et industriels dans les télécommunications et définir le « colbertisme *high tech* ». Il considère, à partir de nos analyses de l'émergence du TGV comme réponse à un risque concurrentiel⁴², que « l'exemple du TGV confirme nombre de traits du modèle du grand projet, rôle de la commande publique, des grands corps, transfert technologique, servitudes des industriels..., mais il met à jour trois éléments originaux : la mise en concurrence de technologies (l'innovateur Bertin contre la SNCF), le caractère décisif d'arguments de type commercial dans le choix du TGV, le rôle décisif de la "francisation" de technologies américaines dans la construction de l'avantage technologique français »⁴³. Poursuivant donc cette analyse, nous ne cherchons pas ici à discuter précisément la validité de l'extension au TGV des conditions de définition du modèle du grand projet. Il nous a paru plus intéressant de retenir de ce modèle les « dynamiques du grand projet » qui invitent à caractériser les processus de passage d'une logique de l'arsenal à une logique équipementière puis à une logique de marché.

Sans le justifier ici, nous considérons que la logique de l'arsenal correspond au processus d'innovation qui a abouti au milieu des années cinquante à l'adoption en France de la traction électrique en courant industriel monophasé. Louis Armand et les ingénieurs français y ont vu le levier d'une restructuration stratégique⁴⁴ permettant à l'exploitant de maîtriser les exigences de la productivité d'ensemble et de l'optimisation globale du réseau comme les relations avec les acteurs sectoriels. Mais, au milieu des années soixante, cette logique de l'arsenal n'arrive pas à se transformer en une logique équipementière pourtant nécessaire à la modernisation industrielle, du fait des verrous politiques, stratégiques et techniques évoqués au début de ce papier et qui tendent à devenir la doctrine de la haute administration et d'importants hommes politiques. La rupture

41. Cf. Élie Cohen, *Le Colbertisme "high tech"*, *op. cit.* Les caractéristiques du « modèle du grand projet » pour les télécom sont plus particulièrement définies pp. 96-100, et confrontées à d'autres grands projets technologiques, pp. 101-112.

42. En particulier, Georges Ribeill et Jean-Michel Fourniau, « La grande vitesse en France et en RFA : politiques de transport et stratégies industrielles » in Brénac (É), Finon (D.), Muller (P.) (dir.), *La grande technologie entre État et marché. Politiques publiques comparées* (Actes du séminaire international de Grenoble, 8-9 novembre 1990), CÉRAT-Université Pierre-Mendès-France, Grenoble, 1991, pp. 131-160.

43. Élie Cohen, *op. cit.*, p.106. Le dernier trait cité renvoie plutôt à l'électrification en courant industriel qu'au projet TGV.

44. Cf. Yves Stourdzé, « De la vapeur à l'électricité » in *Pour une poignée d'électrons*, Fayard, Pouvoir et communication, 1989.

stratégique voulue par Roger Guibert et que matérialise l'émergence du TGV permet de relancer la logique équipementière avec l'industrialisation du TGV. Cette dernière, en effet, est l'occasion de redéfinir les relations entre les pouvoirs publics et l'exploitant, entre ce dernier et les industriels, de redéfinir également la place et l'organisation de la recherche à la SNCF. Nous nous proposons d'analyser ici comment le TGV, en devenant grand projet industriel, stabilise une configuration de ces relations et ouvre ainsi une période de logique équipementière qui fait seulement depuis peu place à une nouvelle logique de marché.

1. De l'« ère Nouvion » à l'« époque Dupuy » : L'évolution de la politique de traction dans les années soixante

À la fin des années cinquante, les recherches conduites par la DETE orientent la modernisation des politiques de traction vers une machine universelle simple grâce à l'accroissement de la puissance des engins moteurs, l'augmentation du nombre de bogies moteurs, l'adoption d'une architecture monomoteur des bogies et de la bi-réduction. L'on peut parler de locomotive universelle quand se généralise, à partir de 1959-1960, la grande innovation due à Fernand Nouvion : les locomotives à bogies monomoteurs, bogies dans lesquels il a conçu un système d'engrenages — la bi-réduction — permettant un double usage selon la vitesse maximale sélectionnée. « La bi-réduction s'intègre bien dans la philosophie des années cinquante-soixante pratiquée par la SNCF avec des trains à vitesse modérée remorqués par des locomotives plutôt mixtes et légères, à performances moyennes, le tout donnant un coût minimal faisant espérer une rentabilité maximale » [Lamming⁴⁵, p. 228].

La première grande série de machines mixtes fut celle de la BB 16 500 monophasée d'Alsthom (293 locomotives mises en service entre 1958 et 1964). C'était une locomotive à bi-réduction (V max. 90 et V max. 150) apte au service des voyageurs et au service des marchandises. Il y eut également les séries Alsthom BB 8 500, BB 25 500 et BB 17 000, séries à bogies monomoteurs mises en service à partir de 1964 (145, 194 et 105 engins respectivement). Puis il y eut les BB 9 400 de MTE (130 locomotives mises en service à partir de 1961), monomoteurs et avec changement de réduction. Au milieu des années soixante, « techniquement stabilisée sous la forme de locomotives bi-courant à bogies monomoteurs et à disposition BB pour la grande partie de son parc, la traction électrique assure désormais plus de 50% des parcours de la SNCF » [Lamming, p. 295] même si l'âge moyen du parc de traction électrique est déjà intermédiaire (18 ans) comparé à celui du parc diesel (seulement de trois ans si l'on exclut les locotracteurs).

Dans cette période charnière du point de vue de la politique de traction de la SNCF, les grandes séries mentionnées se répartissent en familles de locomotives avec un chef de file par famille, à la fois mécanicien et électricien, Alsthom pour les BB 16 500 ou les 25 500, Jeumont-Schneider pour les BB 9 400, par exemple. Il n'y avait pas alors de répartition entre constructeurs, ou très peu, surtout pour les équipements. Cette absence de spécialisation industrielle conduirait à nuancer l'idée, admise ici, selon laquelle une logique de l'arsenal prévaut à cette époque.

a) Une première spécialisation des constructeurs débouchant sur une répartition industrielle

Mais les commandes de grosses séries ont amené les constructeurs à rationaliser la production, à rechercher l'effet de grande série. De plus, la politique de prix et de qualité menée par la SNCF vis-à-vis des constructeurs les a poussés à se spécialiser. Par exemple, cette politique a conduit Creusot-

⁴⁵. Clive Lamming, *Évolution des politiques et des techniques de traction à la SNCF, 1937-1992*, thèse de doctorat ès-Lettres (histoire), Université Paris IV, octobre 1993, 469 p. Cité dans la suite comme [Lamming]. Clive Lamming baptise cette période « ère Nouvion » (p. 188 et sq.) et l'oppose à « l'époque Dupuy », la période suivante dominée par Jean Dupuy quand il a rejoint la direction du Matériel (p. 347 et sq.).

Loire à s'équiper pour faire des bogies. Apparaît alors, à partir du milieu des années soixante une spécialisation dans l'industrie ferroviaire française. La SNCF conservant la maîtrise globale de la conception des matériels de traction, les fabricants deviennent peu à peu des spécialistes pointus, chacun dans son domaine entretenant des relations étroites avec les bureaux d'études spécialisées de la SNCF. Les commandes répartissent alors les différents composants aux différents constructeurs après mise en concurrence par appel d'offres pour déterminer le chef de file.

La spécialisation de la répartition des commandes aux constructeurs a commencé en 1964, à l'instigation de Nouvion, avec les CC 6 500 (bi-rapport avec bogie monomoteur, 74 locomotives mises en service entre 1969 et 1975). Cette série, comme d'autres configurations CC, sera remplacée pour des raisons économiques par des BB, moins chères avec leurs 4 essieux moteurs, et aptes à faire un service presque équivalent. Mais cette série a inauguré la répartition spécialisée de la commande par l'attribution des moteurs de traction à Alsthom-Tarbes, du bloc central à Jeumont-Schneider, de l'équipement d'alimentation des résistances à CEM, des caisses et du montage des caisses à Alsthom-Belfort, des bogies moteurs au Creusot, des bogies des voitures aux ANF.

Cette spécialisation et la répartition qui en résulte seront confirmées pour les BB 15 000 (sorties en 1971, 62 locomotives mises en service entre 1971 et 1978), puis les BB 7 200 (sorties en 1976, 102 locomotives mises en service entre 1976 et 1985) et les BB 22 200 (sorties en 1976, 205 locomotives mises en service entre 1976 et 1986), etc. Pour en tout 535 locomotives construites avec MTE comme chef de file, la répartition industrielle fut celle-ci : les moteurs de traction allaient à Alsthom-Tarbes, les parties mécaniques et les bogies à Le Creusot-MTE, les caisses et le câblage des caisses à Alsthom-Belfort, alors que les équipements électriques revenaient à Jeumont-Schneider-MTE, transformateurs et inductances à Jeumont-Lyon, équipements électriques et électronique de puissance à Champagne pour les BB 15 000, à la Plaine-St-Denis pour les autres. Cette répartition restera assez stable jusque dans les années quatre-vingt, moment où le mouvement de concentration industrielle aboutit à l'intégration dans une entreprise unique.

b) L'évolution des rapports entre la SNCF et les constructeurs : spécification et mise au point

Jusqu'au début des années soixante, les matériels se différençaient pour répondre à un profil, une ligne, un trafic particulier. Dans ces conditions, c'est l'exploitant qui définissait jusque dans le détail les caractéristiques des machines. Pour les constructeurs, la réponse aux appels d'offres ressemblait à « un devoir surveillé sur table ». La spécialisation des constructeurs leur a permis de jouer dans les années soixante un rôle plus actif dans la négociation avec la SNCF. Elle s'est concrétisée par une modernisation de l'outil industriel, par une meilleure maîtrise des technologies modernes et par une plus grande capacité d'études et de mises au point de production grâce à des outils plus performants. Leur apport dans le concours d'idée pour la transmission du TGV001 en fut un exemple.

La SNCF conserve néanmoins pleinement son rôle de spécification des engins, de définition des caractéristiques du produit, performances mais également conditions de maintenance, critères de disponibilité et de sécurité, auxquels l'utilisateur est très sensible. Les divisions d'études de la SNCF conçoivent l'architecture fonctionnelle et les avant-projets qui sont ensuite soumis aux industriels. La structure des services techniques de la SNCF et celles des constructeurs, assembleurs ou fournisseurs d'équipements, freinistes, etc., se correspondent. Chacune des entités d'études des constructeurs a des correspondants dans les divisions d'études de la direction du Matériel. Le dialogue entre l'utilisateur et l'industriel, spécialités par spécialités, permet de dégager en commun avec les fournisseurs potentiels des solutions qui répondent aux performances et aux conditions de maintenabilité, de fiabilité, de sécurité demandées par la SNCF. La qualité de cette relation tient souvent beaucoup plus à la personnalité des interlocuteurs, à la confiance réciproque créée par un

dialogue prolongé qu'à des conventions formalisées et codifiées. Lorsque le produit est défini, sa spécification technique permet à la SNCF de demander un prix aux constructeurs. Quand il s'agit d'ensemble important comme une locomotive, la SNCF met en concurrence les différents constructeurs pour "faire le prix". Une fois le prix établi, le développement est confié à la société chef de file, le choix des solutions techniques restant fortement contrôlé par les bureaux d'études de la SNCF par le système de "design review". Enfin, l'équilibrage des charges de production conduit à des répartitions industrielles entre les constructeurs, organisées par le chef de file. Le rôle des industriels est donc d'abord le développement et la mise au point technique, réalisés dans une collaboration étroite avec l'exploitant qui seul dispose des voies d'essai en ligne et maîtrise les conditions d'expérimentation dans les conditions d'une exploitation commerciale.

Malgré l'importance des séries construites dans les années soixante, cette époque reste marquée par une forte différenciation des engins moteurs à l'intérieur des séries. Au cours de la dizaine d'années pendant lesquelles sortent les locomotives d'une série, les bureaux d'études de la SNCF ou des constructeurs poussent à l'adoption de composants plus modernes, à la réalisation de variantes techniques plus adaptées à certains usages des engins. Finalement les coûts de la série s'en ressentent, les coûts d'entretien croissent et les conditions de maintenance se compliquent. Malgré la tendance à la rationalisation du matériel et la recherche de la machine universelle, on assistait finalement à la prolifération des types de locomotives. Dans cette prolifération, certaines locomotives, conçues trop rapidement, connaissaient des déboires.

c) Le tournant industriel initié en 1968 et l'entrée dans « l'époque Dupuy »

Emblématique de la locomotive universelle, la complexité mécanique de la bi-réduction, ses nombreux engrenages, demandaient un entretien suivi et hors des normes habituelles. Son coût d'exploitation était élevé. Or, les contraintes financières qu'ont fait apparaître les commandes de grandes séries de locomotives dans la première moitié des années soixante, le contexte politique de remise en cause de l'électrification en faveur de la traction diesel, ont mis au devant des préoccupations de la direction de l'entreprise la recherche de la productivité et, en matière de politique de traction, l'abaissement des coûts d'entretien. Jean Dupuy initia dès son arrivée à la direction du Matériel comme responsable de l'entretien en 1967 puis comme directeur-adjoint, en 1969, une nouvelle politique de traction. Ce « tournant industriel », selon la dénomination que lui donnèrent les ingénieurs de l'époque, est caractérisé par la volonté de simplifier les engins moteurs, d'une part, d'en diminuer les coûts d'exploitation d'autre part, par la diminution du nombre d'organes, leur "fiabilisation" accrue, la diminution ou suppression des frottements mécaniques et des points d'usure, la suppression des équipements à contacteurs ou à relais en faveur d'équipements électroniques statiques, la simplification des moteurs électriques de traction.

L'acte qui inaugure ce tournant industriel est la critique que fait Jean Dupuy de la bi-réduction à partir des préoccupations des services d'entretien : bogies peu stables car de trop faible empattement et peut-être aussi pas assez bien entretenus, mauvaise tenue des carters d'engrenage qui n'évacuaient pas assez d'huile, etc. Au printemps 1968, Jean Dupuy organise une grande réunion Bd de la Gare, dans les locaux de la DETE, expose ces critiques et pose les bases d'un nouveau schéma de conception mécanique, simplifié par l'abandon de la disposition d'essieu de type CC, autour d'un bogie monomoteur lui-même simplifié, abandonnant la bi-réduction, et une conception électrique intégrant dès l'origine la possibilité d'utiliser les deux types de courant, continu ou monophasé. Cette nouvelle conception fut mise en œuvre dès la mise au point de la BB 15 000.

Dans les rapports avec les industriels du matériel ferroviaire, cette volonté de rationalisation se traduit par l'établissement des coûts de la locomotive en fonction des performances souhaitées

avant même que l'ingénieur commence à l'étudier et à faire des choix techniques. « À lui de faire tomber les prix tout en contrôlant le respect scrupuleux des "règles de l'art" permettant de maintenir le niveau de qualité et de fiabilité techniques, au terme de longues négociations avec les constructeurs. La traction n'est plus seulement calculée au niveau des performances mais également des prix. Il s'agit partout d'ajuster finement l'outil ferroviaire aux contraintes de qualité et la traction n'échappe pas à ce mouvement » [Lamming, p. 350].

Ce tournant industriel était nécessaire pour permettre à la SNCF de mener de front, à partir de la seconde moitié des années soixante-dix, une politique conciliant deux objectifs qui peuvent apparaître contradictoires : une politique d'investissements massifs pour s'adapter à la concurrence avec les voitures Corail et l'amorce de la création d'un réseau de lignes nouvelles à grande vitesse ; une politique de resserrement des dépenses de traction qui conduit en particulier à la mise en sommeil de la traction diesel. En fait, la rationalisation de la traction, la maîtrise des coûts que permet la nouvelle organisation des rapports avec l'industrie apparaissent être une condition de la relance d'une politique d'investissements lourds, de l'entrée dans la logique équipementière du grand projet.

2. L'appel d'offres pour la construction des rames du TGV Paris Sud-Est

Le dernier acte important dans le processus des grands choix techniques du TGV Paris Sud-Est est l'appel d'offres lancé le 7 février 1975. Il concernait essentiellement des rames bi-courant (25 kV 50 Hz ; 1500 V courant continu) pour la desserte de la ligne à grande vitesse et de ses prolongements électrifiés en courant continu 1500 V. Les options de l'appel d'offres étaient la réalisation d'une rame articulée type TGV 001 pour la partie remorquée, de 6 bogies moteurs pour la partie traction. En complément des rames bi-courant, une deuxième option était prévue quant à la propulsion : des rames à turbines. C'est donc au cours du processus de l'appel d'offres qu'ont été arrêtés les derniers choix techniques, et que s'est achevée l'évolution vers un parc entièrement en traction électrique

L'appel d'offres est lancé auprès des 11 constructeurs de matériels ferroviaires existants avec la volonté d'établir des prix de référence. Il distinguait 2 lots : la partie remorquée et la partie motrice pour essayer de caler les prix. Six constructeurs différents ont répondu : la Franco-Belge, ANF, De Dietrich, CIMT pour les mécaniciens, Alstom et JS-MTE pour les électriciens. Après deux reports d'un mois par rapport à la date de remise initialement prévue, les offres des six constructeurs ont été remises le 1er août 1975.

a) Le compromis avec les constructeurs sur la conception modulaire de l'équipement électrique

Les études du Service de la recherche sur la définition de puissance montraient qu'il fallait 6 bogies moteurs. L'adoption de la disposition de la rame articulée réduisait le nombre de bogies et posait un problème de freinage lié à la vitesse. Pour le TGV, le freinage électrique était fondamental. En effet, les dispositifs de freinage mécanique sur les bogies moteurs sont limités : on ne peut pas y loger de disques et le freinage par frottement n'est opératoire qu'à faible vitesse afin de préserver les tables de roulement. La sécurité imposait donc une conception très modulaire de l'équipement électrique des freins pour ne pas risquer d'avoir plus d'un bogie moteur en panne à la fois. Cette modularité nécessitait que les équipements électriques soient indépendants les uns des autres.

Pour ces raisons de fiabilité et de disponibilité des équipements électriques, les rames électriques proposées à l'appel d'offres comportaient ainsi 6 ensembles de puissance complètement indépendants. Chaque ensemble de batteries d'accumulateurs alimentant un bogie moteur permettait

de réaliser la modularité et l'indépendance totale des équipements électriques de freinage. Les freins devaient fonctionner même en l'absence de tension caténaire. Le seul frein monté était le frein rhéostatique (indépendant de la caténaire). Cette modularité des équipements électriques de freinage qu'impose les exigences de sécurité et les caractéristiques propres du TGV, est devenu depuis un principe de conception.

Les résultats de l'appel d'offres de février 1975 selon ce principe conduisaient à des prix trop élevés. Les constructeurs (Alsthom et MTE) ont fait une contre-proposition : 2 motrices de BB 22 200 encadrant l'ensemble articulé des remorques. Alsthom proposait pour les rames TGV de présérie une solution consistant en un équipement à hacheurs alimenté sous courant monophasé à partir d'une tension redressée fournie par un seul ensemble regroupant transformateur et pont mixte. Cette installation mettait sous la dépendance d'un seul équipement d'alimentation l'ensemble des équipements de traction de chaque motrice. Aussi tout incident sur l'équipement unique d'alimentation entraînait la mise hors service de la totalité de l'équipement moteur de la motrice. Compte tenu du profil de la ligne nouvelle avec ses rampes de 35‰, il pouvait en résulter de sérieuses difficultés d'exploitation : en particulier l'impossibilité de démarrer en rampe ou de la gravir à faible vitesse.

Cette contre-proposition n'était donc pas acceptable du point de vue de la fiabilité puisqu'elle concentrait les équipements électriques de traction et de freinage sur deux motrices. La SNCF proposa un schéma qui permettait d'adapter la conception de ces rames au service à assurer soit sur ligne à grande vitesse soit sur lignes classiques : les deux motrices sur bogies deviennent indépendantes pour faciliter leur échange et respecter les 16 t de charge limite par essieu, un seul transformateur par motrice mais 6 équipements indépendants en traction monophasée et freinage, deux motrices indépendantes en continu.

Cet agencement général introduit une différence par rapport au TGV 001. En effet, compte tenu des impératifs de masse et d'encombrement, l'indépendance des équipements impose de placer une part de l'équipement électrique (module de 1000 kW) à chaque extrémité de la partie articulée. Les 2 bogies moteurs restant sont reportés aux extrémités de la partie articulée. Pour ces bogies d'un même empattement de 3 m., les masses s'établissent à 7,26 tonnes (moteurs), 7,78 tonnes (porteurs) avec l'allègement dû à l'abandon des patins de frein électromagnétique ou à courants de Foucault.

b) Les rames « amphibies » (thermoélectriques)

Deux options étaient encore prévues par l'appel d'offres quant à la propulsion : traction électrique et, en complément pour la desserte des prolongements non encore électrifiés à l'époque (Lyon-Grenoble), des rames à turbines. Dans cette optique la SNCF passe fin mars 1975 un contrat pour la réalisation de deux groupes bi-Turmo XII B de plus forte puissance à essayer sur le TGV001 avant d'en faire les groupes de motorisation spécifiquement destinés aux rames TGV à turbines opérationnelles. Pour des raisons de standardisation, la disposition de la version électrique, avec l'équipement électrique à chaque extrémité de la partie articulée, est conservée dans l'option « turbine » qui devient ainsi « amphibie ».

Les rames « amphibies » étaient constituées par deux motrices à turbines encadrant le tronçon remorqué de la version électrique. Les deux ensembles de puissance des remorques extrêmes étaient alimentés par un pantographe monté sur la motrice à turbines. Sur ligne à grande vitesse ces deux ensembles donnaient l'appoint de puissance aux motrices à turbines pour réaliser les performances convenables sur cette ligne. Cette disposition de rame se révélait être 10% plus chère que la rame purement électrique (ou purement à turbines) et plus complexe d'entretien. Avec la décision d'électrifier Lyon-Grenoble et la mise au point, début 1976, d'une version électrique tricourant

permettant d'assurer la desserte des prolongements électrifiés selon les normes suisses, les versions « amphibies » à turbines apparaissent sans utilité et sont définitivement abandonnées.

Cette décision, motivée par des raisons concernant spécifiquement l'utilisation de la turbine pour le TGV Paris Sud-Est a, de fait, également signifié l'arrêt du développement de la propulsion à turbines sur le réseau SNCF. Ainsi, les commandes faites pour équiper le parc des RTG entre 1981 et 1983 concernent des turbomoteurs identiques à ceux commandés dès 1974. Faute d'avoir continué à participer au développement de cette technologie que l'aviation faisait toujours progresser, son utilisation ferroviaire était vouée à la disparition à l'achèvement de la durée de vie des matériels RTG mis en service à partir du milieu des années soixante-dix.

3. La mise en place d'une logique de grand projet pour la construction des rames TGV Paris Sud-Est

La spécialisation des constructeurs, la mise en place d'une répartition de la commande entre différents constructeurs, n'avaient pas conduit la SNCF à jouer à proprement parler un rôle de pilotage industriel jusqu'au milieu des années soixante-dix. Cette situation s'est modifiée à la fin des années soixante-dix pour répondre à la baisse des performances à l'exportation des constructeurs nationaux et à un fléchissement des commandes en France. Le marché du TGV Sud-Est apparaît comme ayant marqué le début d'une restructuration des rapports avec les industriels du matériel ferroviaire, la SNCF contribuant à l'émergence d'un champion national. La position dominante acquise alors par Alstom a été le levier de la concentration industrielle engagée dans les années quatre-vingt et aboutissant à un constructeur national unique.

a) Le regroupement des divisions d'études du Matériel et la création de la division MC

Le tournant industriel dans lequel Jean Dupuy avait engagé la politique de traction de la SNCF a pris toute son ampleur quand il fut directeur du Matériel. Dès son arrivée, il promut une réorganisation des divisions d'études qui conduisit à leur regroupement dans le nouveau département Construction (dont le sigle est toujours MC). Il organisa le déménagement rue Traversière en 1972. Mais jusqu'au départ en retraite de Fernand Nouvion et de Robert Boileau, la DETE, rebaptisée MC-E, resta installée dans ses anciens locaux, boulevard de la Gare, et la DETMT (MC-T), avenue de Clichy. C'est finalement fin 1974 que le regroupement fut effectif, rue Traversière, et complété par l'absorption de l'ancienne DEV, la division du matériel remorqué.

Cette réorganisation de la direction du matériel en deux grands pôles, l'entretien et la construction neuve, était complétée par des responsabilités par grands projets. Jean Dupuy reprenait ainsi la structure selon une grille croisant métiers et projets, grille préconisée en 1966 pour le Service de la recherche et qui avait fait ses preuves dans l'élaboration du projet TGV. Ainsi, il n'a pas été créé une division particulière pour le TGV mais une équipe de projet TGV, avec essentiellement Jean Dupuy, Raymond Garde, chef du département MC et, à partir de 1976, Jean-Marie Metzler, pour la chapeauter. Un projet locomotives et automotrices était dirigé par Coget, et un projet voitures et wagons par Moron. Dans cette organisation en projets, les divisions du département MC travaillaient à la demande des projets. L'originalité de cette organisation en projet est de combiner le travail de conception et les préoccupations d'entretiens en intégrant pour un même projet des ingénieurs venus de ces deux horizons.

b) Un cahier des charges définis plus par objectifs que par solution

Avec l'appel d'offres de 1975, la SNCF a fait valoir son rôle de spécification vis-à-vis des constructeurs, allant souvent dans le détail des solutions techniques en fonction de l'expérience

acquise avec l'expérimentation des prototypes, des contraintes de sécurité qu'imposait l'exploitation à grande vitesse, des particularités de son entretien. La maturation du TGV a ainsi suivi au cours de l'appel d'offres un processus d'élaboration caractéristique de l'évolution voulue par le tournant industriel instauré par Jean Dupuy. Les résultats de l'appel d'offre ont alors conduit à l'établissement d'un cahier des charges qui reflètent la volonté de mettre en place une organisation industrielle beaucoup plus rigoureuse qu'auparavant pour la construction du matériel. Sa principale innovation est d'être définie par objectifs beaucoup plus que par solutions techniques.

Ainsi, le cahier des charges puis les études de faisabilité ont été élaborés en concertation avec des représentants des autres divisions du Matériel, notamment la maintenance, et des autres directions de la SNCF, en particulier le Marketing et l'Équipement. « C'est en cela que la dimension est nouvelle : la concertation avec les "utilisateurs" de manière à parvenir à un produit adapté. C'est bien une toute autre période que celle des grands ingénieurs des années d'avant-guerre ou des années quarante et cinquante concevant, avec compétence technique certes, un matériel que les autres services de la SNCF devaient seulement "utiliser" au mieux » [Lamming, p. 351].

Avec la passation du marché pour la construction des 87 rames TGV, le 12 février 1976 (marché confirmé le 4 novembre et comprenant la livraison de deux rames de présérie), on entre pleinement dans la phase de mise en place du grand projet.

Alstom étant le chef de file du projet, la répartition industrielle correspond à la spécialisation qui s'était progressivement dessinée dans les dix années précédentes : moteurs de traction à Alstom, transformateurs, inductance à Jeumont-Lyon, bogies à Creusot-Loire, caisses motrices à Alstom Belfort, équipement électronique à Jeumont-Schneider, équipement électrique à Alstom, remorques intermédiaires à Alstom-Aytré, remorques d'extrémité à De Dietrich. Cette répartition industrielle a été choisie par le chef de file, non par la SNCF. Mécaniciens ayant fortement participé aux programmes des turbotrains et qui aurait pu intervenir pour les bogies et pour les caisses, les ANF n'y ont pas été inclus.

c) 85 rames identiques et une maîtrise d'œuvre unique : l'organisation industrielle de la construction du TGV PSE

Si du point de vue de la répartition entre industriels, le TGV n'est pas une mutation industrielle, la mutation qui s'opère vient du choix fait par la SNCF de faire construire 85 rames absolument identiques. Le respect scrupuleux du cahier des charges a alors nécessité la mise en place d'une organisation industrielle spécifique.

Du côté de la SNCF est créée une cellule de production, la division MCP, elle-même placée sous la responsabilité de Jean-Marie Metzler, le chef du projet TGV, un dirigeant issu de l'entretien. Le rôle de cette structure composée, sous la direction de Guy Sénac, d'ingénieurs venus du département Construction et du département d'entretien, est de faire respecter le cahier des charges. Toutes les modifications demandées par une division d'études de la SNCF devaient recevoir l'approbation de cette cellule, après examen au cours de réunions hebdomadaires. Les modifications importantes étaient discutées lors des réunions mensuelles régulières réunissant les dirigeants du projet TGV de la SNCF et du constructeur chef de file. Les quelques 20 000 dessins constructeurs du TGV y furent approuvés.

L'autre grand changement était en effet la création correspondante chez le constructeur chef de file d'une structure unique de pilotage de la construction, sous la direction de M. Brimont. Tous les constructeurs et équipementiers associés au programme TGV (274 industriels en tout) devaient faire leurs propositions, soumettre leurs dessins à cette structure, la seule habilitée à discuter avec la SNCF. Cela n'alla pas sans quelques représentations auprès de la SNCF de la part de constructeurs

peu habitués à se retrouver dans une telle position de sous-traitants et peu désireux de devoir faire approuver leurs plans par un concurrent.

Cette structure introduit donc une réorganisation très importante des rapports entre constructeurs et exploitant. Elle traduit la volonté de la SNCF, pour contrôler de manière très serrée les coûts de construction, d'instaurer une séparation nette entre la maîtrise d'ouvrage qu'elle exerce et la maîtrise d'œuvre confiée, après appel d'offres, à un pilote industriel unique. Cela a favorisé sur le moyen terme la responsabilisation des constructeurs et l'apprentissage d'un dialogue en termes d'objectifs avec l'exploitant. Le rôle d'études techniques de la SNCF a diminué au profit du renforcement de cette fonction de définition des solutions techniques chez les constructeurs. Les transformations technologiques avec la régulation électronique et l'informatique ont favorisé cette évolution au cours des années quatre-vingt. Finalement cette politique de la SNCF a fait émerger un "champion national" porteur, du côté des industriels, du grand projet TGV.

V. CONCLUSION : LE TGV SUD-EST, UNE PÉRIODE CHARNIÈRE DANS LES RAPPORTS ENTRE L'EXPLOITANT ET LES INDUSTRIELS

Répétons, en conclusion qu'il y a deux moments, aux acteurs distincts, dans la définition du système TGV, suivis dans un troisième temps de l'organisation d'un grand projet industriel. La première période est animée par le Service de la recherche, Bernard de Fontgalland, son directeur, Marcel Tessier qui le remplace en 1971 et dirige le projet C03, Michel Walrave, l'économiste de la grande vitesse. Structure légère et pluridisciplinaire, le Service de la recherche se révèle être un dispositif efficace d'exploration du champ des possibles, d'investigation des interactions entre paramètres économiques et techniques. Sa méthode, l'approche système, rendue opératoire par un renouveau du calcul économique, définit le TGV comme un nouveau système de transport sur un ensemble de relations entre grandes villes qui optimise le temps de parcours entre centres des agglomérations par la fréquence et la ramification de la desserte. La seconde période est dominée par la nécessité de faire les choix techniques pour que la décision politique favorable à la réalisation du TGV Sud-Est puisse se réaliser dans les meilleurs délais. À l'issue de cette phase intermédiaire, les choix réalisés à partir de 1974 ont conduit Jean Dupuy à développer une politique des grandes vitesses pour laquelle « il ne faut pas banaliser le TGV ». Cette doctrine a donné corps à la logique industrielle qui domine la période suivante de construction du TGV et transforme le système TGV en grand projet industriel national. Ces caractéristiques ont fortement déterminé les choix français ultérieurs en matière de réseau à grande vitesse, l'extension géographique d'un système TGV couplant de manière rigide matériel spécialisé et infrastructure nouvelle, et le soutien à un champion industriel national forgeant la logique équipementière du grand projet.

Dans les rapports entre industriels et exploitant, le TGV Sud-Est apparaît ainsi tenir un rôle charnière. D'un côté, il est l'aboutissement du rôle traditionnel de spécification technique de l'exploitant vis-à-vis des constructeurs. Ce rôle donna lieu à l'époque du rapport Guillaumat, à la fin des années soixante-dix, à des discussions vives entre l'État, la SNCF et les constructeurs qui, confrontés à la baisse de leurs commandes à l'exportation, reprochaient à la SNCF de leur imposer des normes leur créant des handicaps sur les marchés extérieurs. Le TGV confirme également le rôle subordonné joué par les constructeurs de matériel ferroviaire dans l'innovation. Les premières négociations du TGV Atlantique ont, par exemple, montré la préférence initiale des industriels pour une conception identique à celle du TGV PSE, leur permettant de réaliser des marges plus importantes par l'effet de grande série recherché. C'est encore la SNCF qui a suscité et largement conçu le saut technologique que représente le moteur synchrone ou l'informatique de commande.

Mais, d'un autre côté, la construction du TGV, sa dimension de grand projet, ont fait entrer les rapports entre industriels et exploitants dans une ère industrielle que la concentration des constructeurs a confirmée au cours des années quatre-vingt. L'État a joué dans cette évolution un rôle actif : l'épisode des rames « protocoles » en 1983 — 12 rames TGV supplémentaires que l'État a obligé la SNCF à acheter pour soutenir l'activité industrielle — est l'exemple exacerbé du rôle régulateur de la commande publique. Celui-ci passe plus naturellement par la mise en place d'une politique publique débouchant sur la promulgation du schéma directeur des lignes nouvelles à grande vitesse, en 1992.

La dynamique équipementière du grand projet nous permet de comprendre pourquoi la période des choix techniques nécessaires pour faire du TGV un matériel opérationnel, avait également conduit à l'abandon de l'expérimentation d'innovations techniques qui auraient pu trouver des débouchés dans d'autres domaines d'exploitation que les grandes vitesses, et s'était terminée par la suppression du Service de la recherche. À l'inverse d'une logique d'exploration, cette dynamique conduisait à refermer l'éventail des possibles pour orienter la modernisation industrielle nécessaire au succès du grand projet. L'amnésie longtemps entretenue sur le rôle du Service de la recherche et sa conception du système TGV permettait alors d'établir symboliquement, dans la mémoire cheminote, la continuité du grand projet technicien, depuis l'électrification en courant industriel conduite par Louis Armand jusqu'au TGV. Le succès de ce dernier effaçait les difficultés rencontrées par la logique d'arsenal de la période d'électrification et la nécessité de la rupture stratégique que la SNCF avait dû opérer à la fin des années soixante sous la direction de Roger Guibert, rupture qui pourtant a vu naître le TGV.

En France comme en Europe, le développement des transports terrestres guidés à grande vitesse est devenu un enjeu de la concentration des industriels du matériel ferroviaire en un nombre très restreint de groupes transnationaux en compétition pour dominer cet important marché. La disposition d'une large palette d'options techniques, comprenant des trains pendulaires et permettant d'offrir une gamme étendue de trains à grande vitesse, offre à terme un atout supplémentaire aux champions nationaux dans la compétition mondiale. Dans la logique de marché qui s'impose aujourd'hui, l'innovation est un moteur puissant de la concurrence industrielle. Les caractéristiques d'émergence du TGV conduisent alors à s'interroger sur les capacités actuelles d'innovation quand se séparent peu à peu en Europe la gestion de l'infrastructure et l'exploitation du chemin de fer.

En France, l'innovation du système TGV est fille du caractère intégré du chemin de fer. La SNCF a eu la capacité, dans une conjoncture donnée, compte tenu des contraintes spécifiques à chacune des dimensions de l'activité de l'entreprise, de mettre en relation opérationnelle les possibilités qu'offraient la modernisation de l'infrastructure, de l'exploitation et du matériel ferroviaire, de définir une nouvelle conception de la desserte, les conditions d'un renouveau du chemin de fer dans un système de transport plus concurrentiel. Dans l'organisation moins intégrée des entreprises ferroviaires qui s'est mis en place en Europe, une innovation de l'ampleur du TGV est-elle encore possible ? Cette interrogation fait mesurer le coût de l'amnésie qui a relégué la question des structures de recherche de la SNCF au second plan alors que le passage d'une logique équipementière à une logique de marché rend plus discriminante la capacité d'innovation dans les services. L'échec des grands projets de modernisation technologique lancés par la SNCF depuis le milieu des années quatre-vingt dans d'autres domaines que le TGV (Astrée, Commutor, Socrate) ne s'explique-t-il pas en grande partie par l'absence d'un dispositif de recherche apte à piloter l'innovation ?