

2001

PLUS



Synthèses et Recherches

L'INNOVATION DANS LES TRANSPORTS TERRESTRES : UN ÉTAT DES LIEUX DES RECHERCHES EN SOCIO-ÉCONOMIE



PRÉSENTATION

SOMMAIRE

PRÉSENTATION	1
INTRODUCTION	5
1. Objectifs de “l'état des lieux”	5
2. Problématique	5
3. Méthode	6
PARTIE I : VUE D'ENSEMBLE DU CORPUS DOCUMENTAIRE	7
1. Analyse des processus et des effets de l'innovation	7
2. Contribution des différentes disciplines	10
3. Le milieu de la recherche	10
4. Les programmes de recherche européens	12
PARTIE II : LA NATURE DE L'INNOVATION ET SES PROCESSUS DANS LES TRANSPORTS TERRESTRES	13
1. La nature de l'innovation et ses spécificités	13
2. Les processus de l'innovation	16
3. Innovation, planification des déplacements et gestion des grands projets	20
PARTIE III : LES DYNAMIQUES D'INNOVATION DANS LES DIFFÉRENTS MODES DE TRANSPORT	23
1. La genèse et les mécanismes de l'innovation dans le système automobile	23
2. L'innovation dans le secteur des transports collectifs urbains (TCU)	25
3. La grande vitesse ferroviaire	28
4. Le fret ferroviaire	28
5. Les effets des nouvelles technologies de l'information dans le transport routier de marchandises	29
PARTIE IV : LES DOMAINES D'EXPÉRIMENTATIONS OU L'INNOVATION EN GESTATION	31
1. Les déplacements non motorisés	31
2. L'alternative à la voiture individuelle	32
3. Le transport de marchandises en ville	32
4. Le transport à la demande	33
5. Autres travaux sur les expérimentations	33
PARTIE V : CONCLUSIONS GÉNÉRALES ET PROPOSITIONS D'AXES DE RECHERCHE FUTURS	35
1. Conclusions générales de l'état des lieux	35
2. Propositions d'axes de recherche futurs	36
BIBLIOGRAPHIE	41
DOSSIER COMPLÉMENTAIRE	45
Annexe 1 : Fiches de lecture	47
Annexe 2 : La perception européenne des enjeux technologiques futurs dans le domaine des transports : un état des lieux (J. Theys)	71

Que nous disent les chercheurs en sciences sociales sur les dynamiques d'innovation dans les transports terrestres ?

C'est la question à laquelle Daniel Faudry et Jean-Jacques Chanaron essayent d'apporter une réponse dans ce numéro 65 de 2001 Plus, consacré à l'innovation dans les transports.

Réalisé à la demande du groupe “Politique des transports” du PREDIT (Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres), ce document, complété par une dizaine de fiches résumant les recherches les plus significatives achevées au cours des cinq ou six dernières années, permet d'avoir une vision relativement exhaustive des points forts et des points faibles de la recherche française en socio-économie de l'innovation sur ce thème des transports.

Un examen global du corpus de recherche étudié par les deux auteurs permet de discerner une concentration des travaux sur un nombre restreint de domaines : les mécanismes d'innovation dans l'automobile, la genèse de la grande vitesse ferroviaire, l'impact des nouvelles technologies de l'information sur le transport routier de marchandises ou de voyageurs ou l'automatisation des métros... Il apparaît également que les recherches consacrées aux processus d'innovation sont sensiblement plus nombreuses que celles qui portent sur leurs effets ou leurs conséquences, même si cette distinction n'est pas toujours très évidente.

Ces focalisations font apparaître – a contrario – de grandes lacunes. La principale est sans doute la très grande rareté des recherches sur ce qui est au cœur des processus d'innovation, les logiques industrielles, les relations recherche-industrie-marché, l'efficacité des politiques publiques d'incitation à l'innovation, ou la caractérisation du système français de recherche par rapport à ses principaux concurrents... De même peut-on constater que le thème de la rupture technologique n'est au cœur que d'un seul ouvrage et abordé par deux ou trois autres – alors qu'il y a unanimité pour admettre qu'à long terme, les systèmes de mobilité actuels ne sont pas soutenables et devront évoluer fortement.

En réponse à ce constat, les deux auteurs proposent de lancer un programme beaucoup plus ambitieux de travaux sur la socio-économie de l'innovation dans les transports – en complément des recherches technologiques financées par le PREDIT, l'Agence nationale pour la Recherche, l'Agence nationale de l'innovation ou l'ADEME ; programme dont ils dessinent, en conclusion de leur contribution, quelques axes.

Il nous a semblé utile de compléter cet état des lieux de la recherche française par un éclairage plus prospectif résumant de manière sommaire la manière dont les grands acteurs européens se représentent aujourd'hui le futur de la technologie dans le domaine des transports. C'est ce qui est fait en annexe de ce dossier à partir d'un texte rédigé récemment pour la Commission européenne. Nous remercions la Direction générale de la Recherche de cette Commission de nous avoir permis de diffuser ces quelques pages qui, nous l'espérons, permettront d'apporter une dimension supplémentaire, intéressante, à ce dossier consacré à l'innovation.

Jacques Theys,
Responsable du Centre de Prospective
et de Veille Scientifiques et Technologiques

**L'INNOVATION
DANS LES TRANSPORTS TERRESTRES :
UN ÉTAT DES LIEUX DES RECHERCHES
EN SOCIO-ÉCONOMIE**

DANIEL FAUDRY & JEAN-JACQUES CHANARON

Document de recherche réalisé en septembre 2003

INTRODUCTION

I. OBJECTIFS DE “L’ÉTAT DES LIEUX”

Ce document a pour objectif de réaliser un état des lieux de la recherche sur l’innovation dans les transports terrestres et de proposer des axes de recherche à développer pour combler les lacunes apparues.

Il porte sur les innovations proprement techniques aussi bien qu’organisationnelles, ce qui peut parfois poser des problèmes analytiques : PRAXITELE, par exemple, expérimentait à la fois un nouveau mode d’usage de la voiture et des matériels de monétique ou d’informatique embarquée.

Il s’agit donc de faire l’analyse et la synthèse de travaux en sciences sociales sur l’innovation (recherches appliquées ou études), ses mécanismes et ses effets, à l’exclusion des travaux de R&D ou de travaux décrivant seulement des innovations techniques.

Initialement, il avait été prévu de laisser aussi hors champ les simples descriptions de services ou systèmes nouveaux (par exemple livraisons par véhicule électrique dans tel ou tel centre-ville), et les évaluations d’expérimentations. Toutefois, il est apparu que les descriptions d’innovations et les évaluations d’expérimentations ne peuvent pas être totalement ignorées, non seulement à cause de leur nombre, équivalent à celui des travaux d’analyse à proprement parler de l’innovation, mais aussi parce qu’ils constituent des matériaux pour ces derniers et décrivent leur champ potentiel. D’une certaine manière, l’écart entre les deux ensembles indique les lacunes des connaissances sur l’innovation.

Cette synthèse vise principalement les travaux français mais il a paru indispensable de réaliser au moins un repérage des travaux européens (Union européenne et pays membres), pour disposer d’un minimum de mise en perspective. La période prise en compte couvre les dix dernières années.

II. PROBLÉMATIQUE

C’est au début des années soixante-dix que la recherche en sciences humaines et sociales s’est saisie de la question de l’innovation dans l’automobile et les transports terrestres, tentant de répondre à des questionnements de différentes natures mais convergents :

- L’innovation peut-elle résoudre les problèmes des nuisances croissantes de l’automobile : gaspillage énergétique, pollution, bruit, encombrements et insécurité ?

- L’innovation dans les transports collectifs peut-elle enrayer l’irrésistible montée en puissance des modes de transport individuels, en fait de l’automobile ?

Ce sont donc des préoccupations pratiques relevant de politiques publiques – politique des transports, politique environnementale, etc. – qui incitent alors les chercheurs à s’intéresser aux innovations potentielles issues de la recherche-développement et aux obstacles ou aux conditions permissives de l’innovation. C’est aussi parce que des expérimentations en vraie grandeur viennent fort à propos alimenter la chronique – l’aérotrain de Bertin, le TGV de la SNCF, les trains à sustentation électromagnétique de Siemens, la voiture électrique à accumulateurs de Renault et Peugeot, la pile air-zinc de Citroën, la pile à hydrogène de l’Institut français du Pétrole, etc.

Trente ans après ces premières recherches en France, les problèmes énoncés plus haut restent d’actualité mais sont formulés un peu différemment. Des progrès indéniables ont été réalisés et pourront certainement encore l’être sur les consommations¹ et les pollutions automobiles mais ces problèmes demeurent. Les progrès qualitatifs et quantitatifs dans l’offre de TC (transports collectifs) n’ont pas permis de modifier notablement leur place dans la répartition modale.

Plus personne ne croit donc maintenant sérieusement en la capacité du progrès technologique à tout résoudre.

La synthèse des connaissances qui est entreprise ici veut montrer quelle est maintenant la problématique de l’innovation dans les transports terrestres et faire apparaître les lacunes et questions en suspens.

Deux questions sont sous-jacentes au travail présenté ici et notamment aux recommandations sur les axes de recherche à développer :

- De quelles innovations a-t-on besoin dans les transports terrestres ?
- A-t-on besoin d’innovation dans les transports terrestres ou aussi, voire plutôt, dans les modes de déplacements et les conditions de la mobilité ?

Pour définir des axes de recherche, il n’est en effet pas possible de simplement identifier les lacunes dans les connaissances actuelles (les cases vides des matrices de classification du corpus documentaire) car elles définissent un ensemble trop vaste.

¹ Encore que la tendance à la réduction des consommations unitaires se soit presque arrêtée dans les années quatre-vingt dix [14].

Il faut plutôt partir des questions « qu'a-t-on besoin de savoir sur l'innovation et pour quoi faire ? », ou en d'autres termes, « qu'a-t-on besoin de savoir pour faire des politiques de transport durables, d'un point de vue social, économique et environnemental ? ».

Pour concrétiser ces questions, il convient d'explicitier les critères permettant de juger du caractère durable de politiques de transports. Ces critères peuvent être formulés comme suit² :

- équité dans le droit à la mobilité,
- acceptabilité des coûts pour les finances publiques et les individus,
- respect des engagements internationaux de la France et amélioration de la qualité de l'air en ville.

III. MÉTHODE

Classiquement, la base de ce travail est l'analyse bibliographique. Notons au passage que le simple rassem-

blement des travaux financés par l'État et en particulier par le PREDIT (Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres) – sur lesquels porte l'essentiel de cette synthèse – n'a pas été aussi simple qu'on pouvait l'imaginer, en raison de la diversité des supports sur lesquels ils se trouvent et de l'accessibilité des différents centres de documentation où ils sont stockés. Le repérage des travaux financés par l'Union européenne. a été, quant à lui, réellement difficile et pour cause.

Compte tenu de l'objectif d'état des lieux dans tous les sens du terme, il a semblé nécessaire de compléter l'analyse bibliographique par une série d'entretiens avec des spécialistes du domaine, chercheurs, responsables de l'administration et de services de R&D*. Ces personnes ont été choisies de manière à constituer un panel d'experts couvrant tous les secteurs des transports terrestres ; à peu près inévitablement, il est composé principalement de chercheurs mais pas exclusivement.

² Cf. *infra* le chapitre sur les recommandations.

* Maurice Abeille, CERTU ; Gérard Cambillau, SNCF ; Yves Crozet, LET ; Robin Foot, LATTIS ; Jean-Michel Fourniau, INRETS ; Michel Frybourg, CNAM ; Jean Grebert, Renault ; Jean-Marc Offner, LATTIS ; Jean-Pierre Orfeuil, IUP Créteil ; Georges Ribeil, LATTIS ; Jean Terrier, TRANSDEV ; Jean-Luc Ygnace, INRETS.

PARTIE I :

VUE D'ENSEMBLE DU CORPUS DOCUMENTAIRE

La majeure partie des documents recensés est d'origine française, parce que les investigations ont été concentrées sur ce pays. Des recherches à l'étranger auraient bien sûr rapporté d'autres travaux mais tout laisse à penser (les recherches bibliographiques sur internet et les entretiens avec les spécialistes listés en annexe) que la bibliographie constituée ici ne passe pas à côté d'ensembles de recherche importants ; en d'autres termes, les chercheurs étrangers et les programmes européens ne semblent pas s'être intéressés plus que les Français à l'innovation dans les transports terrestres.

Le corpus est ainsi constitué de trois cercles, avec un souci d'exhaustivité décroissant : les travaux du PREDIT 2, les autres travaux français, les travaux étrangers dont les travaux sur financement européen.

D'un point de vue institutionnel et financier, on peut tout d'abord observer que sur la petite centaine de documents répertoriés, plus de la moitié a été réalisée dans le cadre du PREDIT. Toutefois, cette proportion change lorsque l'on considère seulement les travaux d'analyse à proprement parler de l'innovation (*cf. infra*). On constate alors que sur les 70 documents de cette catégorie, 28 seulement ont été réalisés dans le cadre du PREDIT. Cette proportion donne sans doute une vue plus exacte de la contribution du PREDIT à la recherche sur l'innovation, puisque le recensement a visé l'ensemble des travaux du PREDIT mais s'est limité aux recherches sur l'innovation pour le reste du corpus, sans donc chercher l'exhaustivité pour tous les travaux de simple description. Le corpus constitué peut être regroupé en deux grands domaines : d'une part, l'analyse proprement dite de l'innovation dans les transports terrestres, qui constitue le cœur du sujet ; d'autre part, la description et l'évaluation d'innovations de services ou d'expérimentations de nouveaux services. Ces derniers sont sans doute d'un intérêt périphérique mais on ne peut néanmoins les ignorer, ne serait-ce que parce qu'ils sont au moins aussi nombreux que les analyses de l'innovation.

I. ANALYSE DES PROCESSUS ET DES EFFETS DE L'INNOVATION

On constate d'abord que tous les travaux portent sur des innovations complexes ou de système, la question de savoir à partir de quel seuil de complexité on peut parler d'innovation et non de simple amélioration technique, n'est pas posée. Il est cependant clair que l'amélioration de la qualité des services de transport, quel

qu'en soit le mode, résulte, pour une grande partie sinon la plus grande, de l'accumulation de micro-innovations, sans qu'il soit le plus souvent possible d'identifier des sauts qualitatifs ; le TGV ou la voiture hybride (dont le succès reste à confirmer) constituent des exceptions.

Les travaux d'analyse proprement dite de l'innovation peuvent être partagés, selon une distinction classique, entre ceux qui portent sur la genèse et les mécanismes de l'innovation, d'une part, et ceux qui s'intéressent à leurs conséquences et à leurs effets, d'autre part. Cette distinction entre travaux d'analyse des processus et travaux sur les impacts et effets des innovations, n'est pas toujours facile à faire ni très pertinente. Par exemple, la recherche sur Météor peut aussi bien être considérée comme l'analyse des effets sur le niveau de service d'un ensemble d'innovations organisationnelles que comme l'analyse des mécanismes d'une innovation de service. Cette entrée par type de problématiques peut être croisée avec d'autres entrées, pour faire apparaître les points de concentration thématique du corpus.

L'autre critère évident d'ordonnement du corpus est le mode de transport qui peut lui-même être subdivisé d'un point de vue fonctionnel, *voyageurs/marchandises*. C'est celui qui a été privilégié, en faisant l'hypothèse que la diversité des caractéristiques techniques et des configurations d'acteurs selon les secteurs empêchait de mener des analyses sur l'innovation et de tirer des conclusions valables pour tous les transports terrestres, ce qui s'est confirmé, au cours du travail.

On pourrait aussi imaginer d'utiliser le critère *urbain/interurbain* ; cette classification s'approche moins d'une partition, car les travaux sur l'innovation dans l'automobile, par exemple, ignorent cette distinction et pourraient donc être classés indifféremment dans l'une ou l'autre catégorie ; elle n'est pas complètement inintéressante pour autant car elle fait apparaître, par exemple, l'absence de tout travail sur le transport interurbain de voyageurs par autocar.

D'autres critères de classement des recherches peuvent utilement être envisagés : innovations techniques *versus* innovations organisationnelles et innovations de service à l'utilisateur *versus* innovations de productivité.

En croisant les types de problématiques (processus de l'innovation/effets de l'innovation) d'une part, et les objets ou sous-secteurs techniques (planification, modes de transports et de déplacements) d'autre part, plusieurs ensembles et thèmes apparaissent :

Tableau n° 1 : Classification du corpus analysé selon le mode de financement des travaux

PREDIT 2

• Analyses de l'innovation

- **Baye, Debizet**, Des nouvelles problématiques urbaines à l'innovation dans l'expertise transport/déplacement, 2001.
- **Beauquier**, Enjeux et effets de la mise en œuvre d'une organisation « orientée client » : ASSUR et la RATP, 2002.
- **Banos, Izembard, Josselin**, Les services de transport à la demande, 2002.
- **Bollo, Henriquez, Stumm**, Le support logistique au commerce électronique, 2000.
- **Buser, Poschet, Rossel**, L'usage des TIC dans les PME de transport, 2003.
- **Duret et al**, Évaluation des réseaux socio-techniques et économiques, 1997.
- **Faure et al**, Le transport à la demande, 2001.
- **FIALEIX Associés**, Innovation et financements du PREDIT dans le secteur automobile, 2002.
- **Foray et al**, Choix d'investissement et formes organisationnelles dans les projets de forte rupture technologique, le cas des trains à grande vitesse, 2001.
- **Frybourg**, L'innovation de rupture, 2002.
- **GM Conseil**, Acceptabilité juridique des innovations technologiques liées à la conduite assistée ou automatique, (*en cours*).
- **Hanrot, Lehuen**, Innovations tarifaires dans les réseaux urbains, 2002.
- **Joseph**, Gares intelligentes, 1999.
- **Joseph et al**, La mise en service de Météor, 2002.
- **Jouve et al**, Les politiques de déplacements urbains en quête d'innovation institutionnelle, 2002.
- **Jouve**, Des politiques locales de déplacements urbains, le PDU de Lyon, 2000.
- **Le Breton et al**, Le transport à la demande, 2000.
- **Lemaire**, Les transports ferroviaires japonais : la politique d'innovation.
- **Metton**, Impact sur la mobilité du développement du commerce électronique, 2000.
- **Offner**, Observation des processus politiques de production des PDU, 2002.
- **Ollivier**, La ville à l'heure du roller, 2002.
- **Orselli, Chanaron**, Vers l'automatisation de la conduite, 2001.
- **Revah**, Demain les routiers, 2001.
- **Rond, Sheperd**, Conséquences de la pénétration des technologies de gestion de l'information sur l'emploi et les métiers du TRM, 1999.
- **Rouxel**, Transports collectifs et développement durable, 1998.
- **Segal**, Impacts sociaux, organisationnels et commerciaux de l'automatisation des métiers de conduite, 2001.
- **SOFRES**, Étude qualitative d'identification de leviers de maintien d'un marché du véhicule électrique, 2000.
- **Soler, Géraud, Mallein**, Méthode d'évaluation de l'acceptabilité sociale de l'innovation dans les transports collectifs, 2000.

• Descriptions et évaluations d'expérimentations

- **Altermodal, 4D**, Analyse de l'expérience de villes étrangères dans le domaine des déplacements non motorisés, 2001.
- **CERTU**, L'innovation au service des déplacements urbains. Bilan de 33 recherches et expérimentations, 2001.
- **Duhamel, Axiales**, Les services de bus du futur.
- **Faure**, La marche et la pratique à pied de la ville.
- **Gilles**, Des idées aux solutions, les transports urbains de demain vus par les hommes et les femmes de neuf villes d'Europe, 1998.
- **Gilles**, Enquête sur l'innovation dans les transports publics urbains, 1997.
- **Gout, Ditttrich-Wesbuer**, Des quartiers sans voiture se développent en Allemagne, 2000.
- **Larcher**, Évaluation de l'axe d'expérimentation : le vélo et la pratique du vélo en ville, 2002
- **Le Gal**, Innovations PREDIT et PDU.
- **Massot et al**, Expérimentation du système de véhicules en libre service Praxitèle, 1999.
- **Missions publiques**, État des lieux des services innovants de mobilité en Europe, 2002.
- **SEMALY, CERTU, LET**, Déplacements et innovations : 25 expériences plus ou moins réussies, 1998.
- **VIA, CARIANE**, Voitures électriques en libre-service, Liselec, 2001.

TRAVAUX HORS PREDIT

• Analyses de l'innovation

- **Bye, Chanaron**, *Technological Change and Inertia*, 1998.
- **Chanaron, Nicolon**, L'innovation dans la construction des matériels de transport terrestre, 1973.
- **Chanaron, Nicolon**, Deux études de cas d'innovation ; I. Le véhicule électrique, II. Le TGV, 1976.
- **Chanaron**, Perspectives de la voiture électrique : les leçons de l'histoire, 1994.
- **Chanaron**, *Automobiles: a static technology, a wait and see industry?*, 1998
- **CNRS**, Parc automobile et effet de serre, 2001.
- **Duret et al**, Projet STEMM, 1998.
- **Duret, Latour**, PROTÉE, 2000.
- **Eifler**, Le développement du système des véhicules électriques.
- **Félix**, Le VAL, histoire d'un nouveau moyen de transport, 1993.
- **Fourniau**, La genèse des choix techniques de la rame TGV Sud-Est, 1997.
- **Gomes**, Contribution de l'analyse de l'activité au processus de conception de produits innovants, application à la conception de systèmes de contrôle commande automobiles, 1999.
- **Guihéneuf**, Innovation technologique et réglementation environnementale, le cas de l'industrie automobile, 1998.
- **Hond**, *In Search of a Useful Theory of Environmental Strategy: A Case Study on the Recycling of End-of-Life Vehicles*, 1996.
- **Hond**, *Inertia on the Strategic Use of Politics and Power: A Case Study in the Automotive Industry*, 1998.
- **Hond, Orsato**, *The Political Ecology of Automobile Recycling in Europe*, 2003.
- **Kostopolou**, Changements techniques et politiques publiques, 1997.
- **Lamure**, Le véhicule électrique à l'horizon 2004, 1996.
- **Latour**, Aramis ou l'amour des techniques, 1992.
- **Leone, Zoboli**, *Implications of Environmental Regulation on Industrial Innovations: The Case of End-of-Life Vehicles*, 1998.
- **Leone, Zoboli, Barbiroli**, *Regulation and Innovation in the Area of End-of-Life Vehicles*, 2000.
- **Lolive**, La mise en œuvre controversée d'une politique de réseau : les contestations du TGV Méditerranée, 1997.
- **Lolive**, Les politiques de la boîte noire sont-elles négociables ? 1999.
- **Mac Kinsey**, *Automotive Software: a Battle for Value*, 2002.
- **Mannone**, Impact régional du TGV Méditerranée, 1995.
- **Medina, Sedilleau**, L'industrie automobile se réorganise pour le recyclage, 2001.
- **Meunier**, *The Politics of High Speed Rail in France*, 2001.
- **Midler**, L'auto qui n'existait pas, 1998.
- **MV2 Conseil**, Étude sur la pertinence commerciale du produit Commutor, 1996.
- **Nieder**, TGV et ICE, les processus de décision entre la politique, l'administration et l'industrie, 1995.
- **Noori et al**, *Developing the Right Breakthrough Product/Service : an application of the umbrella methodology to electric vehicles*.
- **Offner**, L'action publique innovante, 2000.
- **Pavitt**, *Sectoral Patterns of Innovation*.
- **Peters, Becker**, *Innovation Effect of Science-Related Technological Opportunities*, 1998.
- **Picard, Rodet-Kroichvil**, La dynamique du système d'innovation dans l'industrie automobile de la région Alsace Franche-Comté, 2002.
- **Powell**, *The Frontiers of State, Practice in Britain and France Pioneering High Speed Rail Technology*, 1995.
- **Ribeil**, 30 ans de recherche à la SNCF, 1997.
- **Sebbar**, De l'innovation progressive à la rupture technique : exemple de l'automobile, 1994.
- **Soleyret**, Développement des nouvelles technologies ; quelles conséquences pour le marché des transports de marchandises, 2002.
- **Speck**, Système national d'innovation et dynamique institutionnelle. Contribution à l'analyse de la grande vitesse française, 2000.
- **Tugaye**, Véhicules électriques et hybrides : quelles perspectives pour le futur ? 1998.
- **Ygnace, Banville**, Les systèmes intelligents de transport, 1999.
- **Ygnace, Benouar**, Analyse prospective du concept d'autoroute automatique, 1998.

• Descriptions et évaluations d'expérimentations

- **Gérardin**, Premiers enseignements à tirer des expériences innovantes dans le TMV, 2001.
- **INRETS-INRIA**, Les services de voiture à usage partagé, 1997.

- un ensemble de recherches à portée générale, indépendantes des modes de transports et des sous-secteurs techniques (instruments de planification des transports et des déplacements urbains, méthodes de conduite de grands projets, impact des grands programmes de recherche) ;
- l'innovation dans l'automobile (innovations techniques sur les véhicules, innovations organisationnelles dans leur conception et leur production) ;
- l'automatisation des métros dans ses impacts sur le niveau de service et l'organisation de l'entreprise ;
- la grande vitesse ferroviaire (principalement des recherches sur la dynamique d'innovation et sa mise en œuvre) ;
- les nouvelles technologies de l'information et de la communication dans le transport routier de marchandises.

En contrepoint, cette concentration thématique fait apparaître des vides manifestes, pour lesquels il conviendra de se demander si et comment ils doivent être comblés :

- sur les **VP** (véhicules particuliers), il n'apparaît pas de travaux sur les effets des innovations techniques, alors qu'il y a malgré tout des innovations, au moins d'amélioration (automatismes) visant la sécurité, qui mériteraient d'être évaluées ; il n'y a pas non plus de recherches récentes sur les stratégies d'innovation des industriels du secteur et les déterminants de celles-ci ;
- sur les **TC urbains**, la recherche a été concentrée sur les métros et leur automatisation ; sur les autres modes (tramway, bus), on ne trouve que des descriptions d'expérimentations (voir *infra* tableau n° 2) ;
- sur le **ferroviaire**, la recherche n'a concerné que la grande vitesse, laissant de côté le reste du trafic voyageurs et la totalité du transport de fret ; de plus, c'est la dynamique d'innovation et le système décisionnel qui ont retenu l'attention. Les recherches des années quatre-vingts sur les effets du TGV sur les comportements de mobilité des individus et la localisation des entreprises n'ont pas été poursuivies.
- sur le **transport de marchandises**, les recherches ne couvrent que très partiellement les innovations et évolutions, malgré l'existence d'un groupe thématique dans le PREDIT 2 ; celui-ci ne s'est intéressé qu'aux aspects proprement technologiques du transport mais pas du tout aux opérateurs.

Un autre critère mérite d'être examiné, celui du type d'innovation, technique *versus* organisationnelle. Il apparaît alors que la majorité des recherches porte sur des innovations techniques ou à la fois techniques et organisationnelles. Peu de recherches portent sur des innovations exclusivement organisationnelles : celles sur les instruments de planification (encore que l'on puisse légitimement soutenir qu'un PDU (Plan de déplacements urbains) soit à ranger dans les techniques de planification, au même titre que les méthodes de conduite de projets), les recherches sur la conception et la production de VP et les effets de la privatisation sur le système d'innovation dans les chemins de fer japonais.

Cette constatation tendrait à prouver que l'innovation dans le domaine des transports a toujours une composante technique. Ainsi, par exemple, les équipes mobiles de Météor constituent une innovation organisationnelle mais ne sont possibles et ne peuvent fonctionner efficacement que grâce au système de communication mis en place ; de plus, elles jouent un rôle non seulement d'assistance aux voyageurs mais aussi de maintenance. Autre exemple, l'auto-partage a bien été aussi une innovation strictement organisationnelle au départ mais au bout d'une dizaine d'années, elle a généré la conception de systèmes informatiques de gestion des réservations et de contrôle d'accès qui n'existaient pas auparavant. Une telle conclusion doit toutefois être accueillie avec prudence et surtout ne pas conduire à sous-estimer l'importance et la nécessité des innovations organisationnelles ; pour s'en convaincre, il n'est que de se souvenir des commentaires sur le corporatisme et le conservatisme de la politique du personnel qui fleurissent à chaque grève dans les transports collectifs urbains et la SNCF, alors que ces grèves obèrent les efforts de conquête de parts de marché par ceux-ci.

L'examen de l'ensemble des recherches recensées du point de vue des critères innovations de service/innovations de productivité, fait aussi apparaître une concentration très nette, celle des recherches sur les innovations et améliorations de service. Cette classification recouvre en partie la précédente, les innovations de service n'étant que rarement purement organisationnelles.

II. CONTRIBUTION DES DIFFÉRENTES DISCIPLINES

Si on examine la contribution des différentes disciplines, il apparaît une prédominance des sciences économiques dans l'étude des processus de l'innovation, dans tous les sous-secteurs. Les politistes se sont intéressés aux instruments de la planification des transports et à la grande vitesse ferroviaire. La sociologie et la psychosociologie ne sont présentes essentiellement que dans l'analyse des effets de l'automatisation de la conduite des métros et l'impact des technologies de l'information et de la communication dans le transport routier de marchandises.

La concentration des recherches sur quelques thèmes ou domaines se double donc d'une spécialisation disciplinaire selon les objets de recherche.

III. LE MILIEU DE LA RECHERCHE

Par ailleurs, on peut observer que le milieu de la recherche mobilisé par le PREDIT 2 est très dispersé. Ainsi, parmi les quelque 140 organismes ayant travaillé pour le groupe « recherches stratégiques », 120 n'ont conduit qu'une seule recherche, ce qui augure mal de la capitalisation d'expérience et de compétence. La dispersion est un peu moins grande pour les organismes mobilisés par le groupe « Gestion des déplacements ». Enfin on peut noter que ces deux ensembles sont à peu près disjoints, ce qui doit refléter « grosso modo » la distinction entre études et recherche.

Tableau n° 2 : Classification des analyses de l'innovation selon le type de problématique et le mode de transport³

Modes de transport ou champ thématique	Genèse et mécanismes de l'innovation	Enjeux et conséquences de l'innovation
Système d'innovation	– Baye E., Debizet G., – Frybourg M.,	
Instruments de planification et méthodes	Planification – Offner J-M., – Jouve B. <i>et alii</i> , Conduite de projets – Duret M. <i>et alii</i> ,	Impact de la R&D – Le Gal Y.,
Voyageurs-VP	Innovations techniques sur les véhicules, ITS – Fialeix – Gomes S., – Orselli J., Chanaron J-J., – Ygnace J.-L <i>et alii</i> , Véhicule électrique – Noori H. <i>et alii</i> , – Chanaron J.-J., Stratégies d'innovation – Sebbar S., – Kostopolou M., Innovations organisationnelles dans la conception et la production – Gomes S., – Midler C., Recyclage des automobiles – Hond F. den, – Leone F., – Medina H.V. de, Sedilleau P.,	– Metton A.
Voyageurs-TC urbains	– Soler D., Géraud N., Mallein P., – Le Breton E.,	
Voyageurs-TCSP urbain	Automatisation – Latour B.,	Enjeux et effets de l'automatisation des métros – Segal J-P., – Joseph I. <i>et alii</i> , – Beauquier S., Durabilité – Rouxel F.,
Voyageurs-Train	TGV – Lemaire E., – Fourniau J-M, – Speck K., – Meunier J. – Lolive J. Météor – Joseph I., ICE/Maglev – Foray D. <i>et alii</i> , – Powell R., – Nieder B	– Mannone V.,
Logistique		– Bollo, Henriquez, Stumm,
Marchandises-route		Les NTIC dans le TRM – Rond D., Sheperd J., – Buser, Poschet, Rossel, – Révah J.,

³ Certains documents recensés dans la bibliographie (pages 41-44) ne figurent pas dans ce tableau parce qu'ils constituent plus des descriptions que de véritables analyses.

IV. LES PROGRAMMES DE RECHERCHE EUROPÉENS

Les programmes européens ont visé le développement d'innovations, ainsi que l'analyse et la conception de politiques de transport mais l'innovation n'a pas été un objet de recherche, sauf exception [Protée, 18]. Le programme transports du 4^{ème} PCRD (Programme – Cadre européen de Recherche, de Développement technologique et de démonstration) a porté sur l'interopérabilité des systèmes ferroviaires, la modélisation, les politiques de transport public, la tarification, l'intermoda-

lité, etc. Par ailleurs, les Recherches socio-économiques ciblées (*Targeted socio-economic research – TSER*) ont bien porté sur l'innovation, notamment les systèmes et politiques d'innovation mais il n'y a pas eu de travail spécifique sur les transports. Dans le 5^{ème} PCRD, les programmes thématiques « Énergie, environnement et développement durable » (*Energy, Environment and sustainable development – EESD*) et Croissance (*Growth*) ont poursuivi ce type de démarche technologique et préconisatrice. Les actions COST ont été et sont de nature similaire aux PCRD.

PARTIE II :

LA NATURE DE L'INNOVATION ET SES PROCESSUS DANS LES TRANSPORTS TERRESTRES

I. LA NATURE DE L'INNOVATION ET SES SPÉCIFICITÉS

Le sentiment général qui ressort de la revue des recherches sur l'innovation dans les transports terrestres, est celui d'une faible inventivité ou créativité tant technologique qu'organisationnelle. Les vingt ou trente dernières années ont été celles des innovations d'amélioration. Les quelques ruptures entrevues dans les années soixante-dix [Nicolon, Chanaron, 9] n'ont pas abouti : voiture électrique, train à sustentation électromagnétique, etc. S'il y a eu rupture, elle l'a été dans le niveau et la qualité de service, avec la grande vitesse ferroviaire, c'est-à-dire à l'aval, selon la grille d'analyse proposée par Frybourg.

1. Le concept d'innovation ou l'innovation comme résultat

Une des questions majeures de la théorisation de l'innovation qui n'a pas encore de réponse claire, est celle de sa nature même. Le débat porte sur la question de savoir où réside ou d'où provient la rupture inhérente à l'innovation [Frybourg, 26] et s'il faut rechercher des innovations de rupture ou des innovations d'amélioration : quand peut-on parler d'innovations et *a fortiori* d'innovation de rupture, alors que l'on constate le plus souvent des grappes d'innovations d'amélioration qui aboutissent à une modification de la qualité du service dans le transport collectif ou des performances et/ou de la sécurité dans l'automobile⁴.

Une rupture technologique est un changement de paradigme, donc de mode d'opération technique communément accepté comme le moyen habituel d'accomplir une tâche technique. La rupture technologique s'accompagne ou résulte de multiples discontinuités, y compris dans les connaissances scientifiques fondamentales, et de grappes d'innovations qui sont :

- soit issues de la recherche-développement ;
- soit développées dans un certain contexte d'application ;
- soit induites par les interactions multiples des différents domaines participant du nouveau paradigme.

Cette multitude d'innovations rassemble évidemment des innovations techniques, organisationnelles, sociales, qui sont interdépendantes, parfois concomitantes.

Cette définition vaut pour un système de transport ; à l'échelle des éléments du système, chaque innovation introduit une rupture sans qu'on puisse pour autant parler de changement de paradigme.

En fait, cette question de l'échelle de l'innovation n'est pas posée dans la littérature et la grande majorité des recherches sur l'innovation porte sur des systèmes de transport (grande vitesse ferroviaire, automatisation du métro, etc.).

Le cas du TGV apporte une très bonne illustration de ces débats, en même temps que de la difficulté à capitaliser les résultats des recherches. Il est qualifié par Foray [24] d'innovation de rupture pour justifier le modèle d'analyse qu'il propose, sans citer des travaux antérieurs, qui l'ont interprété en son temps comme une simple innovation d'amélioration [Chanaron, Nicolon, 9, 10]. Ces auteurs montrent que c'est justement parce que ce n'était pas une innovation de rupture, comme pouvaient l'être l'Aérotrain de Bertin et le Maglev de Siemens⁵, que le TGV a été possible alors que les technologies alternatives connaissaient encore des blocages techniques déterminants (aiguillage, croisements, pénétration urbaine). Ces exemples comme ceux d'Aramis montrent la distance entre invention et innovation.

De fait, les innovations techniques radicales dans les transports terrestres ont été très rares, voire inexistantes entre l'invention du moteur à combustion et l'époque récente où apparaissent la suspension magnétique et la pile à combustible. Néanmoins, il est encore plus évident qu'il y a eu une multitude de petites et grandes innovations, sur des éléments des systèmes de transports ou des composants des matériels, aboutissant à des progrès radicaux dans les niveaux de service, sans qu'il soit le plus souvent possible de déterminer où et à quel moment se situe la rupture.

Foray [24] tente, sans apporter de réponse réellement convaincante, de développer un modèle d'analyse des ruptures technologiques dans les systèmes de transport

⁴ Les réflexions sur les distinctions à opérer entre innovations de produit et innovations de service ou entre innovations organisationnelles et technologiques n'ont pas donné lieu à publication. On peut seulement observer que, de fait, les travaux recensés concernent surtout les innovations dans l'offre de services de transport et beaucoup plus rarement dans l'exploitation des systèmes de transport. Les recherches portent aussi le plus souvent sur des innovations ayant des dimensions technologiques fortes et très rarement sur des innovations purement organisationnelles, sans doute parce que celles-ci sont l'exception.

⁵ Il convient de souligner que c'est uniquement parce que Siemens est un conglomérat riche et influent que le Maglev est aujourd'hui à nouveau en vedette avec la ligne Shanghai-Pudong Airport, imposée par le Président chinois à la ville de Shanghai parce qu'il est un ancien ouvrier de Volkswagen et très germanophile.

terrestre en reprenant à son compte les principales avancées de la nouvelle économie de l'innovation, notamment du courant évolutionniste [Chanaron, 11].

Dans son modèle d'analyse des ruptures technologiques, Foray [24] utilise notamment les concepts d'apprentissage technologique d'exploration, lié à la R&D, et d'exploitation, lié à l'usage de la technologie en vraie grandeur, et d'irréversibilité des choix et des décisions. C'est l'équilibre dynamique de ces deux caractéristiques qui fonde le succès ou l'échec d'une innovation de rupture. Dans leur étude de l'innovation dans les transports collectifs urbains, Géraud, Mallein & Soler [85] résolvent le problème de la nature de l'innovation en se situant du point de vue de l'utilisateur ; ils définissent une solution technique innovante de ce point de vue, comme une opération de changement qui permet de dépasser un problème qui se posait auparavant. Ils considèrent de plus que l'innovation ne peut pas faire table rase et doit s'insérer dans les pratiques d'usage préexistantes.

Dans un autre domaine, Noori, Munro, Deszca et McWilliams [67] ont centré leurs analyses de la voiture électrique sur la notion de « *breakthrough product/service* », définie comme une innovation réellement nouvelle amenant des changements radicaux. Comme les auteurs ne donnent aucune autre précision sur ce qu'ils entendent par nouveauté (*innovativeness*), l'intérêt de l'analyse apparaît très limité, d'autant plus qu'ils prétendent construire des scénarios prospectifs et formuler des prévisions technologiques à long terme.

Frybourg [26] contribue à éclaircir le débat, en avançant que la rupture peut se situer à l'amont du produit/service (rupture technologique) ou à l'aval (rupture de tendance) ; la rupture technologique peut elle-même provenir d'un changement dans la base scientifique et technique ou d'une action sur tous les composants du système (c'est le cas du TGV).

Sebban [81] le rejoint à propos de l'automobile. Il élabore son analyse à partir du concept d'innovation de rupture, en contraste avec les innovations ponctuelles d'amélioration. Il tente là aussi, sans être tout à fait convaincant, de démontrer l'hypothèse selon laquelle une série d'innovations de faible amplitude peut conduire à une véritable rupture technique et donc à des changements majeurs des conditions d'usage des matériels de transport.

Cette question n'est pas seulement académique, elle est aussi de première importance pour des programmes de recherches et pour les politiques publiques. Tout le monde s'accorde en effet à penser que les tendances d'évolution actuelles des transports ne sont pas soutenables. La question se pose alors de savoir comment obtenir une rupture de tendance, par des ruptures technologiques majeures ou par la promotion d'innovations techniques d'ampleur limitée ou encore d'innovations significatives dans les modes de déplacement et les conditions de la mobilité, qui pourraient un jour apparaître comme la vraie source de rupture.

Un seul des travaux recensés s'est attaché explicitement à cette question [Frybourg, 26]⁶. En s'appuyant sur trois recherches [Duret, 18, Orselli, Chanaron, 71, Soler, 85], il réfléchit aux conditions de nécessité et de possibilité de ruptures. Il montre que la rupture peut être technologique, à l'amont, ou résider dans le niveau des performances, à l'aval, et résulter d'une accumulation d'innovations incrémentielles. La rupture peut donc prendre diverses formes ; elle peut aussi être « re-codée » selon les contextes et les enjeux et a besoin de s'appuyer sur un paradigme fédérateur. Dans des sociétés et des systèmes techniques de plus en plus complexes, la question de l'insertion de l'innovation dans l'existant devient cruciale et plus personne ne croit au miracle technique. Le choix entre la recherche de la rupture et la mise en œuvre persévérante des meilleures pratiques, est à faire au cas par cas, selon les risques respectifs des deux stratégies.

Encadré n°1 : La notion de rupture

Le terme de « rupture » a une signification intuitive qui varie avec les centres d'intérêt des lecteurs. La rupture peut provenir de la technologie ou de la performance, c'est-à-dire de l'amont ou de l'aval. On parlera de rupture technologique ou de rupture de tendance.

En amont, on peut remonter, pour obtenir une rupture :

- soit à la base scientifique ou aux technologies génériques, comme par exemple, la supraconductivité ou les nanotechnologies ;
- soit, plus en aval, à l'innovation systémique, qui revient à obtenir la rupture par l'action sur tous les composants du système, comme par exemple, la modification des caractéristiques de la voie. L'investissement portera sur une ligne nouvelle spécialisée. C'est ainsi le cas du TGV, qui n'a fait appel à aucune rupture technologique, mais seulement aux technologies disponibles, poussées jusqu'aux limites de leurs possibilités, alors que les caractéristiques des infrastructures existantes ne l'avaient pas permis précédemment.

En aval, on ne s'intéresse qu'au niveau de service : le couple qualité-prix. Le risque technologique ne se justifie alors que :

- par un changement qualitatif non marginal pour le même prix
- ou la même qualité pour un prix nettement plus faible ; ou, ce qui serait l'idéal, les deux à la fois.

- Frybourg, M. (2002), *L'innovation de rupture*, La Documentation française, p. 13.

⁶ Cette question est toutefois sous-jacente à la recherche de Orselli et Chanaron sur l'automatisation de la conduite automobile.

Encadré n° 2 : Quel choix de stratégie de recherche ?

« Le soleil a rendez-vous avec la lune ; il ne le sait pas, mais la lune est-elle là ? »

Cette référence approximative au poète disparu traduit assez bien la problématique de la rupture. Le soleil apporte l'éclairage angoissant sur une situation où l'on va droit dans le mur ; la lune est l'espoir d'une percée tant attendue, d'une rupture dans le mur qui permettrait de sortir de l'impasse. Le soleil ne sait pas si la lune est là, car la rupture est au départ en dehors du champ de connaissance du milieu professionnel concerné. Toute la question est de savoir s'il faut prendre le risque de chercher la lune ou se contenter d'une amélioration incrémentale par la mise en œuvre des meilleures pratiques. Par exemple :

- traiter correctement de l'inscription en courbe du train, notamment par une suspension pendulaire ;
- mieux faire respecter le code de la route et, entre autres, imposer les ceintures à l'arrière comme à l'avant du véhicule et rester en deçà du taux légal d'alcoolémie ;
- trouver un bon équilibre entre investissements répartis par mode ou réglementation et tarification.

• Frybourg, M. (2002), *L'innovation de rupture*, La Documentation française, p. 17.

On peut retenir de cet exposé que la nature de l'innovation dans les transports terrestres pose encore question ; ce flou n'est peut-être d'ailleurs pas spécifique à ce secteur. Aucun des auteurs cités n'a été vraiment capable de fournir une clé de lecture ou des critères qui permettent de construire une typologie des innovations repérées. Est-ce parce que, dans la réalité concrète, les innovations technologiques ou organisationnelles dites de rupture, sont de toute façon très rares, longues et difficiles à se mettre en place ? Est-ce parce que c'est un débat stérile et que c'est la nouveauté qui pose des problèmes de genèse, de diffusion et d'acceptation, quel que soit le degré ou l'ampleur du changement ?

2. Les spécificités de l'innovation dans les transports terrestres

Les spécificités de l'innovation dans les transports ont été soulignées par plusieurs auteurs [Duret, 16, Orselli et Chanaron, 71]. Ces spécificités résultent principalement de trois des caractéristiques du secteur. Un premier élément réside dans le rôle important joué par les infrastructures, leur très longue durée de vie et leur nécessaire dépendance par rapport à la puissance publique. En deuxième lieu, le jeu des acteurs est dans la plupart des cas plus complexe que dans d'autres secteurs, faisant très souvent intervenir les pouvoirs publics et les exploitants, des usagers (des TC) qui ne sont pas des acheteurs (de matériel), etc. Dans le secteur des transports terrestres, l'offre de matériels et de services est dominée par des acteurs publics et privés puissants, les normes et réglementations sont de plus en plus européennes et les marchés sont internationaux. Enfin, les mécanismes de marché sont fortement influencés voire biaisés par la réglementation et par le fait que de nombreux segments sont subventionnés voire entièrement financés par des budgets publics.

Ces spécificités sont surtout à prendre en compte pour les innovations majeures et pour presque toutes celles qui concernent les transports collectifs ou impliquent les infrastructures. Par contre, il n'en reste pas moins que, dans le secteur automobile, la plupart des innovations intervenues ne présentent guère de spécificités par rapport à d'autres secteurs de biens de consommation durables.

Il ressort de tout ce qui précède un consensus sur la nature multiforme de l'innovation dans les transports terrestres et sur la grande diversité des domaines où elle peut apparaître, avec de forts effets de système. Il y a peu d'innovations organisationnelles ou de service qui ne soient accompagnées d'innovations techniques et peu d'innovations purement techniques. Les dichotomies classiques innovations de procédé/produit, produit/service ou technique/organisationnelle y sont sans doute moins pertinentes qu'ailleurs.

• La temporalité du processus

Ygnace et Benouar [90] montrent bien que le déploiement d'une innovation telle que l'autoroute automatique suppose des délais très longs. Ils font remonter l'origine de l'autoroute automatique au General Motors Futurama de l'Exposition Internationale de New York de 1939 alors qu'elle n'est encore aujourd'hui qu'un rêve d'ingénieurs, un concept à l'état de prototype avec le tronçon expérimental de San Diego (Californie).

Ce constat rejoint les hypothèses formulées par Byé, Chanaron [7] et Chanaron [13] qui postulent que les délais sont d'autant plus longs que sont fortes et multiples les inerties inhérentes au domaine des transports terrestres : masse des investissements dans les infrastructures, effet parc de véhicules. C'est sur le même registre que Géraud, Mallein & Soler [85] affirment que, dans les transports collectifs urbains, l'innovation de rupture qui ferait table rase des techniques existantes, n'est pas possible et qu'elle doit s'insérer dans les usages, donc coexister avec les techniques existantes. L'innovation doit trouver sa place dans le système d'offre de transports et dans le système d'usages, donc de demande.

Ces analyses sur l'inévitable longueur des processus d'innovation dans les transports terrestres attirent l'attention sur la lenteur du renouvellement des idées et la difficulté à abandonner des orientations technologiques⁷. La distinction est difficile à faire entre la veille technologique et le maintien utile de la diversité, d'une part, et l'acharnement technologique, d'autre part.

⁷ Il est par exemple étonnant que parmi les recherches stratégiques du PREDIT 2 figure une étude sur les leviers de maintien d'un marché du véhicule électrique.

Foray [24], reprenant encore les notions développées par le courant évolutionniste (*path dependency, explicit-tacit knowledge, etc.*), souligne le rôle crucial de la mémoire organisationnelle et du partage des savoirs dans la gestion des connaissances associées à l'innovation.

3. Le système national d'innovation et les transports

Les chercheurs ne se sont pas intéressés à l'innovation dans les transports terrestres dans le cadre d'une analyse macro-économique du progrès technique propre au secteur des transports terrestres, soit en termes d'évaluation de l'effort de recherche-développement, soit à l'aide du concept de système national d'innovation.

Il apparaît pourtant utile d'analyser l'évolution historique de la part des transports terrestres dans l'effort national de R&D. Les données disponibles sur la dépense nationale de R&D chiffrent à 168 millions d'euros (1,1 milliard de francs) en 2000, l'effort de R&D pour les transports terrestres d'après l'enquête sur les objectifs socio-économiques du budget national de recherche-développement. Un compte satellite « recherche transports », distinguant les différents modes de transport, permettrait utilement une approche fine de l'effort national de recherche en la matière, puisque la répartition modale constitue une question cruciale des politiques de transport.

Les données sur la recherche industrielle sont relativement précises. Elles montrent que les transports terrestres comptaient pour 13,8 % de la dépense de R&D industrielle en 2001, effort autofinancé à 99,2 %.

Les approches en termes de système national d'innovation, largement utilisées depuis quelques années au niveau national mais aussi pour des secteurs d'activités tels que la santé et l'environnement, ne semblent pas

avoir séduit à ce jour les chercheurs sur l'innovation dans les transports terrestres.

Des exceptions méritent toutefois d'être signalées, même s'il s'agit d'approches partielles. L'innovation dans l'expertise transport-déplacement et, indirectement, le rôle de cette expertise dans les systèmes nationaux d'innovation, ont été étudiés par Baye et Debizet [2], en comparant les cas de la France, de l'Allemagne et du Royaume-Uni. Parmi les conclusions, on peut surtout retenir la particularité française tant sur le plan de la faiblesse quantitative que de la quasi-absence des universités parallèlement à l'importance des organismes d'État. Il faut aussi citer la recherche sur le système d'innovation de l'industrie automobile en Alsace Franche-Comté [Picard, Rodet-Kroichvili, 75], ainsi que la thèse de K. Speck [87] sur la grande vitesse ferroviaire.

Enfin, les chercheurs n'ont pas porté attention aux analyses à caractère prévisionnel sur l'évolution des sciences et des techniques dans le domaine des transports terrestres. Cette lacune se retrouve au niveau européen, aucune recherche de prévision technologique (*technology foresight*) spécifique aux transports n'ayant été publiée.

II. LES PROCESSUS DE L'INNOVATION

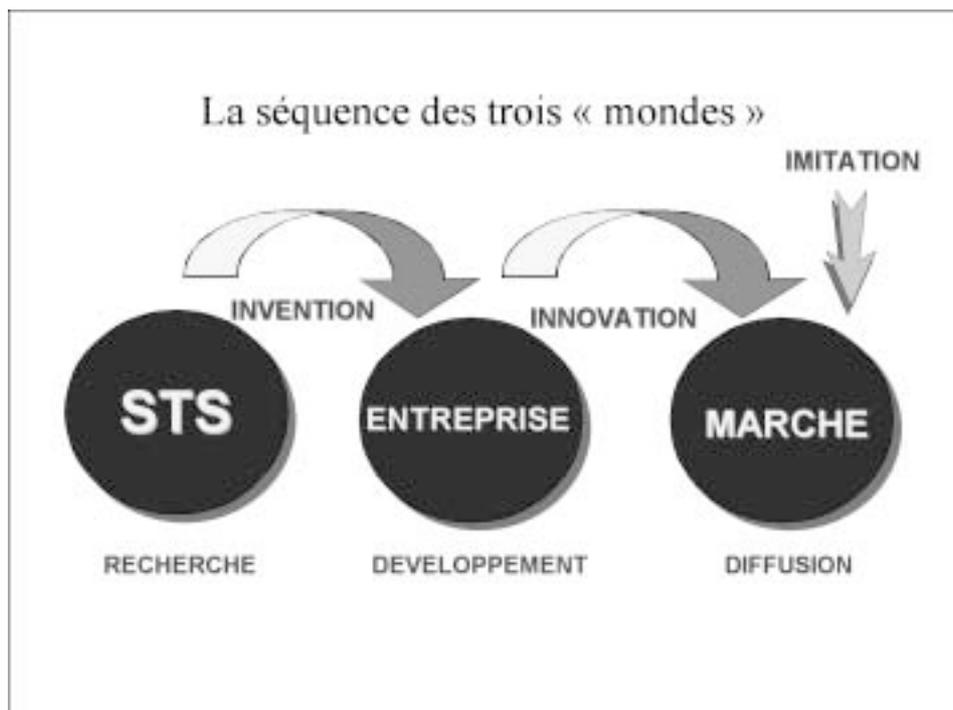
1. Les différentes approches des processus de l'innovation

- **Les approches à visée analytique**

Leur objectif principal est la compréhension des mécanismes du processus d'innovation dans le domaine des transports terrestres.

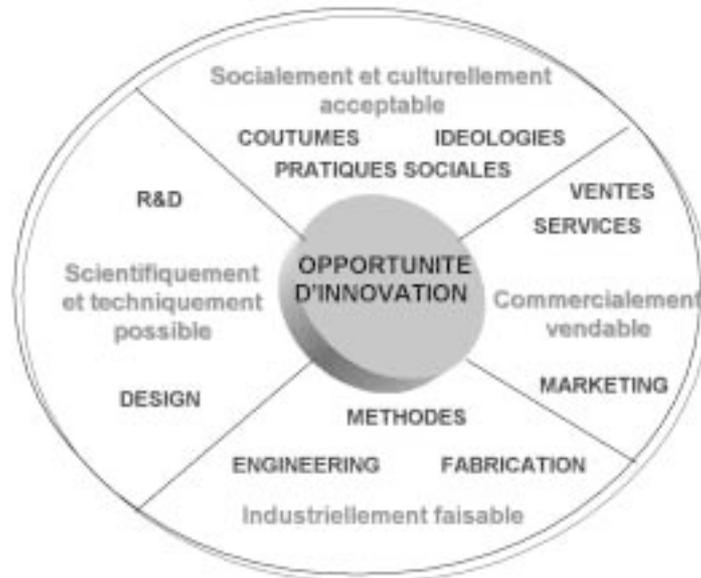
L'analyse de cas d'innovations dans les transports terrestres a largement contribué aux avancées dans l'appré-

Schéma n° 1 : Le processus d'innovation



Source : Chanaron, 1997, Innovation and Organisation, TSM Business School, Twente, Enschede, 13-14 February.

Schéma n° 2 : Le « modèle intégré » (Chanaron)



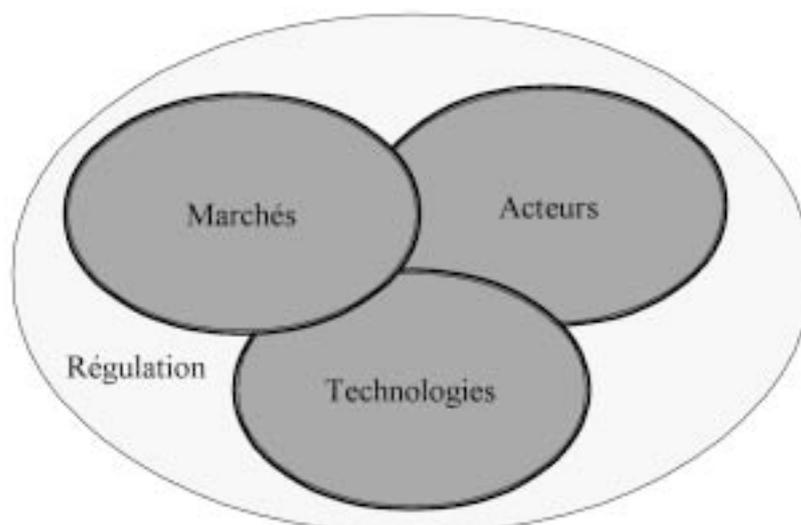
Source : Chanaron, 1997, Innovation and Organisation, TSM Business School, Twente, Enschede, 13-14 February.

hension du processus d'innovation en général. Elle a notamment permis de dépasser les théories en termes de séquences – recherche fondamentale-recherche appliquée-développement-innovation – pour des approches en termes de jeux et d'interactions d'acteurs (cf. schéma n° 1 *supra*). Les visions séquentielles étaient alors et restent encore parfois dominantes, considérant la logique des ingénieurs et scientifiques comme prédominante. Ce consensus sur la conception du processus d'innovation comme un ensemble d'interactions entre acteurs se reflète dans les travaux sur la gestion des grands projets, où ceux-ci sont considérés comme une expérimentation et un apprentissage collectifs plutôt que comme un plan à suivre [16,18].

Les travaux de Chanaron & Nicolon [9, 10] sur le TGV et la voiture électrique ont abouti au modèle dit intégré [Chanaron, 11], qui considère l'innovation comme la

rencontre de quatre logiques d'acteurs (cf. schéma n° 2) : les uns sont garants du scientifiquement et techniquement possible ; les autres déterminent le socialement et culturellement acceptable ; les troisièmes sont en charge de rendre l'innovation commercialement vendable ; enfin, les derniers sont responsables de l'industrialisation. De Banville & Ygnace [89] adhèrent également à cette approche du processus d'innovation comme jeu d'acteurs (cf. schéma n° 3), même si leur recherche n'est pas directement dédiée à l'analyse de l'innovation. D'ailleurs, les auteurs n'utilisent que rarement le terme d'innovation, comme pour éviter d'avoir à élever les débats théoriques à ce niveau-là. Traitant des systèmes intelligents de transports (ITS), ils estiment que leur développement est affaire de jeu d'acteurs aux intérêts divergents : les industriels, les usagers, les pouvoirs publics, les chercheurs.

Schéma n° 3 : Le processus d'innovation (Ygnace et de Banville)



Source : d'après Banville-Ygnace (89).

Les auteurs postulent que, dans le domaine des ITS, l'innovation n'est pas tant question de technique que d'organisation, de volonté, d'ambition. Ils montrent que c'est le partage d'une vision commune qui peut favoriser leur émergence, mais que la logique du marché reste, en tout état de cause, le déterminant ultime. Les auteurs soulignent ainsi l'importance cruciale des coopérations internationales et des accords de partenariat. C'est ainsi que le caractère national et localisé de la recherche-développement – par des laboratoires publics et des entreprises – est totalement en contradiction avec la globalisation des marchés et des groupes industriels, même si les auteurs sacrifient un peu plus loin aux sirènes du nationalisme en vantant les mérites des champions nationaux lorsqu'ils évoquent une situation française handicapée, notamment, par la faiblesse de l'industrie électronique nationale.

De Banville et Ygnace [89] soulignent également que l'introduction des ITS repose sur une convergence entre l'organisation du système industriel – constructeurs automobiles, équipementiers, constructeurs et gestionnaires d'infrastructures routières, opérateurs de télécommunication, etc. –, au sens de l'économie industrielle, et la régulation publique des marchés. Celle-ci intervient évidemment à de multiples niveaux : soutien financier, réglementation, normalisation, etc.

Dans un article à prétention théorique, Peters et Becker [74] introduisent le concept de réseaux verticaux d'entreprises, c'est-à-dire de constructeur à fournisseurs, appliqué à l'industrie automobile allemande au milieu des années 1990 pour construire un modèle d'interprétation et de mesure des effets des transferts de technologie de R&D.

Les auteurs identifient deux types de « réseaux verticaux d'entreprises » :

- Le réseau exclusif, c'est-à-dire un groupe d'innovation formé par un constructeur avec des fournisseurs pour un projet particulier.
- Le réseau stratégique, qui est dirigé par un leader (*core company*).

Ils formulent l'hypothèse d'un effet bénéfique des transferts de R&D sur la capacité innovatrice des fournisseurs qui devient une forte incitation pour les constructeurs à contribuer à la R&D de leurs fournisseurs, et d'autant plus que le réseau est exclusif. L'efficacité de cette incitation dépend des relations interpersonnelles entre entreprises du réseau et du degré de confiance de la relation. L'analyse empirique tend à valider l'hypothèse centrale de la recherche. Les transferts de technologie et de résultats de R&D en amont de la chaîne de valeur sont très profitables aux innovations initiées par les fournisseurs et les inciteraient à investir dans la recherche.

Géraud, Mallein & Soler [85] postulent que, vis-à-vis de l'utilisateur, des trois groupes d'acteurs des transports collectifs urbains, c'est l'exploitant qui assume le rôle d'innovateur, pour gagner des parts de marché, alors que le politique et l'autorité organisatrice des déplacements ont la charge de séduire, rassurer et mettre en œuvre et l'in-

dustriel, de faire l'interface entre le politique et l'exploitant. Les auteurs remarquent par ailleurs que l'utilisateur est aujourd'hui un quatrième acteur majeur du système : la technologie est interrogée plus sur sa capacité à répondre à la demande que sur ses performances techniques intrinsèques.

Parmi les catégories d'acteurs importantes dans le domaine des transports terrestres, Foray [24] pointe les communautés professionnelles, chercheurs scientifiques, technologues, ingénieurs, techniciens et ouvriers, aptes à constituer une « communauté de croyants ». C'est cette communauté « épistémique » qui promeut l'apprentissage par exploration, puis un peu plus tard, l'apprentissage par exploitation (installations pilotes). Elle peut, sans doute, générer les fameuses irréversibilités que Foray [24]⁸ considère comme nécessaires à la réussite d'un projet de rupture technologique, mais qui peuvent éventuellement bloquer certaines options technologiques.

Il y a là un assez large consensus de la part des chercheurs, économistes et sociologues, quant au rôle majeur des organisations, certains parlant plus généralement des institutions, dans le processus d'innovation dans le domaine des transports terrestres. On constate ainsi, pour suivre Jouve, Kaufmann, Di Ciommo, Faltauser, Schreiner et Wolfram [39], que les institutions ne sont pas de simples arènes où interagissent les acteurs mais des construits agissant sur la définition des préférences des acteurs et la conduite de leurs stratégies.

• Les approches à visée managériale

Leur objectif principal est l'élaboration de modèles d'aides à la décision pour les acteurs parties prenantes du processus d'innovation dans le domaine des transports terrestres.

Pour son analyse des innovations de rupture, Sebbar [81] pose que l'entreprise est à l'intersection entre le milieu technique et le milieu socio-économique et que la séparabilité de la technique et du marché n'est pas possible par conséquent. Il y a séparabilité analytique mais pas managériale. Il prône ainsi la prise en compte dans les stratégies d'entreprise des lois scientifiques et techniques et de la demande du marché. Possibilité technique et besoin du marché doivent être compatibles.

Les rapports techniques-marchés sont interactifs du fait de la fonctionnalité des techniques, c'est-à-dire la réponse à un « besoin » ou à une performance. Cette relation est dynamique. Elle évolue dans le temps.

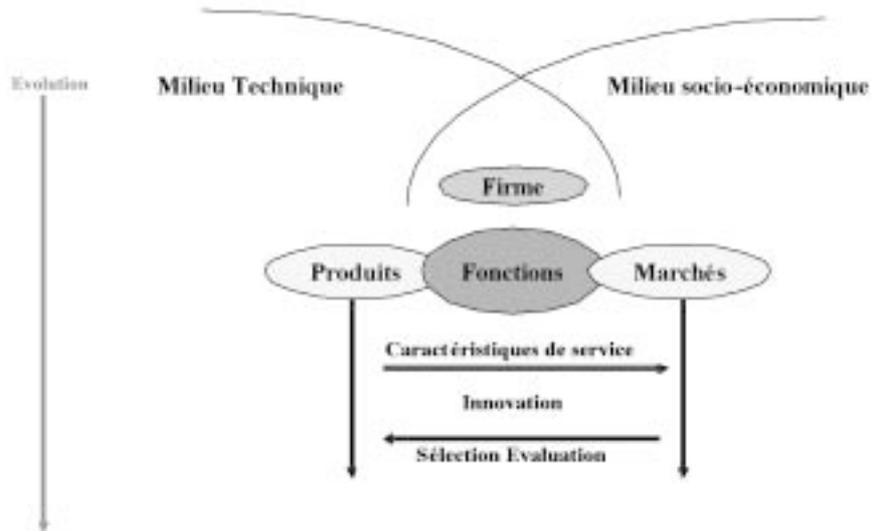
Il aboutit au concept suivant (cf. schéma n° 4 ci-après).

Sebbar [81] présente une boîte à outils intéressante pour la gestion opérationnelle de l'innovation technique de produit. Mais, appliquée au cas du véhicule électrique urbain, on sait que la réponse du marché n'a pas confirmé sa vision.

À partir de l'application à la conception de systèmes de contrôle-commande automobiles, Gomes [31] analyse les difficultés de dialogue entre concepteurs et utilisateurs, source majeure de blocage du processus d'innovation, et propose une méthodologie pour mieux concevoir des produits adaptés aux futurs utilisateurs. Dans cette approche, il y a évidemment confusion sur la

8 Sur la base de documents de travail préparés par le BETA.

Schéma n° 4 : Le modèle de concept (Sebbar)



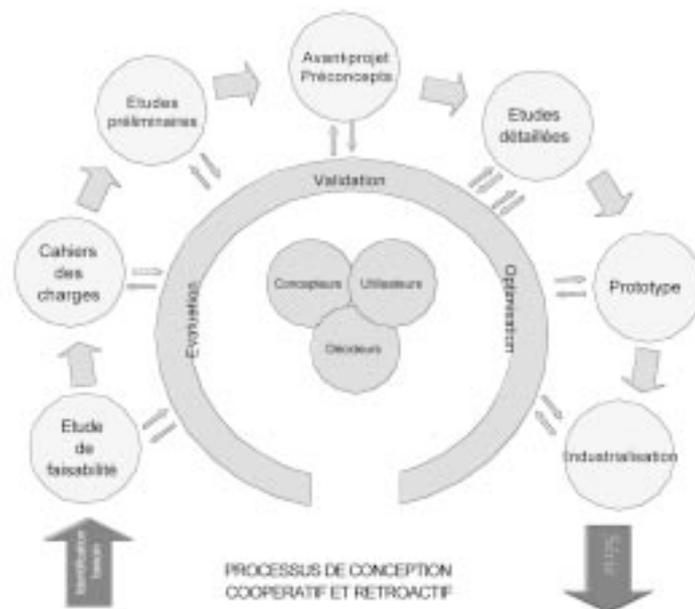
Source : Sebbar (81).

notion d'utilisateur. Il ne s'agit en aucun cas du conducteur ou du consommateur, mais des ergonomes des bureaux d'études. La principale source de difficulté serait le manque de dialogue entre ergonomes et concepteurs. Toute la démarche est basée sur l'instauration de la notion d'activité gestuelle d'utilisation comme support de coopération entre concepteurs et ergonomes : gestuelle, déplacements, postures et directions de regard. Le modèle de relation doit être coopératif et rétroactif. Gomes [31] finit par proposer le modèle de conception suivant (cf. schéma n° 5).

Nombreux sont ceux qui analysent les changements introduits pour accélérer le processus d'innovation dans

l'industrie manufacturière, en réduire sa durée, le nombre d'étapes et d'acteurs impliqués, et favoriser ainsi la prise en compte, en temps voulu, des innovations d'amélioration, définies comme les changements techniques permettant la réduction des coûts : standardisation, *commonalisation*⁹ de composants, modularisation. Ils montrent que l'implication précoce et totale des gens de production dans le processus d'innovation et dans le processus d'élaboration de la stratégie, est un facteur clé de succès. Il montre également le rôle crucial des équipes transversales multi-fonctionnelles et des interfaces organisationnelles et la nécessité de mettre en œuvre un processus d'innovation non seulement au niveau « corporate » mais également au niveau des unités de production.

Schéma n° 5 : Le modèle de conception (Gomes)



Source : Gomes (31).

9 Mise en commun de la même pièce sur plusieurs modèles de véhicule.

Encadré n° 3 : Sur les politiques de déplacements urbains

L'analyse des politiques de déplacements urbains dans plusieurs villes européennes donne une image assez contrastée de l'évolution actuelle des politiques urbaines. Ce contraste renvoie à l'opposition entre, d'une part, l'évolution du cadre opératoire dans lequel les politiques de déplacements sont pensées, élaborées et mises en oeuvre et, d'autre part, l'extraordinaire stabilité du contenu même des politiques et des recettes d'action [...]

On en reste le plus souvent à une opposition entre voiture particulière et transports collectifs. Le label politique de déplacements urbains sert généralement à qualifier sous un autre vocable des mesures en faveur des transports collectifs. Face à l'usage de plus en plus important de la voiture particulière et à la poursuite de la périurbanisation, les politiques de déplacements urbains tentent de recréer de la centralité urbaine. Elles nourrissent donc ce que d'aucuns qualifient de « modèle urbain européen » [...] Pour autant, en se focalisant uniquement sur une dimension des déplacements, un mode de transport particulier, il n'est pas évident que cette logique d'intervention soit réellement efficace [...] La maîtrise de l'urbanisation dans les villes européennes et le contrôle des flux de déplacements [...] restent encore à être pensés dans des termes différents et selon de nouveaux schémas [...] C'est dans le cadre d'un renouvellement des formes d'expertise, des savoir-faire techniques, que les innovations d'ordre institutionnel, juridique ou procédural prendront toute leur signification. Changer la façon de faire la politique n'est pas toujours gage d'efficacité [...] Il faut tenir les « deux bouts de la chaîne » ou, pour emprunter à Condorcet, techniciser la chose publique et rendre démocratique le débat technique.

- Jouve *et alii*, (2001), « Les politiques de déplacements urbains en quête d'innovation institutionnelle ; Genève, Naples, Munich, Stuttgart, Lyon », *2001 Plus* n° 58, p. 17.

Appliqué au processus d'innovation dans le domaine des services¹⁰ et plus particulièrement à l'impact de la démarche qualité, Thiéry [38] postule l'existence de deux conceptions de la démarche qualité, l'une s'attachant à la conformité aux critères de service, qui est un frein à l'innovation dès lors que cet objectif est atteint et l'autre, attentive aux marges de la non-conformité qui induit réécritures et réorganisations.

Le processus d'innovation dans les services impliquent les usagers et les agents ainsi qu'une étroite collaboration entre agents d'exploitation et agents de maintenance. Il requiert à la fois des innovations techniques et des innovations organisationnelles, et nécessite également l'appropriation des nouvelles technologies de communication par les agents. On est là aussi dans une gestion multifonctionnelle du processus d'innovation.

III. INNOVATION, PLANIFICATION DES DÉPLACEMENTS ET GESTION DES GRANDS PROJETS

1. Les politiques de transports et de déplacements urbains et leurs instruments

On s'intéressera essentiellement ici aux transports et déplacements urbains, puisqu'il n'a pas été repéré de travaux portant sur l'innovation dans les politiques de transport en général¹¹.

En remarque préliminaire, on peut constater l'absence de travaux d'évaluation des PDU (Plan de déplacements urbains) et de demande de recherche des ministères [Offner, 69]. Kaufmann¹² fait la même constatation à propos des politiques de transport dans leur ensemble. Les PDU sont une innovation procédurale de la LOTI

(Loi d'orientation des transports intérieurs). Malgré la lenteur et les retards dans leur mise en oeuvre, en dépit de la loi sur l'air, cet instrument a été lui-même le lieu d'innovations. Il en a été de même pour les outils analogues élaborés dans les pays européens voisins.

Les innovations procédurales, institutionnelles et politiques dans l'élaboration des politiques de déplacements urbains ont été analysées par Jouve *et alii* [39]. Dans plusieurs des villes européennes étudiées, l'élaboration des politiques de déplacements s'est accompagnée d'une réflexion sur la démocratie locale et de tentatives de stabiliser de nouveaux canaux de médiation. Elle a souvent conduit aussi à changer la configuration institutionnelle métropolitaine en vue d'une plus grande cohérence et de plus de rationalité dans les politiques de déplacements.

[Offner, 69] conclut aussi à l'efficacité procédurale des PDU en notant cependant que les PDU n'ont que rarement activé les relations organisationnelles préexistantes. En conséquence, les chefs de projet PDU ne se sont pas trouvés en capacité de transversaliser leur démarche autrement que de manière rhétorique.

L'innovation dans le mode d'élaboration des politiques n'a cependant eu que peu de répercussions sur le contenu. Chacun des auteurs s'accorde sur ce point : stabilité du contenu des politiques, pour le premier, et peu d'efficacité substantielle des PDU, pour le second.

Ces conclusions sont corroborées par le constat selon lequel les expérimentations soutenues par le groupe thématique « Gestion des déplacements » du PREDIT 2 ne sont que très rarement évoquées dans trente des PDU approuvés à la fin de l'année 2000 [48]. Encore plus

¹⁰ Dans le cadre d'une ligne nouvelle de métro, la ligne 14.

¹¹ Bien que les travaux sur les politiques de transport soient très nombreux, un état des lieux leur est consacré (cf. Vincent Kaufmann, LATTSENPC).

¹² Travail en cours pour le groupe d'orientation n° 11 du PREDIT 3.

remarquable est le fait que sur quinze agglomérations ayant mené de telles expérimentations, cinq seulement les reprennent en partie dans leur PDU et quatre reprennent des expérimentations menées ailleurs.

Ce qu'on peut appeler le conformisme des PDU contraste aussi avec l'accumulation des rapports optimistes sur « les expériences innovantes ». Il y a là un véritable hiatus entre les politiques réellement menées et les expérimentations dont certaines ressassées sans qu'on sache exactement pourquoi elles restent confidentielles.

Alors que « la construction politique du problème (des déplacements) repose sur une théorie de la complexité [...], la controverse centrale qui détermine (son) mode de traitement opérationnel se ramène à la question du partage de la voirie entre voiture particulière et transports collectifs, généralement en site propre ». L'urgence des problèmes conduit les décideurs à se concentrer sur des registres d'action mieux maîtrisés et bien souvent, l'innovation réside dans le choix politique clair de lancer une infrastructure de transports collectifs en site propre. Ce mode de convocation et par conséquent de production de l'expertise, résulterait des stratégies politiques et des contraintes dans le cadre desquelles elles s'exercent. C'est aussi le modèle urbain de référence qui est en cause, « les politiques de déplacements urbains tentant de recréer de la centralité urbaine face à l'usage de plus en plus important de la voiture particulière et à la poursuite de la péri-urbanisation ». Pour Offner [69], « c'est tout d'abord la problématisation qui fait défaut [...] et c'est également une théorie du changement (urbain) qui manque ».

Alors, réductionnisme dans les questions posées à l'expertise ou insuffisance de l'expertise elle-même ?

L'innovation dans l'expertise transport-déplacement

a été étudiée de manière comparative en France, en Allemagne et au Royaume-Uni [2]. Des évolutions conceptuelles et méthodologiques sont bien identifiées mais aussi des carences et des freins à l'innovation.

Les auteurs observent que « les compétences en politique de stationnement et en intermodalité semblent faire l'objet de progrès méthodologiques [...] [mais que] les modes doux n'ont pas dépassé le stade de l'analyse. Sur ce dernier point, les concepts émergents en France proviennent du réseau européen et l'intégration du piéton ne semble pas faire l'objet d'un renouvellement des méthodologies ». Selon cette étude, l'innovation en matière de concepts de transports reste essentiellement du ressort des collectivités locales et de la sphère politique, encore que les bureaux d'études jouent un rôle collectif dans le système d'innovation par leurs réseaux et leur communauté professionnelle. La France se démarque (de l'Allemagne et du Royaume-Uni) par la quasi-absence des universités sur la scène de la recherche sur les transports *stricto sensu*, en dehors de grandes écoles d'ingénieurs (ENPC, ENTPE). Elle se démarque aussi par une plus faible participation des bureaux d'études aux programmes de recherche nationaux. Ils sont moins associés au système de pensée sur la planification des transports que d'autres catégories comme les exploitants de TC, les collectivités locales ou encore les équipementiers. La France compte certaine-

ment de deux à trois fois moins d'experts professionnels que ses deux voisines. Le marché y est dominé par les bureaux d'études contrôlés par des groupes industriels ou de services et l'expertise est restée longtemps cloisonnée selon les modes de transports, de manière similaire au cloisonnement de la maîtrise d'ouvrage. Enfin, la dimension internationale des bureaux d'études français reste modeste comparativement à leurs homologues britanniques, hollandais ou scandinaves.

L'explication du manque d'innovation constaté dans la plupart des PDU serait donc à rechercher à la fois dans l'offre et dans la demande d'expertise, en entendant ce terme au sens large, incluant l'expertise en planification de la mobilité, compétence qui implique l'existence et la maîtrise de savoirs sur les relations déplacements/urbanisme et les comportements de déplacements qu'elles engendrent. Les manques d'innovation méthodologique ainsi que les limitations des domaines de compétences des bureaux d'études ont pour résultat que le choix du prestataire pour l'élaboration d'un PDU revêt un caractère politique, puisqu'il est déjà le signe d'une orientation.

À titre de complément, on peut aussi mentionner que dans le cadre du programme national « Transports de marchandises en ville », des innovations méthodologiques ont été faites dans l'acquisition de données ainsi que dans l'analyse de la génération des flux et dans leur modélisation. La prochaine étape devrait être l'articulation entre ces modèles de flux de marchandises et ceux de déplacements de personnes.

En conclusion de ces paragraphes sur la planification des déplacements, on peut observer qu'il semble n'exister aucune analyse de la mise en place, très lente il est vrai, des plans de déplacements d'entreprises ou d'administrations. Seules quelques descriptions sont disponibles (cf. *infra* les domaines d'expérimentation). Il faut aussi signaler qu'il n'existe pas de méthode satisfaisante pour l'établissement des comptes déplacements pourtant rendus obligatoires par la loi SRU¹³ (Loi « Solidarité et renouveau urbains »).

2. La conduite de grands projets d'innovation

En cohérence avec l'abandon du modèle diffusionniste par les théories de l'innovation, des recherches se sont attachées au problème de la conduite de projets considérés comme des expérimentations et des apprentissages collectifs. Ces recherches tiennent compte aussi des échecs des grands projets techniques des années soixante-dix et de la fin du colbertisme industriel.

En complément de Frybourg [26], qui d'ailleurs s'appuie sur leurs travaux pour ses réflexions sur l'innovation de rupture, les auteurs des recherches ERANIT et PROTÉE [16, 18] ne posent pas la question du dilemme entre innovation de rupture et innovation incrémentale, mais proposent des méthodes et outils pour conduire les processus d'innovation de sorte que la recherche de la rupture soit au moins riche d'enseignements, à défaut de toujours aboutir. À partir de plusieurs cas d'innovations réussies et d'échecs, ils élaborent un ensemble d'instruments à l'intention de l'administrateur du projet (entendu comme une fonction), pour lui permettre de

13 Le CERTU travaille actuellement sur ce sujet.

poursuivre ou d'interrompre le projet à bon escient et au meilleur moment. La notion de valeur d'information est essentielle et permet de caractériser toutes les décisions prises tout au long de la gestion d'un projet de recherche et sert de base pour le développement des indicateurs de qualité de la procédure d'apprentissage.

Compte tenu du fait que les innovations dans les transports sont de plus en plus des innovations de composition, ces indicateurs portent non seulement sur la qualité de la conduite du projet et de la procédure d'apprentissage mais surtout sur les progrès dans la connaissance du contexte et l'adéquation du projet à celui-ci. Malheureusement, cette recherche n'a pas pu être menée au-delà de sa première phase. La phase suivante devait consister à examiner quelles étaient les démarches effectivement suivies par des administrateurs de programmes de recherche en France et à les comparer à la méthode élaborée.

Le projet PROTÉE a poursuivi l'effort d'ERANIT pour élaborer une procédure de suivi des projets d'innovation, en s'appuyant aussi sur des cas réels, principalement des projets de systèmes intermodaux de transports de marchandises. La méthode proposée par PROTÉE est plus interactive et dynamique que la simple grille d'analyse élaborée par ERANIT.

Il reste à tester ces méthodes sur des projets réels. Cependant, même dans leur état actuel, elles apportent des diagnostics utiles, même s'ils ne sont pas totalement nouveaux, sur les « maladies » des innovations : conceptions balistiques qui supposent qu'une idée peut se concrétiser sans subir de déformation de la part du contexte, incapacité des innovateurs à composer avec leurs opposants, biais et falsification des tests.

L'analyse de ces travaux amène à se rendre compte qu'il n'existe pas d'histoire de la technologie des transports dans les trente dernières années alors que des innovations et des changements importants sont intervenus et que les paradigmes ont eux aussi considérablement évolué, même s'ils n'ont pas été révolutionnés. Il n'existe pas non plus d'histoire ni *a fortiori* d'évaluation de la politique scientifique et technique dans ce domaine alors que là aussi, des changements d'orientation et de contexte majeurs sont intervenus entre le premier PRDTTT (Programme de recherche et de développement des technologies des transports terrestres) et l'actuel PREDIT. Ce constat de carence ne vaut pas que pour la France, Chanaron et Orsellì [71] font la même remarque à propos de PROMETHEUS. Enfin, on peut s'étonner que l'innovation ne figure pas explicitement dans les programmes de recherche de l'INRETS.

PARTIE III :

LES DYNAMIQUES D'INNOVATION

DANS LES DIFFÉRENTS MODES DE TRANSPORT

I. LA GENÈSE ET LES MÉCANISMES DE L'INNOVATION DANS LE SYSTÈME AUTOMOBILE

La recherche sur les conditions d'émergence et les mécanismes du processus d'innovation dans le secteur des véhicules automobiles (voitures et poids lourds) est essentiellement à caractère économique et managérial. Il n'apparaît pas véritablement d'écoles de pensée spécifiques, même si les approches divergent quant au rythme et aux modalités de l'innovation dans une industrie qui a longtemps été considérée comme peu encline à innover [Chanaron, 13].

Les chercheurs s'intéressent d'une part, aux innovations sur les véhicules et les infrastructures (péages automatisés, etc.) et d'autre part, aux innovations techniques et organisationnelles dans la chaîne de valeur de l'industrie automobile, de la conception à la production et jusqu'au recyclage.

• Les innovations techniques

Dans les années récentes, ce sont les thèmes liés à la sécurité, la circulation et les nuisances qui ont déterminé la recherche-développement des principaux acteurs du système automobile, constructeurs et équipementiers, et parfois, les innovations introduites sur les véhicules et les infrastructures.

De la part des chercheurs en sciences de l'ingénieur comme en sciences sociales (économie, gestion et sociologie), trois domaines sont des sujets de préoccupation :

- la voiture intelligente et sûre,
- la voiture électrique ou à hydrogène,
- les infrastructures routières.

Le débat porte principalement sur la question de savoir si l'automobile peut (et pour certains, doit) faire l'objet d'une innovation de rupture, pour améliorer ses performances en matière d'environnement et de sécurité, ou ne peut qu'accueillir des innovations progressives d'amélioration. C'est ce que résume Frybourg [26] en supposant implicitement l'existence d'un dilemme entre rupture et améliorations incrémentielles. La recherche d'une rupture technologique se justifierait « pour aboutir à une rupture dans les performances du niveau de service (...) dans la mesure où les améliorations incrémentielles plus faciles à réaliser se révéleraient moins efficaces ». Selon

l'auteur, il y aurait sans doute « un juste milieu entre la formule du défi (technologique) sur un objectif trop réductionniste et celle d'un repli sur un risque zéro qui ruinerait toute recherche ».

Le cas de l'automatisation de la conduite automobile [Chanaron, Orselli, 71] illustre le dilemme¹⁴, pour réduire la congestion et améliorer la sécurité routière, entre la rupture et la mise au point d'« utopiques automates » d'une part, ou des « mesures » incrémentielles « sélectionnées à partir des meilleures pratiques », d'autre part.

Selon Chanaron et Orselli [71], la technologie automobile est stable, pour ne pas dire immobile (...), n'évolue qu'à la marge et sous la maîtrise totale des acteurs dominants du système, à savoir les constructeurs et les équipementiers de premier rang. Les auteurs font l'hypothèse que les innovations ITS ne pourront émerger et se diffuser que si et seulement si elles respectent les contraintes spécifiques de ce système industriel. Ce mode très contrôlé d'évolution du système se trouve en butte à plusieurs éléments de déviation dans le cas des ITS : énorme différence de vitesse d'évolution entre le monde des nouvelles technologies de l'information et de la communication et celui de l'automobile, possibilité de seconde monte ou monte en accessoire, diversification des équipementiers vers des métiers hors système automobile, jeu nouveau des constructeurs japonais, etc.

L'examen des rapports de force actuels montre que les pouvoirs publics, qui sont à l'origine de la plupart des projets précurseurs des ITS, n'ont plus guère d'action que dans la R&D. Les opérateurs de télécommunications prennent le pouvoir dans le domaine des services à bord, alors que l'industrie de l'électronique et des logiciels s'affaiblit. « L'électronisation » de l'ensemble de l'automobile remet les constructeurs en position de force et la normalisation va devenir un enjeu important. Or, les constructeurs ont toujours opté pour une stratégie de « petit pas » qui leur permet de conserver le leadership dans la conception des véhicules et qui impose une « temporalité » spécifique d'introduction des avancées technologiques : le rythme de renouvellement des modèles. Ce renouvellement des modèles est désormais très formalisé par la gestion de projet [Midler, 62] et l'innovation est prise en compte au niveau des ces plates-formes de conception.

¹⁴ L'objet de la recherche de Orselli et Chanaron dépasse largement ce problème.

Encadré n° 4 : Conflits de « métiers » et conflits de compétences

Dans le champ des ITS, il existe de violents conflits de « métiers » qui doublent les conflits de compétences... Ces conflits trouvent leur traduction dans des oppositions simplistes de type binaire, comme : produits *versus* services, automobile *versus* transports en commun, services à bord *versus* services au sol, public *versus* privé, *invented here* *versus* *not invented here*, sécurité *versus* capacité... En réalité, [ces oppositions] traduisent, non pas des faits, mais plutôt des relations entre acteurs : administrations et services publics contre industriels et services, industriels contre services, ..., concurrence internationale [...].

- Orselli, J., Chanaron, J.-J., *Vers l'automatisation de la conduite. Les systèmes intelligents de transport*, 309 p., PREDIT, PARADIGME, Orléans (2001).

Les innovations de type ITS posent la question centrale de l'innovation dans les « softwares » embarqués, lieu véritable d'innovation dans l'automobile depuis quelques années (ABS, correcteur de trajectoire, navigateur, guidage, diagnostic organes, etc.) au point de compter pour près de 30 % de la valeur unitaire d'une voiture aujourd'hui [McKinsey, 56]. Les travaux sur les logiciels embarqués aboutissent tous à la conclusion générique que ce sont les *business models* qui sont défaillants et non pas la créativité scientifique et technologique. Et s'ils sont défaillants, c'est parce qu'ils sont, pour l'instant, basés sur des stratégies issues des comportements et pratiques traditionnels de l'industrie automobile alors qu'ils devraient être totalement repensés sur la base de modèles issus de l'industrie des nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Quant à la voiture électrique et à hydrogène, les recherches sont beaucoup plus prudentes. Il y a là les germes d'une innovation de rupture que l'on attend depuis le début des années soixante-dix [Chanaron, Nicolon, 9, Chanaron, 12], mais qui se fait toujours attendre [Chanaron, Orselli, 71] et qui ne devrait pas aboutir avant les années 2025 ! La SOFRES [84], qui s'est penchée sur les leviers de maintien d'un marché du véhicule électrique, aboutit également à des conclusions « négatives » quant à l'émergence d'un marché pour la voiture électrique.

Il faut cependant souligner que de nombreux programmes de recherche sur la voiture électrique et le véhicule hybride sont en cours tant chez les grands constructeurs, en coopération avec les équipementiers de premier rang, que de la part des groupes industriels susceptibles de faire leur « entrée » dans le système automobile : producteurs d'hydrogène (Air Liquide, Linde, etc.), opérateurs de production et de distribution d'énergie électrique (EDF, etc.) et les groupes pétroliers. Mais les publications qui sont issues de ces programmes sont, soit des descriptifs techniques enthousiastes des réalisations opérées, soit des plaquettes destinées plus à la communication externe des entreprises qu'à l'analyse scientifique des processus d'innovation en jeu. Le cas des piles à hydrogène est exemplaire de l'effet de la mode « environnementaliste » sur les discours d'entreprise (Daimler-Chrysler, par exemple) et de l'usage des colloques scientifiques et des médias comme outil publicitaire. De même, on peut s'interroger légitimement sur les fondements de la commercialisation des Toyota Prius

hybrides, donc d'une « vraie innovation », alors même que sa vente est en quelque sorte « subventionnée » par le constructeur dans une large proportion et que les véritables immatriculations sont très rares ! Même au Japon ! Les innovations techniques et de service dans la conception et la gestion des infrastructures routières et autoroutières ont été nombreuses : télé-péage, revêtement anti-bruit, enrobé drainant, panneaux à message variable, etc. La littérature les concernant n'a pas été au-delà des études de cas technologiques et des études de faisabilité.

• Les innovations organisationnelles

C'est un lieu commun que d'affirmer que l'industrie automobile a déployé des innovations organisationnelles majeures depuis les années quatre-vingts¹⁵ : gestion de projet, co-design avec les fournisseurs, plate-forme innovation, etc.

Ces avancées organisationnelles constituent des réponses aux contraintes sectorielles liées à la concurrence et la globalisation :

- réduction des coûts de développement,
- raccourcissement du délai de conception,
- conception sur coûts planifiés (*design to cost*),
- ingénierie concourante,
- gestion partagée des compétences des parties prenantes aux projets.

Ces innovations organisationnelles ont évidemment un impact sur la capacité d'innovation technologique des entreprises. Mais dans le système automobile, elles ont contribué à renforcer la préférence pour les innovations progressives d'amélioration au détriment des innovations de rupture, dès lors qu'elles ont pour objectif explicite de « routiniser » l'activité créatrice et de l'intégrer aux pratiques formalisées.

Ces innovations organisationnelles dans la construction automobile sont liées avec des innovations dans le secteur de la logistique, les unes stimulant les autres et *vice versa* (cf. *infra* le transport de fret).

• Le recyclage

Le recyclage des véhicules en fin de vie a constitué et constitue encore à ce jour un système puissant d'incitation à l'innovation dans les matériaux et les processus

15 Sans oublier les innovations des années soixante-dix : automatisation, robotisation, CFAO, etc.

de fabrication et d'assemblage : limitation du nombre de matériaux plastiques et simplicité de démontage.

C'est évidemment un champ d'investigation relativement récent. Les thèmes importants touchent aux stratégies des acteurs, au premier rang desquels les constructeurs, sur trois angles d'approche principaux :

- les politiques publiques, nationales ou européennes pour la gestion des véhicules en fin de vie [Den Hond, Orssato, 36] ;
- les politiques de conception des nouveaux modèles en fonction des normes européennes ou des intentions des constructeurs en matière de « recyclabilité » et la gestion des innovations technologiques (nouveaux matériaux, matériaux composites, aluminium, nouveaux aciers) [Den Hond, 34, 35] ;
- l'organisation de l'industrie de la récupération, du démantèlement et du recyclage [Den Hond, 34, 35] ; [Medina, Sedilleau, 59] avec l'entrée de nouveaux acteurs ou le changement de statut des acteurs traditionnels, notamment les garagistes-réparateurs et les casseurs et l'importance croissante des pouvoirs publics, sans lesquels peu de changement interviendrait [Den Hond, Orssato, 36].

La montée des questionnements environnementaux a donné un rôle crucial aux acteurs du maillon le plus aval de la chaîne de valeur du système automobile. Leone, Zoboli [53] et Leone, Zoboli, Barbiroli [52] soulignent que l'innovation pour le recyclage des véhicules en fin de vie (End-of-Life Vehicles, ELV) est un enjeu intersectoriel. Des innovations organisationnelles importantes ont été mises en œuvre :

- départementalisation de la question du recyclage,
- création de véritables réseaux d'entreprises pour la récupération et le démantèlement la recherche coopérative,
- montée en puissance de la conception pour démontage et recyclage (*design for dismantling and recycling*).

L'innovation technique obéirait à trois objectifs :

- la création de nouveaux marchés pour les matériaux recyclés dans le système automobile ou à l'extérieur ;
- la création d'un marché énergétique pour les matériaux non recyclés ;
- la substitution radicale de matériaux (comme par exemple l'aluminium).

La probabilité de ces scénarios est liée aux préférences, systèmes de contraintes et degré de liberté des différents acteurs, au premier rang desquels figurent naturellement les grands constructeurs.

Le rôle de la politique européenne est évidemment primordial, la réglementation et autres modes d'incitation (subventions, fiscalité, etc.) ayant en la matière les fonctions d'incitation à la recherche et à l'anticipation technologique et forçant, le cas échéant, le rythme, voire la direction même des choix techniques [Leone, Zoboli, Barbiroli, 52]. La menace d'interventionnisme croissant et à sévérité croissante a d'ailleurs contribué à provoquer des engagements d'auto-limitation et d'auto-planification de la part recyclée des véhicules par les constructeurs et les grands équipementiers automobiles.

L'ensemble de ces travaux montre que dans le secteur automobile, l'anticipation des normes, notamment environnementales et l'adaptation au marché, sont les principaux facteurs d'innovation¹⁶. Cette proposition ne signifie cependant pas que les processus d'innovation dans ce secteur soient bien connus. Si l'anticipation des normes désigne clairement un levier pour les politiques publiques, « l'adaptation au marché » n'est que la dénomination commode de la boîte noire des interactions entre l'offre et la demande sur laquelle il n'a pas été repéré de recherches. Outre cette absence de recherche sur les stratégies d'innovation des constructeurs, d'une part, et les motivations d'achat des automobilistes, d'autre part, on peut observer qu'il n'y a pas de travaux sur les effets des nombreuses innovations d'amélioration des véhicules et de leur conduite, notamment sur les comportements au volant et sur la sécurité.

II. L'INNOVATION DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS COLLECTIFS URBAINS (TCU)

La recherche sur l'innovation dans le secteur des transports collectifs urbains a été très limitée dans les dix dernières années et même dans la période plus ancienne, la plupart des travaux portant sur les politiques de transport plutôt que sur les changements techniques et organisationnels. Il faut dire qu'il n'y a pas eu de rupture depuis très longtemps et qu'il n'y en a pas en vue, que ce soit au plan technologique ou à celui du service, en dépit des améliorations incontestables¹⁷. Les TC restent encore principalement conçus comme un moyen de transport des non-motorisés et visent surtout à améliorer la mobilité de leurs usagers habituels. L'approche modale continue à dominer ; les problèmes institutionnels jouent un rôle important dans cet immobilisme, la question étant celle du partage des rôles entre les exploitants et les autorités organisatrices pour la gestion des réseaux (traduction littérale mais infidèle de *network management*), sans oublier les intérêts divergents de certains acteurs du transport ; l'approche modale ne parvient pas à dépasser ces contradictions¹⁸. Il n'y a pas d'outil technique permettant ce mixage des modes de transport et on a de la peine à même l'imaginer. Ce débat – politique donc –

16 La fiscalité a joué aussi un rôle important comme moteur ou frein des évolutions technologiques sinon de l'innovation à proprement parler ; à l'appui de cette assertion, on peut citer l'avantage fiscal au gazole qui a stimulé le perfectionnement du moteur diesel pour les VP et le mode de calcul de la vignette qui désavantageait les boîtes de vitesse automatique.

17 Une des personnes interviewées considère même que le secteur des TCU collectionne les échecs (Aramis, demi-échec du VAL, accumulation d'erreurs et carence de la gestion de projet du tramway sur pneus).

18 Par exemple, on ne connaît qu'une seule expérience en Europe (Madrid) de voie autoroutière réservée aux transports publics et voitures avec plus d'un occupant ; par ailleurs, les exploitants d'autoroute n'ont spontanément aucun intérêt à la création de parkings avant les péages pour développer le co-voiturage et cette pratique n'y existe – très marginalement – que de manière informelle.

Encadré n° 5 : L'échec d'Aramis

« Aramis est mort mais il n'a pas été assassiné » par l'un des acteurs du drame. Il n'y a pas un « méchant », un coupable à désigner. C'était un objet technique fragile : demande indéfinie, faisabilité incertaine, coûts variables, conditions d'exploitation aléatoires, soutiens politiques inconstants. Donc à l'opposé des conditions de succès d'une innovation : acceptabilité socio-culturelle, faisabilité technique et industrielle, etc.

L'erreur aurait donc été de chercher à « passer en force » dans un domaine où c'est tout le contraire qu'il faut faire, c'est-à-dire négocier, construire des compromis sociaux, résoudre les incertitudes, etc.

- Latour, B., *Aramis ou l'amour des techniques*, La Découverte, Paris (1992).

est sous-jacent à la mise en place des agences de mobilité et, selon une des personnes interviewées, il y aurait des enseignements à retirer des expériences britannique et allemande.

On peut aussi observer que les TCU sont le champ d'innovations techniques et organisationnelles dans l'exploitation, par exemple dans les systèmes de régulation des véhicules, sans que soient disponibles des analyses de leurs conséquences sur la qualité du service ou les métiers de la conduite¹⁹. De même, on constate que s'élabore et se met en œuvre ce que l'on pourrait appeler une doctrine des axes lourds, le plus souvent des TCSP (Transport en commun en site propre) pour augmenter la fréquence et le débit, sans évaluation de son impact sur le niveau global de service, alors que certains estiment qu'elle le dégrade en augmentant le nombre de correspondances.

Depuis l'ouvrage de B. Latour sur Aramis [45], aucun travail important n'a été repéré sur les processus d'innovation dans ce secteur. Ce secteur a pourtant été le lieu de très nombreuses innovations et améliorations, dans les matériels, la tarification, etc., sans même parler de la redécouverte du tramway ; il est vrai toutefois, qu'il n'y a pas eu d'innovation majeure, telle qu'il soit possible de parler de rupture. Celle qui a le plus retenu l'attention est l'automatisation des métros, d'abord étudiée à Lyon par J. Laterrasse²⁰ mais on peut remarquer qu'il n'y a pas eu de recherches sur le VAL et sa très faible diffusion, à part un ouvrage [22] qui relève plus du plaidoyer *pro domo* que de l'analyse scientifique.

À part une recherche sur l'acceptabilité sociale de l'innovation dans les TCU, les recherches menées sur ce sujet, dans le cadre du PREDIT 2, s'intéressent principalement aux aspects organisationnels et aux améliorations de service pour l'utilisateur, essentiellement dans le cas de Météor. [38]

Soler, Géraud et Mallein [85] ont proposé une méthode d'évaluation des innovations fondées sur les enseignements de la sociologie de l'usage (qui analyse les significations d'usage) et de l'ergonomie (qui vise la simplicité d'usage). En fait, plus largement que d'une méthode d'évaluation de l'innovation, il s'agit d'une méthode d'évaluation des réseaux de TCU centrée sur l'utilisateur.

Avec un outillage conceptuel et méthodologique plus conventionnel, Marc Gilles & Associés ont conduit deux

enquêtes « quali-quantitatives » sur les attentes des usagers des TC en France et en Europe [28, 29]. Elles apportent des informations le plus souvent sans grande surprise mais néanmoins utiles sur les points où il faudrait innover pour améliorer l'offre des TC²¹. Il serait certainement intéressant de croiser les résultats de ces enquêtes avec les descriptions des expérimentations sur les bus du futur, soutenues par le groupe gestion des déplacements du PREDIT 2.

Le cas de Météor constitue un exemple intéressant d'intrication entre innovations techniques (par combinaison de techniques génériques) et organisationnelles et innovations de service.

L'innovation ne réside pas tant dans l'automatisation de la conduite, déjà réalisée sur d'autres lignes de métro, que dans l'amélioration de la relation de service dont elle est l'opportunité et, indirectement, le moyen. La nouvelle ligne de métro est une vitrine à usage aussi bien interne qu'externe, ce qui contribuait à désamorcer un conflit potentiel avec les puissants syndicats de conducteurs. La volonté de donner des gages à ceux-ci semble ne pas avoir été étrangère à la nouvelle organisation mise en place sur cette ligne.

Ici, il ne s'agit pas des conséquences de l'innovation sur l'organisation de la ligne, du travail, la hiérarchie, les métiers, le niveau de service, l'architecture, etc. L'innovation est dans tout cela, avec la relation de service comme fil conducteur. En remontant de l'aval vers l'amont, il apparaît que cet objectif a guidé la conception architecturale des stations et la généralisation des moyens d'appel à la disposition des usagers, la mise en place de nouveaux métiers et de nouvelles relations hiérarchiques, de nouvelles procédures de maintenance, elles-mêmes rendues possibles par une nouvelle organisation des services, la maîtrise des techniques de traitement de l'information et de communication par les agents. Les objets techniques ne sont pas réellement innovants par eux-mêmes mais agencés en vue d'un décloisonnement des compétences et de l'établissement de relations fortes de coopération [38].

La nouvelle organisation des métiers et les nouvelles pratiques d'encadrement ont reçu un accueil favorable de la part des agents ; en ce sens, l'innovation a réussi. Pour autant, les objectifs des concepteurs de changer la culture de l'entreprise ne sont pas encore atteints. On observe en particulier que les innovations sont réinter-

19 Il ne semble pas y avoir eu de suite aux travaux déjà anciens de Laterrasse sur les systèmes d'aide à l'exploitation.

20 L'ouvrage n'est plus disponible dans la bibliographie du LATTs.

21 Parmi les items un peu inattendus, on peut citer : les appuis et sièges adaptés aux enfants, les bornes d'appel d'urgence aux abribus ou le deuxième employé dans les bus.

prêtées par les agents dans les catégories habituelles de la culture de l'entreprise [38].

L'exemple de Météor montre aussi que la démarche qualité ne rime pas forcément avec innovation. On peut en effet identifier deux versions de la démarche qualité : l'une s'attachant à la conformité aux critères de service, qui est un frein à l'innovation dès lors que cet objectif est atteint ; l'autre, attentive aux marges de la non-conformité, qui induit réécritures et réorganisations. Certains domaines du fonctionnement de Météor montrent une hybridation de ces deux versions mais dans la relation à l'utilisateur, c'est la version « conformité » qui domine nettement, ce qui peut être attribué au fait que l'observation a été faite dans la phase de certification, où toute l'attention était focalisée sur le respect des critères.

Les analyses de Météor montrent bien la fragilité de la distinction habituelle entre processus et effets des innovations. Elles peuvent se lire, en effet, aussi bien comme des recherches sur les effets d'innovations techniques sur l'organisation de l'entreprise et du travail ainsi que sur le niveau de service à l'utilisateur que comme des recherches sur les processus et composants d'améliorations du service au voyageur.

L'ensemble de ces travaux sur Météor apporte des connaissances utiles sur cette innovation et la stratégie de développement de la RATP. Ils n'épuisent cependant pas le sujet. Ils laissent par exemple de côté la question de la possibilité de généralisation de ce type de métro à l'ensemble du réseau ; les analyses sur le service attentionné au voyageur sont conduites sans référence à des expériences analogues antérieures et abandonnées, telles que le nouveau service en station (NSS)²².

Les innovations tarifaires dans la dernière décennie ont été étudiées à partir de sept réseaux français [93]. Les innovations ont été motivées par la baisse en valeur absolue de la population jeune et la croissance des déplacements entre les périmètres de transports urbains et leurs périphéries. Dans les principes de tarification, on est passé d'une tarification modale et à la distance, à une tarification intermodale unique. Pour conquérir et/ou fidéliser de nouveaux segments de clientèle, les forfaits libre circulation et l'annualisation du titre de circulation ont été développés. De nombreuses innovations ont vu le jour à destination des voyageurs occasionnels, sans qu'une stratégie performante ne se dégage. La tarification multimodale se développe aussi mais rencontre de nombreuses difficultés, principalement de coopération entre autorités organisatrices de transport (AOT). Les auteurs considèrent que « la plupart des titres combinés qui ont été mis en place s'avèrent assez peu innovants et ne ciblent qu'un certain type de clientèle et de déplacements » ; ils estiment aussi « que les innovations billettiques n'ont pas fait beaucoup progresser les tarifications combinées ou intégrées ». On

constate aussi que le *yeld management* n'a fait l'objet d'aucune tentative d'introduction dans les TC urbains. Ces observations inspirent deux types de réflexion. D'une part, il semble que les nombreuses expériences de billettique ont été conduites sans une réflexion suffisante sur les objectifs à atteindre en termes d'exploitation ; la recherche bibliographique effectuée pour les besoins du présent état des lieux n'a d'ailleurs pas repéré de publication sur les expérimentations de billettique²³. À cet égard, il est significatif que les auteurs notent que « les statistiques qui leur ont été transmises par les réseaux urbains sur les ventes de titres combinés avec le réseau ferré, sont en général assez peu fournies, voire inexistantes »²⁴. On peut aussi rapporter à ce propos que la tarification multimodale est beaucoup plus développée en Suisse qu'en France mais tout simplement avec des titres-papier. Un des experts consultés pour le présent rapport estime d'ailleurs que la rentabilité économique de la « billettique » est seulement postulée et non prouvée. D'autre part, l'abandon de la tarification zonale paraît difficilement réversible, alors qu'il paraît tout aussi difficile d'améliorer significativement l'offre de TC, hors des hyper centres, sans la mise en place d'une tarification plus fine qui augmenterait les recettes.

Enfin, il convient de souligner que cette étude sur la tarification est la seule qui ait été repérée et qu'elle ne porte que sur les TC urbains. Des innovations tarifaires ont pourtant eu lieu à l'échelle départementale, donc sur des territoires plus vastes, en Charente-Maritime²⁵ et plus récemment en Isère.

Les implications des innovations dans les TC urbains, en termes de développement durable, ont fait l'objet d'une étude [80]. La redécouverte du tramway est l'innovation majeure des vingt dernières années dans le secteur des TC urbains et elle est habituellement présentée comme un témoignage d'une politique de développement durable. Un examen attentif au regard de critères du développement durable conduit cependant à abandonner tout triomphalisme. Certes, le tramway, et plus largement, le TCSP, contribuent à préserver la santé des populations des centres en diminuant la pollution ; ils valorisent aussi le patrimoine urbain et facilitent l'intégration urbaine des populations. Mais comme ils ne sont pas accompagnés d'une politique anti-vitesse et dissuasive du stationnement, ils ont surtout comme résultat d'augmenter la mobilité, productrice de pollutions et de nuisances. Ils contribuent aussi à entretenir, sinon accroître les inégalités entre les populations desservies par ces axes lourds et les autres.

La concentration industrielle, aussi bien dans la production de matériels que dans l'exploitation des réseaux, a probablement ou va avoir un effet sur les innovations dans les TCU mais elle n'a pas fait l'objet de recherches dans la dernière décennie ; la R&D des

22 Les limites de ces travaux doivent sans doute être aussi rapprochées du fait qu'ils ont été conduits dans le cadre et avec la participation de cette entreprise. Cette difficulté à mener des analyses et évaluations indépendantes est commune à toutes les recherches sur les processus d'innovations organisationnelles, puisqu'elles nécessitent la collaboration de leurs acteurs pour accéder à l'information. Les difficultés sont d'autant plus grandes lorsque ces recherches sont menées à chaud et doivent être publiées. Les bourses CIFRE ne résolvent que partiellement ce problème.

23 Les comptes rendus dans la littérature grise ne comblent pas cette lacune. Il faut toutefois signaler un travail déjà ancien : Aballea F, « L'introduction de la monétique dans les transports urbains. Enjeux et stratégies », Plan Urbain, 1990.

24 Selon un informateur, les bornes de compostage accumulent une masse considérable d'informations qui ne sont pas traitées.

25 La Charente-Maritime a déjà innové, il y a plus de trente ans, dans la gestion d'un autre type de réseau, celui d'eau potable, en instituant une péréquation départementale des charges d'investissement et en mettant en place une régie départementale d'exploitation.

constructeurs vise en effet à réduire le nombre de plateformes. La conception des véhicules et des stations est pourtant un réel problème où se confrontent les points de vue divergents des autorités organisatrices, des constructeurs et des exploitants ; chez ces derniers, les points de vue de la direction du marketing et de la DRH ne sont pas forcément identiques.

En résumé et en conclusion, on peut avancer que les raisons du peu d'innovations marquantes dans ce secteur n'ont pas été vraiment étudiées et que les effets des nombreuses améliorations et innovations mises en œuvre, car il y en a, ne l'ont pas été non plus.

III. LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE

Lolive [55] montre que le TGV Sud-Est, pour réussir, nécessitait son intégration au système ferroviaire traditionnel (traction électrique, écartement standard). À ce titre, les « innovateurs » ont été contraints d'opter pour la « désinnovation » (abandon de l'infrastructure à écartement spécifique, abandon de la traction à turbine) et, en même temps, pour la « mise en boîte noire », c'est-à-dire un durcissement, une irréversibilité des choix techniques pour leur diffusion ultérieure. C'est ce qui aurait empêché, selon Lolive [54], les « politiques » d'exercer une quelconque influence sur les tracés, les matériels, les infrastructures, etc.

Dans sa thèse de doctorat [54], Lolive met en évidence le rôle des acteurs, notamment les ingénieurs de la SNCF qui ont interprété les signaux des « politiques » comme condamnant la technologie ferroviaire au nom de l'archaïsme technologique et qui ont conçu l'innovation comme outil de survie de leur organisation.

On voit bien là le rôle structurant d'une innovation qui est de nature plus « politique » et organisationnelle que technologique, et qui va finir par créer une véritable rupture par sa dimension « innovation de service » aux usagers et le renouveau du transport ferroviaire.

Joseph [37] montre également que l'amélioration substantielle de l'accessibilité des gares de chemin de fer est due, en partie, au transfert de stratégies d'innovation incrémentale, pratique usuelle dans l'industrie, au secteur des services publics, qui prônaient jusque-là des stratégies de rupture pour attirer ou faire revenir leur clientèle infidèle.

Les recherches sur les autres technologies de grande vitesse ferroviaire – ICE, trains pendulaires et Maglev – ont également montré l'importance du jeu des acteurs parties prenantes du processus [Foray, 24, Powell, 76, Nieder, 66]. Les obstacles aux stratégies de rupture technologique sont souvent de l'ordre du politique, notamment de l'opposition des acteurs maîtrisant les anciennes technologies, et du domaine des connais-

sances scientifiques et techniques, les technologies existantes réalisant des progrès sous la menace de l'émergence de solutions alternatives.

IV. LE FRET FERROVIAIRE

Le fret ferroviaire constitue un domaine particulier et paradoxalement intéressant du point de vue de l'innovation dans les transports terrestres.

MODALHOR est, en effet, la première innovation de service depuis au moins trente ans, dont le succès n'est toutefois pas encore démontré, même si le concept est prometteur. Cette stagnation se constate dans le mode de transport où a eu lieu l'innovation la plus radicale dans les transports terrestres sur la même période, le TGV, et dans un secteur économique, celui du fret, dont l'évolution ne peut être soutenue à l'évidence, que ce soit du point de vue du choix modal ou de celui de la demande²⁶. Faute d'innovations de services ou/et d'investissements, le rail ne joue plus qu'un rôle marginal dans le transport de marchandises.

Certes, il y a eu des innovations technologiques dans l'exploitation des infrastructures et des matériels, en particulier l'interopérabilité à l'échelle européenne et d'autres recherches se poursuivent, mais plusieurs tentatives d'innovation de service (les autoroutes ferroviaires, le TGV fret, Commutor, les lignes marchandises analogues aux lignes voyageurs) ont fait l'objet de gros programmes, y compris pour Commutor, des aides du PREDIT et d'une maquette à l'échelle 1, sans avoir ni vu le jour ni été officiellement abandonnées.

Autre constatation notable, il n'existe aucun travail de recherche sur ces tentatives ni sur la politique de R&D de la SNCF, hormis un rapport de G. Ribeil, réalisé pour la SNCF mais non publié. Sur les projets d'autoroutes ferroviaires, il existe des rapports du ministère des Transports mais non sur les projets de TGV fret ou sur Commutor. Ce dernier a été pris comme un des tests de la méthode PROTÉE de conduite de grand projet [18] mais le rapport ne présente pas l'étude de cas. À part ces rapports d'inspecteurs généraux des Ponts sur les autoroutes ferroviaires, les seuls documents de synthèse sur le fret ferroviaire sont des rapports parlementaires.

Cette difficulté à innover peut s'expliquer par plusieurs raisons bien connues : le coût de nouvelles infrastructures (mais cet argument valait aussi pour le TGV), la nécessité de coopérations européennes (puisque le créneau privilégié du fret ferroviaire devrait être les grandes distances), le poids des lobbies routiers et autoroutiers ; ces explications ne paraissent pas suffisantes et, surtout, il faudrait savoir comment ces facteurs s'articulent entre eux et avec les politiques de R&D de l'entreprise et du ministère.

²⁶ Cette référence à la demande de transport de marchandises vise notamment l'organisation de la production (les flux tendus et la multiplication des élaborations intermédiaires dans des lieux différents).

V. LES EFFETS DES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION DANS LE TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES

Le transport routier de marchandises est le seul secteur du transport de fret sur lequel des recherches relatives à l'innovation ont été recensées, encore celles-ci se sont-elles focalisées sur les PME²⁷.

Les technologies de traitement et de gestion de l'information ont pénétré de manière très différenciée le secteur du transport routier de marchandises. Les grandes entreprises (plates-formes intermodales, grands exploitants, ateliers de maintenance) les ont adoptées massivement, pour augmenter leur productivité ; leurs employés y trouvent aussi des avantages, en bénéficiant de formation et de conditions de travail améliorées. Il en va différemment pour les conducteurs à qui ces techniques apparaissent comme de nouveaux instruments de contrainte et de contrôle dont ils n'ont pas la maîtrise [Rond, Shepherd, 79]. Il semble que les entreprises aient encore des progrès à faire dans la gestion des ressources humaines (relations de travail, formation) [Révah, 78]. Outre ces conséquences différenciées sur les travailleurs, la diffusion de ces nouvelles techniques affecte la structure du secteur lui-même ; celui-ci est en effet composé majoritairement de PME qui restent très

sous-équipées relativement aux grandes structures, ce qui va inévitablement avoir des conséquences sur leur compétitivité.

Cet aspect de la pénétration des techniques de l'information et de la communication a aussi été étudié dans les PME suisses [Buser, Poschet, Rossel, 6]. Les conclusions rejoignent celles des auteurs précédents. L'adoption de ces technologies suscite des réticences chez les PME qui se trouvent en bout de chaîne logistique en raison des difficultés à faire reconnaître leur part dans le gain global de performance.

Les innovations et changements en cours dans les grandes unités de logistique (entreprises de transport et plates-formes) ne semblent pas avoir fait l'objet de publications²⁸. Les innovations résident dans l'automatisation des opérations de manutention commandées par des systèmes d'information inter-opérables avec ceux des chargeurs. Ces innovations à la fois techniques et organisationnelles (partenariats entre chargeurs et transporteurs, *supply chain management*) tendent à faire des plates-formes logistiques des usines virtuelles et déplacent les frontières entre les métiers du transport et de l'assemblage. Elles introduisent aussi de fortes différenciations entre les grandes entreprises, de moins en moins françaises, capables de fournir des services à valeur ajoutée, et les PME ou artisans confinés dans le transport sec.

27 Le groupe transport de marchandises du PREDIT 2 ne s'est intéressé qu'à la recherche technologique, ce qui résulte, selon un informateur, de sa domination par la SNCF et la DTT. Le transport de marchandises en ville est un domaine d'expérimentations et de recherches ; celles-ci ne peuvent toutefois pas porter sur des innovations qui sont encore en gestation.

28 Une tentative de vérifier ce point auprès du CRET-Logistique d'Aix-en-Provence est restée sans résultat.

PARTIE IV :

LES DOMAINES D'EXPÉRIMENTATIONS OU L'INNOVATION EN GESTATION

Cette dernière partie de l'analyse bibliographique rend compte d'études qui, sans conduire de véritables analyses des processus et/ou des effets d'innovations, présentent des descriptions d'expérimentations innovantes. La plupart se situent dans le domaine des déplacements urbains. Il s'agit le plus souvent d'innovations de services où les dimensions techniques ne sont pas prédominantes, sans pour autant être totalement absentes. Il s'agit bien d'innovations, dont certaines en gestation depuis déjà longtemps, mais leur devenir est encore incertain ; certaines, qui se confirmeront, feront l'objet dans 10 ou 20 ans d'analyses sur « les processus de l'émergence du service x » ; d'autres resteront circonscrites à leur lieu d'émergence sans que l'on puisse pour autant parler automatiquement d'échec. En attendant d'intéresser les chercheurs, elles sont entre les mains des acteurs de l'innovation.

Ce sont des domaines où il ne peut pas encore y avoir des connaissances scientifiquement élaborées sur l'innovation mais où l'on peut dire à coup presque sûr qu'il y a des besoins d'innovations et des tentatives pour y parvenir. Une preuve de ce besoin et de ce foisonnement peut être trouvée dans l'existence de trois études [8, 64, 83] échelonnées de 1998 à 2002, proposant un recensement hétéroclite et plus ou moins précis d'expériences innovantes (en grande partie les mêmes d'un document à l'autre), sans que les critères de ce caractère innovant ne soient jamais précisés²⁹.

Ces innovations ne sont d'ailleurs peut-être pas toutes généralisables et demandent sans doute une approche particulière. Offner [68] distingue ainsi d'une part, l'innovation héroïque ou prototype, résultat de l'action d'un élu local ou de l'État, extérieure au terrain et qui constitue un test avant la mise sur le marché ; et d'autre part, l'innovation pragmatique, cette dernière étant le fruit de l'inventivité locale et des marges de manoeuvre par rapport aux tendances lourdes de la standardisation technico-économique. L'innovation prototype relève de la conception séquentielle de l'innovation et l'auteur remarque que le programme d'expérimentations du groupe « Gestion des déplacements » du PREDIT 2 s'inscrit dans un tel schéma. L'analyse des innovations dans les modes de déplacements urbains participerait donc du champ de l'analyse des politiques locales.

L'état des lieux des services innovants en Europe [64], outre la présentation de 62 fiches de cas de toutes

sortes, identifie quatre domaines phares où le besoin d'innovation est particulièrement pressant :

- la mobilité des personnes âgées et des personnes à mobilité réduite,
- l'intégration sociale et les déplacements des plus démunis,
- les transports alternatifs,
- la gestion du temps des villes.

Plusieurs classifications de ces domaines sont évidemment possibles. Celle qui a été retenue ici s'inspire largement de la classification élaborée par le groupe thématique 4 du PREDIT 2 et reprise par le rapport du CERTU [6].

Certains domaines, comme celui des TMV (Transports de marchandises en ville), apparaissent fertiles et prometteurs, alors que d'autres ne paraissent pas dépasser le stade des effets d'annonce, sauf dans quelques villes. Une hypothèse pour expliquer les résultats encourageants du programme TMV est qu'il rassemble à peu près tous les acteurs du domaine, à côté des chercheurs, avec de plus, à l'arrière-plan, l'impératif et les enjeux économiques forts de ne pas bloquer le fonctionnement de l'économie urbaine ; ces conditions et impératifs de résultats ne se retrouvent pas dans tous les domaines. À l'opposé, le club des villes cyclables sert sans doute plus à décerner un label à bon compte qu'à promouvoir effectivement l'usage du vélo en ville.

I. LES DÉPLACEMENTS NON MOTORISÉS

La très grande majorité des comptes rendus d'expérimentations dans ce domaine concerne le vélo ; seules quelques très rares actions ont été conduites pour la marche à pied. Une étude menée pour le PREDIT [Arch'urba, 20] a cherché à identifier les leviers favorables au développement de la marche à pied : l'urbanisation autour des axes de TC, le choix d'un urbanisme de proximité, le traitement des cheminements piétons vers ou depuis les stations de TC. Toutefois, il semble que l'étude n'aborde pas l'impact des techniques d'aménagement de l'espace public ni celui des outils réglementaires. La démarche volontariste de Dijon est citée comme un exemple réussi de politique urbaine favorisant la marche à pied [83] mais il n'y a pas encore eu d'enquête de

29 L'une de ces études répertorie même la distribution de journaux gratuits dans le métro parmi les services innovants de mobilité.

ménages pour en mesurer l'impact. Par ailleurs, des services innovants d'information des piétons, basés sur les techniques GSM ou/et GPS, ont été lancés [Missions publiques] mais il n'en existe pas d'évaluation et sans doute est-il trop tôt pour cela. On pourrait aussi rattacher à cet ensemble les expériences de quartiers sans voitures apparemment encore confinées en Allemagne et sur lesquelles une étude a été faite pour le groupe « Gestion des déplacements du PREDIT 2 » [Gout, 32] ; elle recense cinq projets déjà réalisés depuis 1995 et huit en cours et souligne que 40 % des ménages des villes allemandes de plus de 500 000 habitants n'ont pas de voiture. Enfin, dans ce même ordre de préoccupation de favoriser la marche à pied et l'usage des TC, il convient de mentionner l'étude sur les aménagements urbains et les nœuds de TC en Allemagne, qui montre comment des villes privilégient les courtes distances dans leur développement urbain³⁰. Il ne s'agit sans doute pas d'une innovation à proprement parler – encore que l'application en France d'un tel parti d'urbanisation serait réellement une nouveauté – mais il serait sûrement intéressant de comparer cette approche du problème des déplacements urbains à l'innovation institutionnelle que constitue le PDU.

En bref, les connaissances sur le développement de la marche à pied sont embryonnaires, sans doute parce que les politiques correspondantes le sont tout autant. L'usage du vélo par contre, a fait et continue à faire l'objet de nombreuses expériences innovantes³¹ et suscite une production plus abondante ; il constituait d'ailleurs un axe d'expérimentation du PREDIT 2 qui a été évalué [Altermodal, 1].

L'étude rappelle la quasi-disparition du vélo³² parmi les modes de déplacements quotidiens et note que les politiques en faveur du vélo mises en place depuis quelques années se focalisent sur les aménagements et non sur les services ; or l'un des handicaps au développement du vélo se situe dans l'efficacité de la voiture dans un contexte d'étalement urbain et une solution serait d'associer le vélo à d'autres modes de transports, intermodalité qui requiert justement la mise en place de services. À partir de nombreuses études de cas³³, l'étude dégage les critères de localisation des services de location ou/et de gardiennage (proximité d'un pôle d'activités ou/et d'échanges), ainsi que les conditions de bon fonctionnement (local fermé et présence humaine).

Enfin, il faut mentionner une étude sur l'usage du roller [...] qui propose une typologie des usagers ainsi qu'une analyse des avantages, tout comme des freins à l'usage de ce moyen de déplacement particulièrement propice à l'intermodalité.

II. L'ALTERNATIVE À LA VOITURE INDIVIDUELLE

Les alternatives à la voiture individuelle peuvent être des alternatives à son usage (co-voiturage ou *car pooling*) ou

30 Des villes néerlandaises mettent en œuvre des politiques analogues.

31 Il y a même eu lancement de services de cyclo-pousse et de taxi-tandem qu'il faut citer, malgré une certaine difficulté à prendre au sérieux ces innovations.

32 2 % des déplacements en moyenne et 10 % à Strasbourg, la ville la plus cycliste de France.

33 Illkirch, Neuilly-Plaisance et Rochefort, à titre principal, complétées par une dizaine d'autres en France et à l'étranger.

34 L'expérimentation a bénéficié d'environ 1,5 M € de subventions françaises.

à sa possession (véhicules en libre-service, auto-partage ou *car sharing*).

Il n'a pas été trouvé d'étude de cas sur le co-voiturage, à l'exception de celle sur une voie réservée aux voitures avec trois occupants au moins, sur une autoroute d'accès à Madrid.

Les véhicules en libre-service ont fait l'objet de deux expérimentations importantes en France ; dans chaque cas, il s'agissait de véhicules électriques.

L'expérimentation de PRAXITELE à Saint-Quentin-en-Yvelines était conçue comme limitée dans le temps et s'est déroulée d'octobre 1997 à juillet 1999. L'évaluation, qui en a été faite, a conclu à la maturité et à la validation du concept, en raison de l'usage qui en a été fait comme complément aux TC et substitut à la voiture particulière, et de la hausse de productivité qui a pu être obtenue ; l'étude indique aussi les obstacles à surmonter pour développer un service qui est resté très loin du petit équilibre³⁴ (mais cet objectif ne figurait pas dans ceux de l'expérimentation qui était avant tout technique) et note que la faisabilité à plus grande échelle n'est pas démontrée [58]. L'expérience LISELEC a été différente, puisqu'elle visait à évaluer le concept dans des conditions réelles et que les aspects technologiques étaient secondaires ; l'implication de la communauté d'agglomération de La Rochelle, qui souhaitait disposer d'un système opérationnel et l'a finalement acheté pour l'exploiter elle-même, compte certainement pour beaucoup dans cette approche plus pragmatique [92]. Ce service continue à fonctionner avec maintenant 50 voitures réparties dans sept stations ; les recettes commerciales couvrent 85 % du coût de fonctionnement. Deux expériences d'auto-partage ont été étudiées dans le cadre du PREDIT. Celle de Toulouse ne s'est cependant jamais réellement développée et le service se poursuit comme complément à l'activité du loueur conventionnel qui l'a lancée. L'expérience parisienne peut être considérée comme un succès, puisqu'au bout de trois ans, elle offrait plus de 70 voitures à 1 500 abonnés, malgré une situation financière qui reste délicate. L'étude réalisée pour le PREDIT sur la Caisse Commune à Paris l'a été au début de l'expérience ; elle est donc très dépassée. Une étude a été réalisée par le CERTOP (Centre d'Études et de Recherche Travail Organisation Pouvoir) de Toulouse mais ne porte que sur les profils sociologiques des usagers. D'autres services ont été lancés depuis, avec plus ou moins de difficultés et de succès, à Strasbourg, Marseille et Lyon. Une thèse de sociologie est en cours avec le soutien de l'ADEME (Agence gouvernementale de l'Environnement et de la maîtrise de l'Énergie) mais il n'existe pas à l'heure actuelle d'évaluation de ces expériences ni d'analyse de leurs conditions de succès.

III. LE TRANSPORT DE MARCHANDISES EN VILLE

Mis en œuvre en 1994 après le constat de carence de la connaissance et de la recherche en France en matière de

transport de marchandises en ville, le Programme National Transport de Marchandises en Ville (TMV) a d'abord visé à réunir des bases de données statistiques fiables puis à modéliser les flux (modèle FRETURB) ; parallèlement, des expérimentations ont été réalisées dans le cadre du PREDIT. Ces expérimentations sont classées en quatre domaines : les centres de distribution ou espaces logistiques urbains, les déplacements achats et livraisons à domicile, la gestion du stationnement et de la circulation, la gestion de l'information et les échanges de données [27]. Au total 21 expérimentations avaient été engagées en décembre 2002, certaines relevant de plusieurs domaines. Les aspects organisationnels, juridiques et socio-économiques y sont au moins aussi importants que les aspects techniques. Les premiers résultats confirment la pertinence de l'approche expérimentale mais montrent aussi la nécessité d'élaborer des instruments d'évaluation, en particulier sur les aspects environnementaux.

IV. LE TRANSPORT À LA DEMANDE

Plus d'une centaine de services de transport à la demande ont été recensés en France et il s'en crée de nouveaux chaque année ; il s'agit en majorité de services en zone rurale. Une étude [47] s'est attachée aux services urbains de transport à la demande en France ; même si certains vivent, la plupart fonctionnent depuis plusieurs années et ne constituent plus des expérimentations. Outre une typologie des services ainsi qu'une analyse du rôle de l'exploitant et de l'autorité organisatrice, cette étude présente les résultats d'une enquête auprès des usagers. Quant aux types de services, elle distingue, selon la vocation, les services destinés aux déplacements domicile-travail, toujours exploités par l'exploitant de TC et les services ouverts à tous, assurés soit par les taxis, soit par les exploitants de TC. Neuf services sont étudiés plus en détail, du point de vue de leur fonctionnement et de leur clientèle mais l'analyse laisse à peu près complètement de côté les aspects économiques. Le transport à la demande est un terrain d'innovations technologiques pour la gestion des réservations et l'optimisation des itinéraires, mais les systèmes sont faits sur mesure et ne sont pas exportés d'un site à l'autre, ce qui pourrait changer avec la montée en puissance des sociétés de conception de ces

logiciels³⁵. L'enquête auprès des usagers relève du genre enquête de satisfaction et apporte des informations sans surprise sur leurs caractéristiques³⁶ ; elle ne permet malheureusement pas de situer l'usage de ces services dans une chaîne de déplacements et d'apprécier leur complémentarité avec les TC. Une autre étude s'est attachée au transport à la demande en comparant des expériences françaises et étrangères. Son principal intérêt réside dans l'analyse détaillée qu'elle présente du contexte juridique du transport à la demande et des difficultés que ce cadre oppose au développement de ce service, notamment sur le plan du financement public.

En fait, malgré la tendance certaine à la multiplication des initiatives dans ce domaine, on ne dispose pas d'un état des lieux permettant de comprendre le paradoxe de l'ancienneté et de la lenteur de son développement, les raisons des succès et les obstacles à sa diffusion ; parmi ces derniers, on peut supposer que l'absence d'enjeu économique fort occupe une place importante. Les enjeux sont en effet sociaux et environnementaux.

V. AUTRES TRAVAUX SUR LES EXPÉRIMENTATIONS

Il n'est pas possible de citer toutes les études présentant des démarches innovantes dans les transports urbains. Une liste quasi exhaustive de ces travaux peut être trouvée dans les trois documents cités au début de ce chapitre 4 [8, 64, 83].

Outre les domaines précédents sur lesquels on peut noter une concentration de travaux, on peut mentionner une présentation d'expériences françaises et européennes de rénovation de lignes de bus, sans qu'il soit possible d'en évaluer l'impact sur la fréquentation, ce qui est malgré tout le critère définitif d'évaluation, mais comme ceci a été déjà noté, les méthodes manquent. Les pôles d'échange et les critères de leur bon fonctionnement ont aussi fait l'objet d'études, ainsi que la réintroduction de personnel pour la gestion du stationnement. Quelques travaux ont déjà été consacrés aux PDE (Plans de Déplacements d'Entreprises) mais il s'agit essentiellement de comptes rendus des succès des pionniers et il reste bien sûr à analyser d'une manière quelque peu systématique la mise en œuvre de cette innovation institutionnelle et à évaluer son impact global.

35 Le même phénomène s'observe pour l'auto-partage.

36 On apprend ainsi que la majorité des usagers habite plutôt loin du centre-ville.

PARTIE V :

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

ET PROPOSITIONS D'AXES DE RECHERCHE FUTURS

I. CONCLUSIONS GÉNÉRALES DE L'ÉTAT DES LIEUX

Au terme de cet état des lieux de la recherche sur l'innovation dans les transports terrestres, il est possible de tirer trois types de conclusions, relatives tout d'abord à ce que l'on pourrait appeler la cartographie des travaux, ensuite aux processus de l'innovation et à sa gestion et enfin aux obstacles ou facteurs de blocage.

1. Les pleins et les vides

Sur le corpus de recherches qui a pu être recensé, la première observation très générale est celle de son caractère plutôt restreint. Manifestement, l'innovation dans les transports terrestres ne mobilise pas beaucoup les chercheurs en sciences sociales. Sur les 84 références de la bibliographie, moins de la moitié en effet peuvent être véritablement considérées comme des recherches sur l'innovation et seulement 18 ont justifié la rédaction d'une fiche de lecture.

D'une manière quelque peu caricaturale, on peut dire que les chercheurs spécialistes de l'innovation se sont très peu intéressés au secteur des transports, tandis que le principal organisme de recherche sur les transports ne consacre pas d'attention particulière à l'innovation ; dans ces conditions, il n'est pas étonnant que l'intersection entre les deux domaines soit à peu près vide.

Un examen global de ce corpus permet de discerner une concentration des travaux sur quelques domaines. Les mécanismes d'innovation dans l'automobile et la genèse de la grande vitesse ferroviaire sont les deux thèmes qui ont le plus retenu l'attention. On peut aussi remarquer des ensembles de travaux sur les instruments de planification des déplacements et la conduite de grands projets d'innovation, ainsi que sur l'impact des nouvelles technologies de l'information dans le transport routier de marchandises. Il apparaît aussi que les travaux consacrés aux processus d'innovation sont globalement plus nombreux que ceux qui portent sur les effets et conséquences, même si cette distinction n'est pas toujours très claire.

Ces focalisations font apparaître *a contrario* de grandes lacunes.

La principale est sans doute la très grande rareté de recherches sur les problèmes centraux de l'innovation, à savoir sa nature, le système d'innovation dans le secteur ou les sous-secteurs, l'efficacité des politiques publiques, les logiques industrielles, etc. La question de la rupture n'est au cœur que d'un seul ouvrage et abordée par deux

ou trois autres, alors qu'il y a unanimité pour admettre que les systèmes de mobilité actuels ne sont pas soutenables. Dans le même ordre d'idées, on peut évoquer le paradoxe de l'automobile dont les modèles actuels n'ont que peu à voir avec ceux des années 1900, à part la combustion interne et la présence de quatre roues, sans que personne ne soit capable d'indiquer où se situe la rupture. Certains, comme Chanaron [13], pensent même qu'il n'y a eu qu'une longue suite d'innovations d'amélioration, générant ainsi la rupture. L'effort actuel de R&D en vue d'une rupture, soit dans les matériels (la motorisation), soit dans le système automobile lui-même (la route intelligente), ne suscite pas non plus beaucoup de travaux.

On peut souligner aussi l'absence de travaux d'histoire et d'évaluation des politiques publiques de R&D, tant au niveau français que de l'Union européenne. Il n'y a pas non plus de travaux sur la modélisation des relations entre urbanisme et déplacements, et très peu sur les méthodes (institutionnelles, urbanistiques, etc.) de planification des déplacements. Il est vrai que dans ces domaines, il y a des besoins d'innovations, avant même de faire des recherches sur celles-ci.

En plus de ces lacunes concernant le domaine des transports terrestres dans leur globalité, il en est d'évidentes aussi au niveau des sous-secteurs ou modes de transport. Leur identification est délicate car elle tend à confondre l'absence de travaux et l'absence d'innovations.

Dans le secteur de l'automobile, aucune recherche n'a porté sur les effets des innovations et améliorations. On peut également souligner qu'il n'y a pas de travaux sur l'incohérence des choix collectifs dans le domaine de la sécurité routière, comme, par exemple, ne pas réglementer les performances maximales de véhicules, ni sur l'acceptabilité des politiques visant à restreindre la liberté automobile.

L'innovation dans les TCU n'a globalement fait l'objet que de très peu de recherches, en dehors de l'automatisation du métro, qui reste toutefois exceptionnelle et pour cause, vu le très fort ralentissement du rythme de construction de nouvelles lignes. Pourtant, des innovations importantes sont en cours de développement (« billettique ») ou ressenties comme nécessaires (tarification, mixage des modes, diversification de l'offre TC conventionnelle, etc.). La conception des véhicules et des stations, qui fait aussi l'objet de changements, n'a pas non plus suscité de recherches, alors que la concentration dans ce secteur industriel ne peut pas être sans conséquence sur l'innovation.

La grande vitesse ferroviaire a retenu l'attention comme choix technique et politique mais les travaux du début des années 80 sur ses impacts en termes d'économie spatiale n'ont pas été poursuivis, alors qu'ils sont certainement plus visibles maintenant.

Quant au transport de marchandises, il n'y a rien sur le fret ferroviaire et une seule étude a été recensée sur la logistique où des innovations importantes sont pourtant en cours³⁷. Les quelques travaux sur l'impact des nouvelles technologies de l'information et de la communication ne concernent que les transports routiers et se focalisent surtout sur l'évolution des métiers, alors que c'est l'évolution du secteur tout entier qui est affectée. La généralisation de ces techniques transforme d'ailleurs aussi le transport de voyageurs, sans qu'aucune étude n'y soit consacrée.

Ce ne sont là que des indications à grands traits sur les ignorances relatives à l'innovation dans les transports terrestres, déjà orientées cependant par les préoccupations des auteurs et des personnes interviewées ; on ne peut toutefois pas en déduire mécaniquement un choix des axes de recherches à développer (voir *infra*).

2. Les processus et la gestion de l'innovation

Le constat de ces lacunes ne doit cependant pas faire oublier les acquis des recherches sur le processus d'innovation à partir d'analyses des transports terrestres. Même si le référent aux deux approches classiques – séquentielle et systémique – du processus d'innovation perdure encore, une large majorité penche désormais pour une vision systémique qui permet de prendre en compte les jeux et stratégies de tous les acteurs parties prenantes. Or, le domaine des transports terrestres illustre pleinement que le succès ou l'échec d'une innovation dépend plus des rapports entre acteurs que de simples progrès des connaissances scientifiques et techniques réalisées en amont. Il semble que le domaine des transports terrestres confirme parfaitement qu'il existe de nombreux filtres institutionnels aux innovations techniques et organisationnelles et que c'est la construction de consensus entre acteurs qui est seule à même de faciliter l'émergence d'une innovation.

Un trait commun à l'ensemble des transports terrestres est celui de la domination de très grandes entreprises tant privées que publiques : dans l'automobile, la domination des grands constructeurs et d'une petite douzaine de grands équipementiers, est patente ; dans les transports sur infrastructure fixe, celle de la RATP et de la SNCF (dans le cas français) l'est également. Le nombre d'acteurs ayant un véritable pouvoir décisionnel en matière d'innovation s'est considérablement réduit par les concentrations opérées depuis les années quatre-vingts. Une des questions en suspens est bien celle des nouvelles technologies de l'information et de la communication, que ne maîtrisent pas les acteurs traditionnels, et qui sont développées par des groupes industriels qui étaient jusque-là totalement absents du secteur des transports terrestres.

Le secteur des transports terrestres confirme également la validité de la dichotomie entre innovation d'amélioration,

qui ne remet pas en cause une trajectoire ou un design dominant, et innovation de rupture, qui *a contrario* génère un nouveau paradigme, ou une nouvelle trajectoire.

Il apparaît clairement que les caractéristiques du secteur des transports terrestres font que les acteurs ont une nette préférence pour les innovations d'amélioration. Il est à ce titre important de souligner que beaucoup d'innovations, sinon la totalité dans celles des dix dernières années, se sont faites par transferts de technologies micro-informatiques et électroniques dans les différents éléments des systèmes de transport. À l'exception du TGV, il n'y a pas eu d'innovation majeure. Encore faudrait-il souligner que le TGV est une innovation technique dérivée d'une accumulation de perfectionnements techniques, mais qu'il est surtout une innovation organisationnelle majeure.

Seconde dichotomie confirmée par les recherches sur les transports terrestres, celle (déjà mentionnée) d'innovation technique et d'innovation organisationnelle. Est même largement démontrée l'hypothèse selon laquelle ces deux formes organiques d'innovation sont presque toujours concomitantes, voire nécessaires l'une à l'autre pour assurer leur succès. Ce qui tend d'ailleurs à montrer que l'intérêt analytique de cette dichotomie n'est pas vraiment pertinent.

3. Les facteurs de blocage de l'innovation

Les obstacles ou facteurs de blocage de l'innovation varient évidemment d'un mode de transport à l'autre.

Pour **l'automobile**, il s'agit plus particulièrement des inerties du système fondé sur la technologie dominante : masse des investissements, temporalités des processus de conception et de fabrication, parc de véhicules en circulation, etc.

Pour **les transports collectifs**, ces blocages sont sans doute davantage d'ordre institutionnel, vu le nombre et la diversité des statuts juridiques des acteurs.

II. PROPOSITIONS D'AXES DE RECHERCHE FUTURS

Pour définir des axes de recherche, il n'est pas possible d'identifier simplement les lacunes dans les connaissances actuelles (les cases vides des matrices de classification du corpus documentaire), car elles définissent un ensemble trop vaste. Le repérage présenté dans les paragraphes précédents de la conclusion relève d'ailleurs déjà d'un choix.

Il faut plutôt partir des questions « qu'a-t-on besoin de savoir sur l'innovation et pour quoi faire ? » ou en d'autres termes, « qu'a-t-on besoin de savoir pour faire des politiques de transport durables, d'un point de vue social, économique et environnemental ? ». On postule ainsi, comme cela a déjà été formulé dans la proposition de recherche, que tel est bien l'objectif du PREDIT.

Pour concrétiser ces questions, il convient d'explicitier les critères permettant de juger du caractère durable de politiques de transports. Ces critères peuvent être formulés comme suit :

³⁷ Ce point devrait toutefois être vérifié de manière plus approfondie avec l'équipe CRET-LOG d'Aix-en-Provence, ce qui n'a pas été possible dans le cas de la présente recherche.

Tableau n° 3 : Les propositions de recherche par grandes catégories d'enjeux

	Équité dans l'accès à la mobilité	Réduction des impacts environnementaux	Acceptabilité des coûts
Généralités tous secteurs	– Évaluation des politiques publiques de R&D dans le domaine des transports	– Évaluation des politiques publiques de R&D – Analyse des instruments de planification des déplacements	– Évaluation des politiques publiques de R&D
Voiture particulière	– Services de mobilité et équité	– Comportements d'achats – Acceptabilité des politiques publiques – Socio-économie de l'innovation dans le domaine des alternatives au pétrole	– ITS pricing
TCU	– Tarification – Billetique – Diversification de l'offre – Sécurité – Information		– Offre de matériels – Tarification
Ferroviaire voyageurs	– Impacts régionaux de la grande vitesse		– Développement des NTIC
Transport de marchandises		– Fret ferroviaire – Innovation sur le « camion du futur »	– Développement des NTIC – Offre de matériels

- équité dans le droit à la mobilité,
- acceptabilité des coûts pour les finances publiques et les individus,
- respect des engagements internationaux de la France et amélioration de la qualité de l'air en ville.

L'équité dans l'accès à la mobilité, ce n'est pas le simple développement des TC (une étude du GART – Groupement des autorités responsables de transport – met d'ailleurs en doute le caractère durable de la politique actuelle de développement des TCSP), mais aussi sinon plutôt, le développement de formes de transport intermédiaire entre la VP et le tram ou le bus, « le chaînon manquant », selon le titre d'un opuscule publié dans les années quatre-vingt-dix et répertoriant toutes les expériences de taxi collectif, bus à la demande, etc., dont bien peu sinon aucune ne s'est véritablement développée. Le respect des engagements internationaux de la France et l'amélioration de la qualité de l'air désignent clairement le

transfert modal VP/TC d'une part, et la diminution des émissions unitaires des VP (sans effet rebond sur l'augmentation des kilométrages¹³⁸), par amélioration des moteurs actuels ou innovation de rupture dans la motorisation (véhicules hybrides ou PAC), d'autre part. Dans cet ordre de préoccupations environnementales, on pourrait ajouter la réduction de la consommation de ressources naturelles non renouvelables.

L'acceptabilité des coûts ne désigne aucun besoin d'innovation en particulier, c'est plutôt la variable d'ajustement, en fonction de laquelle on peut aller plus ou moins loin dans les directions précédentes. Ce n'est qu'après avoir analysé les implications financières des innovations ou changements dans les domaines précédents qu'il sera possible de déterminer lesquels sont les plus probables ou faciles.

Ces critères de définition du caractère durable des transports peuvent être croisés avec les lacunes constatées plus haut dans le corpus de recherches et les besoins de recherches qui ont été indiqués par les personnes interviewées.

38 Cf. la recherche du programme ECODIE, « Parc automobile et effet de serre », *Cahiers du CLIP* n° 12, mars 2001.

Tableau n° 4 : Les propositions de recherche par domaine d'action stratégique

	Stratégies industrielles	Politiques d'incitation	Impacts sociétaux et acceptabilité
Tous secteurs	– Stratégies des entreprises (constructeurs et exploitants)	– Évaluation des politiques publiques de R&D – Analyse des instruments de planification des déplacements	– Demande de transport – Tarification
Voiture particulière	– Stratégies des entreprises : constructeurs, équipementiers et exploitants d'infrastructures	– Acceptabilité des politiques de sécurité, trafic et environnement – Effet des incitations sur les nouvelles motorisations (piles à combustible, hybrides...)	– Comportements d'achats – Économie des innovations
TCU	– Billetique – Diversification de l'offre – Sécurité – Information – Offre de matériels	– Évaluation des innovations dans les contenus et instruments de politiques de transport public – Tarification	– Tarification
Ferroviaire voyageurs	– Développement des NTIC	– Évaluation des innovations dans les contenus et instruments de politiques de transport public	– Impacts régionaux de la grande vitesse – Obstacles à l'interopérabilité des réseaux
Transport de marchandises	– Développement des NTIC – Offre de matériels	– Évaluation des innovations dans les contenus et instruments de politiques de transport public	– Les changements organisationnels et ses déterminants dans la chaîne logistique

Il est possible aussi de classer les axes de recherche par rapport aux grandes dimensions ou problématiques de l'innovation : les stratégies industrielles, les politiques d'incitation, les enjeux et impacts (économiques, sociaux et environnementaux), l'acceptabilité, etc. La difficulté est qu'il est difficile de définir une partition sur cet ensemble.

1. Les axes de recherche portant sur le système d'innovation dans les transports terrestres

Certains axes de recherche concernent tous les secteurs des transports ainsi que toutes les dimensions du problème de l'innovation et constituent sans doute une priorité par rapport aux axes plus thématiques ou sectoriels.

• Le système national d'innovation dans les transports terrestres

Les carences constatées amènent à recommander de développer des recherches sur le système national d'innovation dans les transports terrestres en comparaison avec ceux des autres pays leaders dans le secteur³⁹. Ces recherches devraient porter aussi bien sur les stratégies industrielles que sur les politiques incitatives, ainsi que, plus à l'amont, sur la prospective technologique.

Les politiques publiques de recherche sur les transports n'ont en effet pas fait l'objet de travaux scientifiques, tout au plus de rapports d'évaluation, à caractère plus politique que scientifique, encore qu'elles incluent des contributions de chercheurs. Le rôle des PREDIT et celui de ses prédécesseurs n'ont pas été sérieusement évalués, alors qu'ils ont mobilisé des ressources considérables. Les

³⁹ Il existe seulement quelques études dans la littérature grise sur la place de la France dans les brevets (OST, CPVS) ou dans le domaine de la PAC (ministère de l'Industrie).

grands programmes européens sur les transports n'ont pas été évalués sérieusement eux non plus, alors qu'ils ont revêtu des formes diverses, plus ou moins ciblées. La tâche est particulièrement délicate, vu l'ampleur du champ et la diversité des stratégies d'incitation à la recherche et à l'innovation selon les secteurs. Il est sans doute illusoire de vouloir analyser globalement l'impact de ces politiques sur les transports dans leur ensemble et ce serait plutôt à propos de problèmes d'innovation bien circonscrits qu'il conviendrait de rechercher quel a été et quel pourrait être le rôle des politiques publiques.

En ce qui concerne la planification des déplacements et la gestion de la mobilité, il semble utile de mener des recherches, d'une part sur des innovations institutionnelles telles que les PDU et les PDE ainsi que sur des approches différentes de la gestion de la mobilité, et d'autre part sur le développement de méthodes innovantes d'analyses des relations urbanisme-déplacements, ainsi que de comptes déplacements. Il est vrai que ces thèmes sont à la marge du champ de l'innovation dans les transports mais ils en constituent des facteurs contextuels déterminants.

• La diffusion des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans le transport et les nouveaux services

La diffusion des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les transports, donne lieu à des innovations de services, notamment dans les TC, et aussi à des innovations organisationnelles dans les entreprises (transporteurs et chargeurs), à travers les évolutions dans le secteur de la logistique. Conjugées les unes aux autres, ces innovations sont peut-être à même de transformer radicalement les systèmes de transport de personnes et de marchandises ; c'est en tous cas ce qui semble se produire dans la logistique. Elles n'ont pourtant été étudiées que dans le transport routier et de façon partielle et sont l'objet d'expérimentation dans le transport de marchandises en ville.

Les questions qui se posent sont celles de l'évolution des services, voire de l'apparition de nouveaux services et des restructurations du secteur des transports ainsi que des éventuelles répercussions sur d'autres secteurs économiques.

Il convient de souligner les lacunes dans le domaine des innovations liées aux nouvelles technologies de l'information et de la communication dans le contexte des transports terrestres. Or, ces fameuses nouvelles technologies de l'information et de la communication sont porteuses à l'évidence d'innovations d'amélioration significatives, qui additionnées, pourraient provoquer une véritable rupture. Ces innovations sont plus des innovations de services, basées certes sur des technologies (téléphone portable, GPS, Internet, etc.) : systèmes d'information sur la fréquence et les problèmes des transports collectifs, « billettique », etc.

En outre, ces innovations sont susceptibles de modifications en profondeur des métiers et des professions associées aux transports terrestres, non seulement dans les entreprises de transports elles-mêmes (SNCF, RATP, autocaristes, etc.), mais également dans les activités périphériques (agences de voyages, messagerie, etc.). Ces innovations sont à même de changer drastique-

ment les conditions de transports de personnes comme des marchandises.

Outre l'analyse des mécanismes de ces changements, indispensable pour définir d'éventuels leviers d'action, la question principale posée par ces nouveaux services est celle de leur acceptabilité sociale.

2. Les axes de recherche par secteur et mode de transport

• Le secteur de la voiture particulière

C'est sans doute un des secteurs où les mécanismes de l'innovation ont été les mieux étudiés. Pour autant, il n'y a, sauf exception, aucune recherche sur les moyens d'orienter l'offre des constructeurs, alors qu'il faut bien constater que celle-ci n'évolue que très lentement – dans la vision la plus optimiste – vers un développement durable. De manière complémentaire, les comportements d'achat et leurs déterminants n'ont été que très peu étudiés. Des progrès dans les connaissances sur l'une et l'autre de ces composantes du marché sont pourtant nécessaires pour peser sur la composition du parc et freiner la tendance à la montée des gammes en puissance et en poids, dont les SUV (*Sports Utility Vehicle*) sont l'exemple le plus spectaculaire.

Des recherches doivent porter sur les obstacles au développement des technologies alternatives aux moteurs thermiques – voiture électrique à pile à combustible, véhicules hybrides, etc. – et des améliorations majeures du moteur thermique en termes de consommation et de pollution (moteur à mélange pauvre, moteur à alcool, etc.), que ces barrières soient d'ordres scientifique et technique et/ou socio-économique. Les stratégies d'acteurs doivent être mieux identifiées et analysées pour que d'éventuelles mesures d'ordre politique soient mises en œuvre.

Outre ces besoins de savoirs sur la composition du parc et son évolution, des questions portent aussi sur son usage. Dans ce domaine, des mesures sont envisagées (le bridage des moteurs) voire mises en œuvre (le péage urbain) et il serait nécessaire d'en analyser l'acceptabilité et l'efficacité.

Un des questionnements majeurs pour les innovations dans l'automobile, mais aussi de tout secteur industriel, est celui du prix d'introduction, puis de diffusion. Il est d'autant plus d'actualité pour les innovations liées aux nouvelles technologies de l'information et de la communication, dont les caractéristiques, notamment la part des logiciels, sont spécifiques, en tout cas très différentes de celles en vigueur dans les industries manufacturières traditionnelles (de la transformation des métaux et des plastiques). Le succès ou l'échec des technologies de sécurité des « systèmes intelligents » de transport dépendent principalement de la solution à ce dilemme par les stratégies des organisations du système. Les connaissances, relevant de l'économie et des sciences de gestion, sont très limitées en la matière et mériteraient des recherches tant théoriques qu'appliquées.

D'ailleurs, dans la même perspective, une réflexion sur la nature même du marché des technologies de la sécurité routière est à mener. La contradiction entre logique de marché – l'usager consommateur – et logique de besoin collectif – l'usager citoyen – est à creuser. Affirmer qu'il n'y a pas de marché pour les ITS parce que le consom-

mateur n'est pas prêt à payer, alors que rien n'a été mis sur le marché, n'est pas raisonnable. Une innovation (voir l'ABS, les airbags et le pot d'échappement catalytique) ne crée son marché que si elle est introduite sur le marché. Si on privilégie le marché, la sécurité passe après le téléphone mobile, le PC et le haut débit, etc. Un moniteur de sécurité ne peut pas simplement être rajouté à cette liste de courses.

De plus, comme il n'y a aucune routine de comportement en matière de sécurité, il n'y a pas de marché de masse. L'hypothèse du modèle de la téléphonie mobile est à creuser : donner le système pour une somme symbolique et vendre du service réseau.

Les recherches scientifiques et technologiques sur les systèmes intelligents de sécurité active et passive des véhicules (voitures et poids lourds) s'intensifient, la recherche socio-économique doit être développée en parallèle. C'est d'ailleurs un des thèmes prioritaires retenus par le groupe de travail sur le programme « eSafety » organisé par la Commission européenne. Ces recherches doivent s'intéresser évidemment à la genèse de marchés de masse, donc aux prix des dispositifs, mais aussi à l'acceptabilité sociale du concept de « route intelligente », aux aspects juridiques de responsabilité, etc.

• L'innovation dans les TCU

Les TCU sont le lieu de très nombreuses innovations à la fois techniques et organisationnelles et le plus souvent très locales ; Météor lui-même est d'ailleurs une innovation difficilement reproductible. La genèse de ces innovations est sans doute assez différente de celle d'objets techniques industriels. Les enseignements en sont aussi plus difficiles à tirer, en raison des particularités de chaque cas. En particulier, la question de l'évaluation de l'impact de ces innovations sur la répartition modale revient de manière récurrente.

Les innovations sur lesquelles devraient porter des recherches, concernent des aspects très variés : tarification, « billettique », information des usagers, sécurité, diversification de l'offre. À propos de ce dernier point, on peut remarquer un manque de recherche sur les modes complémentaires des TC ou leurs appendices, tels que les transports à la demande ; par exemple, il ne semble pas y avoir eu d'étu-

de sur les taxis depuis celle du CRESAL (Centre de Recherche et d'Études Sociologiques Appliquées de la Loire), il y a une trentaine d'années ; la location de voiture n'a pas suscité de recherche alors qu'elle se diversifie et tend à faire partie de l'offre des constructeurs.

D'ailleurs, d'une manière plus générale, il n'y a pas de travaux sur la conception et la production de matériels de transports collectifs, tant urbains qu'interurbains, alors que ceux-ci évoluent. Le secteur industriel de la construction des matériels de TC et surtout ferroviaire, est le lieu d'une forte concentration. Il serait intéressant de mener des recherches sur les logiques d'innovation (diversification/unification) des matériels ferroviaires : ainsi, c'est seulement à partir de la 3^{ème} génération de TGV que les matériels ont été conçus pour être inter-opérables sur toutes les lignes à grande vitesse.

• L'impact de la grande vitesse ferroviaire et des grandes infrastructures sur le développement local et régional

Le réseau de trains à grande vitesse s'étend sans que l'on dispose d'analyses sur ses effets sur le développement local et régional, pas plus que sur la mobilité et la répartition modale. Or on dispose aujourd'hui du recul nécessaire sur le cas du TGV en France et de ICE en Allemagne. Des analyses comparatives des effets de ces nouveaux systèmes seraient très utiles, notamment dans la perspective de nouvelles innovations en cours ou à venir telles que les trains à sustentation magnétique.

• Les difficultés d'innovation dans le fret ferroviaire

Le transport de marchandises constitue sans conteste un problème crucial pour une politique durable des transports, que l'on considère l'évolution globale de la demande de transport de marchandises ou sa répartition modale. L'innovation n'est sans doute pas une condition suffisante pour que le rail joue plus qu'un rôle marginal et déclinant mais elle est sûrement nécessaire.

Il conviendrait donc de pouvoir tirer les leçons des tentatives et projets abandonnés ou enlisés, d'identifier les obstacles internes et externes à ce secteur et, plus largement, de savoir quels sont les leviers et les marges d'action pour modifier significativement la répartition modale du transport de fret.

BIBLIOGRAPHIE

- ALTERMODAL, 4D**, *Analyse de l'expérience de villes étrangères dans le domaine des déplacements non motorisés*, DRAST-PREDIT, 2001, 183 p.
- Baye É., Debizet G.**, *Des nouvelles problématiques urbaines à l'innovation de l'expertise transport/déplacement. Mise en parallèle et convergence : Allemagne-France-Royaume-Uni*, Économie & Humanisme, CERAT-CIVIL, PREDIT, 166 p., 2001.
- Beauquier S.**, *Enjeux et effets de la mise en œuvre d'une organisation « orientée client ». Analyse comparative de deux entreprises de service : ASSUR et la RATP (Météor Ligne 14)*, PREDIT, LATTES-ENPC, 2002, 73 p.
- Banos A., Izembard A., Josselin D.**, *Les services de transport à la demande dans leur marché et leur cadre institutionnel. Étude de faisabilité d'un repositionnement socio-économique de ces marchés. Cadre juridique et institutionnel. Préférences suscitées. Modélisation statistique et exploratoire de la demande*, KEOLIS, THEMA, DRAST-PREDIT, 2002, 67 p.
- Bollo D., Henriquez M., Stumm M.**, *Le support logistique au commerce électronique*, 67 p., PREDIT, INRETS, décembre 2000.
- Buser M., Poschet L., Rossel P.**, *L'usage des TIC dans les PME de transport*, PREDIT, EPFL, 2003, 42 p.
- Bye P., Chanaron, J.-J.**, *Guest Editors, Technological Change and Inertia: Case Studies, A special Issue of The International Journal of Technology Management*, Vol. 16, n° 7, 1998.
- CERTU**, *L'innovation au service des déplacements urbains. Bilan de 33 recherches et expérimentations*, PREDIT, 97 p.
- Chanaron, J.-J., Nicolon A.**, *L'innovation dans la construction des matériels de transport terrestre*, IRT Ministère des Transports, IREP/IPEPS, Grenoble, juillet 1973.
- Chanaron, J.-J., Nicolon A.**, *Deux études de cas d'innovation : I) Le véhicule électrique, II) Le TGV*, ATP CNRS, IREP/IPEPS, Grenoble, janvier 1976.
- Chanaron, J.-J.**, *Innovation technologique et développement économique*, Cours d'économie appliquée, DGES, Collection Économie Appliquée, Université Pierre Mendès-France, Grenoble, 1991.
- Chanaron, J.-J.**, *Perspectives de la voiture électrique : les leçons de l'histoire*, *Revue de l'Énergie*, numéro spécial Énergie, Transports, Environnement, n° 463, novembre 1994, pp. 627-635.
- Chanaron, J.-J.**, *Automobiles: a static technology, a « wait and see » industry?*, *The International Journal of Technology Management*, Vol. 16, n° 7, 1998, pp. 595-630.
- CNRS**, *Parc automobile et effet de serre. Agir sur le parc automobile pour réduire l'effet de serre*, *Les cahiers du CLIP*, n° 12, 2001, 96 p.
- Duhamel Y.**, *Les services de bus du futur. Évaluation des projets menés en France et en Europe*, PREDIT, AXIALES.
- Duret M. et alii**, *Évaluation des réseaux socio-techniques et économiques. Application aux nouvelles technologies innovantes de transport*, Technicatome, LATTES, LET, INRETS, CSI, PREDIT, 1997.
- Duret M., Janssens de Bisthoven O., Martin S., Lolive J.**, *Projet STEMM (Modèle de compréhension de la stratégie du transport européen multimodal), évaluation de l'acceptabilité politique et sociale des mesures de transport*, Commission européenne-DG Transports, 1998, 260 p.
- Duret M., Latour B. (coordinateurs)**, *PROTÉE ; PROCédures dans les Transports d'Évaluation et de suivi des innovations considérées comme des Expérimentations collectives*, Technicatome, Centre de sociologie de l'innovation, UE-4^{ème} PCRD, 2000, 64 p.
- Eifler M.**, *Le développement du système véhicules électriques. Pour une approche en sciences sociales*, DRAST, 1997, 27 p.
- Faure A.**, *La marche et la pratique à pied de la ville*, Arch'urba, PREDIT.
- Faure J., Vanoni D., Lehuen A., Merlin P.**, *Le transport à la demande et les dessertes souples. Finalités, clientèles et performances des principaux systèmes*, FORS Recherche Sociale, IDF Conseil, PREDIT, 2001, 59 p. + annexes.
- Félix B.**, *Le Val, Histoire d'un nouveau moyen de transport*, Laurent du Mesnil Éd., 1993, 256 p.
- Fialeix Associés**, *Innovation et financements du PREDIT dans le secteur automobile*, 2002, 41 p.

- Foray D., Llerna P., Perret F.L., De Tilière G. et alii**, *Choix d'investissement et formes organisationnelles dans les projets de forte rupture technologique, le cas des trains à grande vitesse*, IMRI-Université de Paris-Dauphine, PREDIT, 2001.
- Fourniau J.-M.**, *La genèse des choix techniques de la rame TGV Paris Sud-Est*, in *Service public, technologie et industrie : l'ambition TGV*, Institut d'histoire de l'industrie, Paris, 1997.
- Frybourg M.**, *L'innovation de rupture*, La Documentation française, 67 p., 2002.
- Gérardin B.**, *Premiers enseignements à tirer des expérimentations innovantes*, Gérardin Conseil, DRAST-Programme TMV, 2001, 27 p.
- Gilles M.**, *Des idées aux solutions. Les transports urbains de demain vus par les hommes et les femmes de neuf villes d'Europe*, PREDIT, Marc Gilles & Associés, 1998, 173 p.
- Gilles M.**, *Enquête sur l'innovation dans les transports publics urbains*, PREDIT, Marc Gilles & Associés, 1997, 95 p.
- GM Conseil**, *Acceptabilité juridique des innovations technologiques liées à la conduite assistée ou automatique*, Responsabilités, PREDIT, ARCOS (en cours).
- Gomes S.**, *Contribution de l'analyse de l'activité au processus de conception de produits innovants, Application à la conception de systèmes de contrôle-commande automobiles*, INP Lorraine, Nancy, 1999.
- Gout P., Dittrich-Wesbuer A.**, *Des quartiers sans voiture se développent en Allemagne*, PREDIT, Institut de recherches du Land de Rhénanie-Nord-Westphalie, 2000.
- Guihéneuf E.**, *Innovation technologique et réglementation environnementale. Le cas de l'industrie automobile*, Paris IX-Dauphine, 1998.
- Hond F. den**, *In Search of a Useful Theory of Environmental Strategy: A Case Study on the Recycling of End-of-Life Vehicles from the Capabilities Perspective*, PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, 1996.
- Hond F. den**, *Inertia and the strategic use of politics and power: A case study in the automotive industry*, *The International Journal of Technology Management*, Vol. 16, n° 7, pp. 641-654, 1998.
- Hond F. Den, Orssato R.**, *The Political Ecology of Automobile Recycling in Europe*, forthcoming in *Organization Studies*, 2003.
- Joseph I.**, *Gares intelligentes. Accessibilité urbaine et relais de la ville dense*, PREDIT, RATP, décembre 1999.
- Joseph I., Thiéry O., Segal J.-P., Beauquier S.**, *La mise en service de Météor Ligne 14 ; « Impact Socio-organisationnel et Transférabilité des Innovations Technologiques »*, Université de Paris X-Nanterre, CSI-ENSMP, CEREBE, LATTES-ENPC, PREDIT, 2002.
- Jouve B. et alii**, *Les politiques de déplacements urbains en quête d'innovation institutionnelle ; Genève, Naples, Munich, Stuttgart, Lyon*, PREDIT, 2001 Plus, n° 58, CPVS.
- Jouve B.**, *Des politiques locales de déplacements urbains : le PDU de Lyon*, ENTPE-RIVES, PREDIT, 2000, 49 p.
- Klein O., Mignot D.**, *Temps, irréversibilités et grands projets d'infrastructures : regards multiples sur la liaison Lyon-Turin*, Actes du Colloque du 5 mars 1998, Lyon, 1998, LET, 142 p.
- Kostopolou M.**, *Changement technique et politiques publiques, leçons de l'histoire récente de l'énergie*, Thèse de doctorat EHESS, 1997, 323 p.
- Lagraulet**, *Financement PREDIT et innovation technologique*, FIALEX, PREDIT, 2002.
- Lamure C.**, *Le véhicule électrique à l'horizon 2004 : controverses en Californie, prémices d'une bataille mondiale*, DRAST 1996, 35 p.
- Latour B.**, *Aramis ou l'amour des techniques*, La Découverte, Paris, 1992.
- Larcher F.**, *Évaluation de l'axe d'expérimentation : le vélo et la pratique du vélo en ville*, ALTERMODAL, PREDIT, 2002, 97 p.
- Le Breton É., Ascher F., Bourdin A., Charrel N., Ducroux L., Prins M.**, *Le transport à la demande, un nouveau mode de gestion des mobilités urbaines*, GIP Mutations des industries et des services, PREDIT, TMU-IFU, SCP d'avocats Charrel, 218 p., bibliographie, 2000.
- Le Gal Y.**, Consultants, Innovations PREDIT et PDU.
- Lemaire É.**, *Les transports ferroviaires japonais : la politique d'innovations technologiques dans le contexte de la privatisation*, EGIS, PREDIT.
- Leone F.**, *Implications of environmental regulation on industrial innovation: the case of end-of-life vehicles*, IPTS, Séville, 1998, 63 p.
- Leone F.**, *Regulation and innovation in the area of end-of-life vehicles*, IPTS, Séville, 2000, 428 p.
- Leone F., Zoboli R., Barbiroli G.**, (2000), *Regulation and Innovation in the area of end-of-life vehicles*, EUR WP: EUR 19598 EN, 2000, 428 p.
- Leone F., Zoboli R.**, *Implications of environmental regulation on industrial innovation: The case of End-of-Life vehicles*, IPTS, EUR WP n° EUR18688 EN, 1998, 63 p.
- Lolive J.**, *La mise en œuvre controversée d'une politique de réseau : les contestations du TGV Méditerranée*, Thèse de doctorat, Université Montpellier I, 1997.
- Lolive J.**, « Les politiques de la boîte noire sont-elles négociables ? Éléments d'analyse du conflit TGV Méditerranée », *Espaces et Société*, n° 97-98, 1999, pp. 41-62.
- Mac Kinsey**, *Automotive Software: a Battle for Value*, McKinsey & Company, Part 1 – Choosing the right battle fields; Part 2 – Divide and Conquer; Part 3 – Mercenaries and arsenals; Part 4 – Training the troops, 2002.

- Mannone V.**, *Impact régional du TGV Sud-Est*, Université d'Aix-Marseille, 1995.
- Massot M.-H. et alii.**, *Expérimentation du système de véhicules électriques en libre service Praxitèle à Saint-Quentin-en-Yvelines*, INRETS, 1999.
- Medina H.-V. de, Sedilleau P.**, *L'industrie automobile se réorganise pour le recyclage*, 9th GERPISA International Colloquium, Paris, 7-8-9 June 2001.
- Metton A. (dir.)**, *Impact sur la mobilité du développement du commerce virtuel*, PREDIT, ARAUC-Université de Paris-Val-de-Marne, 2000, 111 p.
- Meunier J.**, *The politics of high speed rail in France : 1944-1983*, Thèse de Brandeis University, Waltham, Massachusetts, 2001.
- Midler C.**, *L'auto qui n'existait pas*, Dunod, Paris, 1998.
- Ministère de la Recherche**, *État de la recherche et du développement technologique*, rapport annexe au projet de loi de finances, 2000.
- Missions publiques**, *État des lieux des services innovants de mobilité en Europe*, Mission Transports-METL, PREDIT, 2002, 101 p.
- MV2 Conseil, SNCF, DTT**, *Étude sur la pertinence commerciale du produit Commutor*, Paris, 1996, 27 p.
- Nieder B.**, *TGV et ICE, les processus de décision entre la politique, l'administration et l'industrie*, 1995.
- Noori H., Munro H., Deszca G., Mcwilliams B.**, Developing the "right" breakthrough product/service: an application of the umbrella methodology to electric vehicles – Part B, *International Journal of Technology Management*, 17, 5, pp. 563-579.
- Offner J.-M.**, L'action publique urbaine innovante, in *Repenser le territoire. Un dictionnaire critique* (Wachter S. éd.), DATAR/Éditions de l'aube, 2000, pp. 139-156.
- Offner J.-M.**, *Observation des processus politiques de production des PDU*, ENPC-LATTS-CERTU, PREDIT, 2002.
- Ollivier H.**, *La ville à l'heure du roller : évaluation des usages et de la gestion d'un nouveau mode de déplacement urbain non-motorisé en France et à l'étranger*, PREDIT, Études & Conseil, 2002.
- Orselli J., Chanaron J.-J.**, *Vers l'automatisation de la conduite. Les systèmes intelligents de transport*, 309 p., PREDIT, PARADIGME, Orléans, 2001.
- Patrice B., Meyere A., Flamm M., Faudry D., Maggetto G., Carrara M., Mollard J.**, *Les systèmes de voiture à usage partagé. Libre-service, multipropriété, car-pool*, Actes du colloque du 2 juin 1997, INRETS, 161 p.
- Pavitt K.**, Sectoral patterns of innovation, *Research Policy*, vol. 13, n° 6.
- Peters J., Becker W.**, *Innovation Effects of Science-Related Technological Opportunities – Theoretical Considerations and Empirical Findings for Firms in the German Manufacturing Industry*, 1998 ; téléchargé de www.wiwi.uni-augsburg.de/vwl/institut/paper/226.pdf
- Picard F., Rodet-Kroichvil N.**, *La dynamique du système d'innovation dans l'industrie automobile de la région Alsace Franche-Comté : les apports d'une lecture croisée de l'évolutionnisme et de l'institutionnalisme*, Colloque institutionnalismes et évolutionnismes – Confrontations autour de perspectives empiriques, Centre Walras, Lyon, 2-3 décembre 2002.
- Powell R.**, *The frontiers of State, practice in Britain and France pioneering High Speed Rail Technology and Infrastructures*, London School of Economics and Political Science, 1995.
- Ribeil G.**, *Trente ans de recherche à la SNCF*, SNCF-Direction de la recherche, 1997, 250 p.
- Révah J.**, *Demain, les routiers. L'impact des mutations économiques et commerciales, techniques, organisationnelles et sociales sur les métiers des conducteurs de transports routiers de marchandises*, PREDIT, TRANS/FORMATION, janvier 2001.
- Rond D., Sheperd J.**, *Conséquences de la pénétration des technologies de gestion de l'information sur l'emploi et les métiers du transports routiers de marchandises*, PREDIT, SYSTÈME 7, 60 p. + annexes, 1999.
- Rouxel F.**, *Transports collectifs et développement durable*, PREDIT, FNAU-Services 1998.
- Sebbar S.**, *De l'innovation progressive à la rupture technique: contribution à une explication de la dynamique technique des produits. Exemple de l'automobile*, Thèse en Sciences de Gestion, IAE, Université de Toulouse, 1994.
- Segal J.-P.**, *Impacts sociaux, organisationnels et commerciaux de l'automatisation des métiers de conduite*, PREDIT, CEREBE, 2001.
- SEMALY, CERTU, LET**, *Déplacements et innovations ; 25 expériences plus ou moins réussies*, PREDIT, 1998, 165 p.
- SOFRES**, *Étude qualitative d'identification de leviers de maintien d'un marché du véhicule électrique*, PREDIT-DRAST, 2000.
- Soler D., Géraud N., Mallein P.**, *Méthode d'évaluation de l'acceptabilité sociale de l'innovation dans les transports collectifs*, Bertin Technologies, PREDIT, 2000, 68 p.
- Soleyret D.**, *Développement des nouvelles technologies. Quelles conséquences pour le marché des transports de marchandises*, INRETS, 2002, 156 p.
- Speck K.**, *Système national d'innovation et dynamique institutionnelle. Contribution à l'analyse de la grande vitesse française en termes de co-évolution*, Université des sciences et technologies de Lille, 2000.
- Tugaye Y.**, *Véhicules électriques et hybrides : quelles perspectives pour le futur ?*, DRAST-CPVS, 1998, 58 p.
- Ygnace J.-L., Banville É. de**, *Les systèmes intelligents de transport*, La Documentation française, 1999, 126 p.

Ygnace J.-L., Benouar, H., *Analyse prospective du concept d'autoroute automatique et les enjeux pour la sécurité, État de l'art aux États-Unis et applicabilité à la situation française*, INRETS, Rapport LESCO 9801, octobre 1998.

Ygnace J.-L. et alii, *STRIP, System for TRaffic Information and Positioning project, Travel Time/Speed Estimates on the French Rhône Corridor Network Using*

Cellular Phones as Probes, SERTI V Program, INRETS-LESCO 2001.

VIA, CARIANE, *Communauté d'agglomération de La Rochelle, Voitures électriques en libre service*. Liselec, PREDIT, DRAST, 2001.

Hanrot P., Lehuen A., *Innovations tarifaires dans les réseaux urbains*, IDF Conseil, 2B2P Conseil, mars 2002, 68 p.

DOSSIER COMPLÉMENTAIRE

ANNEXE I. FICHES DE LECTURE

**ANNEXE II. LA PERCEPTION EUROPÉENNE DES ENJEUX
TECHNOLOGIQUES FUTURS DANS LE DOMAINE
DES TRANSPORTS : UN ÉTAT DES LIEUX**

Jacques Theys

ANNEXE 1 : FICHES DE LECTURE

Pour compléter l'état des lieux, cette première annexe vise à synthétiser sous la forme d'une vingtaine de fiches environ, les travaux majeurs de recherche sur l'innovation dans les transports, réalisés entre 1992 et 2002.

Dans toute la mesure du possible, les fiches de lecture distinguent clairement le simple exposé du contenu des documents et les commentaires éventuels. La plupart de ceux-ci se trouvent en fait dans l'analyse et la synthèse des recherches qui constituent le rapport principal de cet état des lieux.

- Baye É., Debizet G., *Des nouvelles problématiques urbaines à l'innovation de l'expertise transport/déplacement. Mise en parallèle et convergence : Allemagne-France-Royaume-Uni, Économie & Humanisme, CERAT-CIVIL, 166 p., avril 2001.*

PROBLÉMATIQUE

La recherche vise à apporter des connaissances sur « la place tenue par les bureaux d'étude dans les mécanismes d'émergence et de diffusion de l'innovation dans la planification des transports et des déplacements urbains... et pose les premiers jalons d'une comparaison internationale » entre la France, l'Allemagne et le Royaume-Uni. Elle s'efforce de rendre compte de l'évolution des systèmes nationaux d'innovation.

MÉTHODE

La recherche revendique son caractère empirique et le rapport comprend trois parties monographiques, une sur chaque pays ; c'est essentiellement dans la synthèse conclusive que se trouve la comparaison. Les investigations ont été menées à partir d'enquêtes auprès des bureaux d'études estimés les plus en pointe en matière de planification des transports en milieu urbain, sur la base de guides d'entretiens identifiant des compétences à retentissement multimodal (modélisation, micro-planification, inter-modalité, modes doux, modèle stratégique, stationnement, gestion de la congestion et péage urbain).

RÉSULTATS

Les rapports des décideurs publics aux experts diffèrent d'un pays à l'autre et les milieux concernés n'ont pas les mêmes dimensions : la France compte deux à trois fois moins d'experts que ses deux voisins. Cependant des tendances similaires sont à l'oeuvre dans ces trois pays.

1. Les trois pays sont concernés par l'accroissement des potentialités d'utilisation du train à une échelle régionale voire infra-régionale, ce qui introduit une nouvelle donne et de nouveaux acteurs. La tendance à l'élargissement des périmètres de transport locaux et à la recherche d'un plus grand autofinancement des transports publics offre des opportunités d'innovation d'outils et de méthodes. La planification est partout plus multimodale et les autorités organisatrices souvent démunies doivent faire appel à des consultants extérieurs.
2. Les bureaux d'études des trois pays partagent une nouvelle préoccupation, celle de développer un savoir-faire en communication entre techniciens et décideurs locaux.
3. Malgré les fortes contraintes de marché qui s'exercent surtout en Allemagne et au Royaume-Uni, le volume de l'offre n'est pas affecté et la demande reste dynamique. En matière de recherche, les bureaux d'étude ne s'autofinancent guère que pour améliorer leur productivité et l'essentiel des projets sont financés par les pouvoirs publics.
4. Des relations étroites et stables existent entre les bureaux d'études et les maîtres d'ouvrage publics locaux et les prestations font rarement l'objet d'appels d'offres ouverts ; cependant, l'échelle élargie de la planification à la charge d'institutions relativement récentes, en charge de plans d'ensemble nécessitant une intelligence large des phénomènes de déplacements que n'ont pas forcément ces consultants locaux, pourrait modifier cette situation.
5. L'intérêt pour les modèles de trafic s'est globalement amoindri et des logiciels plus adaptés à l'étude de petites zones ont été élaborés.
6. L'innovation en matière de concepts de transports reste du ressort de la sphère politique.
7. La France se démarque par la quasi-absence des universités sur la scène de la recherche en planification des transports mais les universitaires allemands et britanniques, historiquement très innovants, ne jouent plus un rôle incontournable.
8. L'internationalisation reste modeste et les bureaux d'études ayant réussi à s'implanter dans les trois pays sont rares.
9. Dans les trois pays, l'innovation est l'objet d'impulsion du gouvernement central dans le cadre de programmes de recherche mais on observe qu'en France, la participation de bureaux d'études à ces programmes est plus faible qu'ailleurs.
10. L'incidence des bureaux d'études sur les processus d'innovation ne réside pas uniquement dans la relation des prestataires à leurs clients mais aussi dans un jeu collectif national où ils font passer de nouvelles idées, à travers leurs organisations professionnelles ; le système est un peu différent en France, du fait de l'importance de l'expertise d'État (CERTU).
11. La capacité d'innovation des bureaux d'études dépend avant tout de la formation des experts d'une part, avec une tendance à la diversification des disciplines, mais aussi des interrogations sur la capacité des systèmes éducatifs à faire face aux besoins de demain, et de la mobilité professionnelle, d'autre part ; faible en Allemagne, elle est forte au Royaume-Uni, la France occupant une position intermédiaire.

- Duret M. et alii, *Évaluation des réseaux socio-techniques et économiques. Application aux nouvelles technologies innovantes de transport. Comment introduire la procédure qualité dans le suivi des innovations pour le transport ?*, Technicatome, LATTs, LET, INRETS, CSI, novembre 1997.

PROBLÉMATIQUE

La recherche « part du principe que les innovations obéissent à une contradiction impitoyable : lorsqu'on peut, au début du projet, en changer les caractéristiques, on ne sait rien de l'état du monde qui va les recevoir ; lorsqu'on sait enfin, à la fin du projet, quelles sont les conditions qui permettent ou interdisent le projet, on ne peut plus rien y changer ». L'innovation se présente donc comme une expérimentation sur les états du monde, expérimentation qui entraîne chez tous les participants une courbe d'apprentissage contradictoire. Les questions [posées] à l'ensemble des disciplines sont [alors] très simples :

- a) Quelles sont les procédures à suivre pour que l'expérimentation réussisse ?
- b) Quels sont les critères qu'il suffit à chaque moment de connaître pour s'orienter dans la consultation ?
- c) Quels sont les instruments minimaux dont on doit disposer pour équiper la procédure d'évaluation et de suivi ?

« Il s'agit de fournir à « l'administrateur » (entendu comme la fonction d'évaluation qui doit prendre du recul par rapport au porteur du projet), les éléments essentiels d'un tableau de bord..., en lui donnant la possibilité de déclencher, de continuer ou d'interrompre la recherche développement à bon escient ».

Récusant le modèle diffusionniste du processus d'innovation, les auteurs empruntent la problématique de l'innovation comme expérience collective au sens de Christophe Midler, le processus d'innovation suit deux courbes contradictoires, celle de l'irréversibilité grandissante et celle de l'obtention d'information.

MÉTHODE

La recherche porte sur les projets, la question des programmes (trop souvent assemblages de projets disparates) devant faire l'objet d'une seconde recherche. Le consortium de recherche s'est appuyé sur un ensemble varié de cas de projets d'innovation, les uns réussis et les autres non : Aramis, Commutor, le TGV et sa concurrence avec le train pendulaire, KARVOR (camion de la mer), VAL, tramway et TVR, Prometheus.

L'épreuve de vérité consiste à choisir une série d'innovations et à montrer que selon les critères classiques et selon nos critères, la sélection des projets, la hiérarchie des priorités et les prévisions sur leurs chances de réussite diffèrent.

RÉSULTATS

La notion de valeur d'information permet de caractériser toutes les décisions prises tout au long de la gestion d'un projet de recherche et sert de base pour le développement des indicateurs proposés *in fine*.

L'absence totale de qualité dans le suivi d'innovation correspond à la situation où du temps et de l'argent ont été dépensés sans avoir obtenu d'information capitalisable pour la suite. « La notion d'expérience peut donc définir non pas une obligation de résultat mais une obligation d'apprentissage qui va servir de fondement à la démarche qualité ».

Outre un énoncé de principes généraux de suivi de projets d'innovation, la recherche identifie plusieurs problèmes particuliers au domaine du transport.

Les transports fonctionnent en réseau et l'utilisateur y est plus actif que dans tout autre réseau. Les réseaux d'infrastructure supportent des activités hétérogènes rendant très difficile l'imputation des coûts. La tendance à l'existence de monopoles naturels justifie l'intervention publique ; il faut toutefois constater qu'il n'y a pas une politique mais des politiques de transport. « Du fait de la taille des investissements et de la diversité des échelles géographiques, l'innovation doit prendre en compte à la fois des usagers – par millions – des politiques – par centaines – des opérateurs, etc. » Du fait de ces caractères, l'innovation est toujours une innovation de composition avec de forts effets de système : elle peut venir en tous points et doit toujours composer avec des organisations sectorielles, elle peut concerner le mobile ou l'infrastructure. « L'énorme sensibilité politique [du domaine] entraîne une intrication très étroite entre décisions politiques et décisions techniques, d'autant plus qu'un petit nombre d'intervenants sont investis du pouvoir de décider de l'innovation sur ce qui demeure des marchés de masse ».

Le cadre politico-économique des transports évolue, la concurrence s'y généralise, ce qui transforme le rôle de l'État sans le supprimer. « La faiblesse de l'État national sous-équipé en personnel, en méthode d'évaluation, dominé techniquement par les opérateurs, assailli par la dérégulation et menacé dans ses prérogatives par l'Europe, rend impossible le volontarisme traditionnel [...] et montre l'urgence de doter les administrateurs d'une nouvelle autorité procédurale.

Au lieu des indicateurs de résultat correspondant à la conception de l'innovation comme réalisation d'un plan, l'étude propose des indicateurs de procédure de gestion de l'innovation et « c'est le respect de la procédure d'apprentissage qui va devenir le critère principal de qualité du suivi ». Il s'agit en fait d'une grille d'analyse qualitative des projets dont « l'objectif [...] n'est pas de prévoir l'avenir, par définition incertain, mais de réagir le plus vite possible à ce qui survient ».

Trois types d'indicateurs sont proposés :

- indicateurs de conduite de projet (disponibilités de personnes prêtes à remplir la fonction d'administrateur, existence d'une culture de l'apprentissage collectif dans le milieu donné, existence d'un pouvoir procédural fort) ;
- indicateurs de qualité de la trajectoire d'apprentissage (multiplicité des descriptions et des points de vue

critiques, nature et raisons de la convergence ou des divergences dont le projet est l'objet, degré et raisons des variations du projet depuis son origine, existence d'alertes et signaux définis par les porteurs du projet eux-mêmes, connaissance des alternatives par les porteurs du projet et entretien de ces connaissances pour pouvoir éventuellement réinjecter une alternative écartée, identification des degrés d'incertitude dans lesquels se trouvent les différents aspects du projet, connaissance par son porteur de la taille du projet et des interdépendances organisationnelles associées) ;

– indicateurs de qualification du projet dans le transport (acceptabilité politique, compatibilité avec les concepts actuels des systèmes de transport, modularité technologique et temporelle, possibilité de bouclage des *outputs* en *inputs*, existence d'une ébauche de demande finale à chaque phase, existence d'une ébauche des corps de métier responsables de la mise en œuvre, possibilité de contester le calcul des coûts, constitution éventuelle des experts en lobby, possibilité de reformatage des informations nécessaires aux évaluations).

- **Duret M., Latour B. (coordinateurs), *PROTÉE ; PROCÉdures dans les Transports d'Évaluation et de suivi des innovations considérées comme des Expérimentations collectives*, Technicatome, Centre de sociologie de l'innovation, UE – 4^{ème} PCRD, 2000, 64 p.**

PROBLÉMATIQUE

Cette recherche prolonge la réflexion exploratoire ERANIT sur l'application de la procédure qualité au suivi des projets d'innovation radicale ou de rupture et le projet STEMM⁴⁰ qui recensait les méthodes d'évaluation existantes. Les prémices sont celles d'ERANIT, à savoir qu'au tout début de ces projets, les incertitudes sont trop grandes pour pouvoir appliquer les méthodes classiques de prise de décision et qu'il n'y a pas de fin à l'accumulation d'autant d'information que possible sur l'état du monde dans lequel le projet verra le jour. La méthode ne repose donc pas sur les connaissances ou la sagesse des acteurs mais sur leur capacité à tirer des enseignements de l'expérimentation collective dans laquelle ils sont embarqués.

MÉTHODE

La méthode d'apprentissage collectif est construite principalement à partir des apports de la sociologie des sciences et techniques sur les « maladies » caractérisant les innovations qui les empêchent d'appréhender correctement leur environnement. Un ensemble d'indicateurs a été testé par quatre études de cas rétrospectives, puis la procédure d'interaction entre le porteur de projet et l'évaluateur (au sens de rôles) ainsi affinée, a été éprouvée sur un projet en cours.

RÉSULTATS

La procédure PROTÉE consiste en une documentation raisonnée (« *principled* ») sur une série d'échanges entre l'innovateur et l'évaluateur. Ces principes sont les suivants :

- l'interaction entre ces deux figures vise le diagnostic de la qualité de la trajectoire d'apprentissage et une description partagée du projet,
- un accord sur un pacte d'apprentissage consistant à juger le projet seulement à travers la qualité de la trajectoire,
- la procédure démarre par une description du projet par son porteur, suivie d'une reformulation par l'évaluateur,
- une description plus avancée du projet est apportée à chaque rencontre du porteur et de l'évaluateur,
- l'évaluateur doit s'assurer d'éviter quatre maladies graves par le suivi d'indicateurs pour chacune d'elles.

La procédure prévoit cinq étapes : l'histoire racontée par le porteur de projet, l'histoire consensuelle du projet (après reformulation par l'évaluateur), le dialogue « socio-technico-thérapeutique » (visant à faire expliciter les risques par le porteur du projet), la redescription par chacun des deux du projet du point de vue des indicateurs, l'évaluation (résultat de la comparaison des redescriptions à l'issue des réunions successives).

Les quatre ensembles d'indicateurs correspondent aux maladies identifiées à travers la littérature.

Le premier ensemble vise les conceptions balistiques de l'innovation qui suppose qu'une idée peut se concrétiser sans subir de déformation de la part du contexte ; les indicateurs correspondants portent sur les progrès dans la richesse des descriptions successives, la diversité des entités prises en compte, la réduction des incertitudes et la connaissance des alternatives.

Un deuxième groupe se réfère à l'incapacité des innovateurs à composer avec les oppositions à leur projet et porte sur l'évolution du nombre d'opposants, la cohérence de leurs arguments, la possibilité de dissocier le cœur du projet et sa périphérie.

Le troisième ensemble porte sur les risques de biais et de falsifications des tests nécessaires, puisque personne n'a de connaissance certaine de l'issue ; les indicateurs mesurent les variations du nombre d'aspects testés, des panels d'experts et des méthodes, le gain d'information apporté, le caractère crucial des tests.

Le dernier groupe d'indicateurs vise à déterminer si le projet entre dans la catégorie des monstres prometteurs ou des éléphants blancs, au vu des indicateurs précédents ; les questions sont alors de savoir si la poursuite du projet peut encore apporter des connaissances sur son environnement, rallier des opposants. La préoccupation est d'arrêter assez tôt les mauvais projets au sens de PROTÉE, i.e. ceux qui ne peuvent plus rien enseigner, qui peuvent être merveilleux mais dont il n'y a plus rien à « apprendre ni sur leur contexte ni sur leurs opposants, leur redéfinition, la possibilité de les négocier, la pertinence des tests ou la représentativité des experts ».

L'application de la procédure à un projet en cours a conduit à réexaminer le mode d'évaluation de la courbe d'apprentissage ; plutôt qu'une notation des indicateurs, il pourrait être préférable d'identifier les nouvelles questions apparues à chaque étape d'évaluation, le progrès dans les réponses apportées aux anciennes, la mise à l'écart de certaines, etc. Les cas utilisés pour mettre au point la méthode se situent tous dans le secteur du transport intermodal de conteneurs ; pour autant, la procédure PROTÉE ne paraît pas spécifique aux transports, ce que les auteurs remarquent eux aussi.

On peut regretter que les études de cas soient seulement commentées pour leurs contributions à l'élaboration de la méthode, sans être présentées en tant que telles, ce qui aurait rendu l'exposé plus clair et la démonstration plus convaincante.

⁴⁰ Les références de ce projet ne sont pas indiquées.

-
- Frybourg M., *L'innovation de rupture*, La Documentation française, 67 p., 2002.

PROBLÉMATIQUE

L'ouvrage propose une synthèse de quatre recherches sur l'innovation, et à travers elle, une réflexion sur la notion d'innovation de rupture et surtout sur la gestion de projets de rupture, en supposant implicitement l'existence d'un dilemme entre rupture et améliorations incrémentielles. La recherche d'une rupture technologique se justifierait « pour aboutir à une rupture dans les performances du niveau de service [...], dans la mesure où les améliorations incrémentielles plus faciles à réaliser se révéleraient moins efficaces ». L'auteur cherche donc « un juste milieu entre la formule du défi (technologique) sur un objectif trop réductionniste et celle d'un repli sur un risque zéro qui ruinerait toute recherche ».

MÉTHODE

La réflexion est conduite à travers la synthèse de quatre recherches financées par le PREDIT :

- Foray D., Llerna P., Perret F.-L., de Tilière G. *et alii*, « Choix d'investissement et formes organisationnelles dans les projets de forte rupture technologique, le cas des trains à grande vitesse », IMRI-Université de Paris-Dauphine, janvier 2001.
- Orselli J., Chanaron J.-J., « Vers l'automatisation de la conduite. Les systèmes intelligents de transport », PARADIGME, Orléans, 2001, 309 p.
- Duret M. *et alii*, « Évaluation des réseaux socio-techniques et économiques. Application aux nouvelles technologies innovantes de transport », Technica-tome, LATTS, LET, INRETS, CSI, novembre 1997.
- Soler D., Mallein Ph., « Méthode d'évaluation de l'acceptabilité sociale de l'innovation dans les transports collectifs », Bertin Technologies, septembre 2000.

RÉSULTATS

La rupture peut se situer à l'amont du produit/service – rupture technologique – ou à l'aval – rupture de tendance ; la rupture technologique peut elle-même provenir d'un changement dans la base scientifique et technique ou d'une action sur tous les composants du système (c'est le cas du TGV).

L'innovation dans les transports (NDLR : terrestres ?) présente des spécificités, du fait de leur nature de réseau qui implique l'utilisateur (pas toujours captif), du coût et de la longévité des infrastructures et des effets de système, qui fait que « l'innovation peut venir en tout point mais ne survit que par l'agencement dans lequel elle s'inscrit ». L'âge d'or des grands projets est révolu, avec la fin du

colbertisme industriel, des monopoles et de la croyance euphorique dans le progrès technologique. Ces modifications du contexte conduisent « à ne plus assimiler la rupture à une innovation radicale [...] mais à une multitude d'innovations technologiques et organisationnelles résultant d'un changement de paradigme (NDLR : ou aboutissant à ?) ». Ce nouveau contexte confère aussi une place plus importante à celle de l'acceptabilité sociale de l'innovation, difficile à prévoir. La procédure d'apprentissage apparaît singulièrement féconde, pour résoudre le problème du *learning without doing* et éviter le verrouillage prématuré des choix technologiques par « les lobbies et lubies techniques ». L'État, malgré son poids pour les investissements lourds à longue durée d'amortissement, a des difficultés à leur résister.

Le financement de l'innovation nécessite le recours à la communication, avec le risque d'un manque de rigueur, soit pour entretenir le secret sur la stratégie des entreprises, soit pour satisfaire les politiques et l'opinion ; selon les circonstances et les interlocuteurs, un même programme de R&D peut être qualifié de rupture ou de continuité en fonction de leur attitude par rapport au risque. Le cas de la grande vitesse ferroviaire montre « que des systèmes complexes, impliquant des acteurs majeurs, supposent, pour évoluer, un consensus sur un paradigme fédérateur ». La grande vitesse capable de concurrencer l'avion joue ce rôle et l'a priori du mur du rail à 200 km/h justifiait la prise de risque pour chercher des sustentations non conventionnelles ; on observe que malgré le succès du TGV, le paradigme reste d'actualité et la recherche de la diversité se poursuit.

Le cas de l'automatisation de la conduite automobile illustre le dilemme⁴¹, pour réduire la congestion et améliorer la sécurité routière, entre la rupture et la mise au point d'« utopiques automates » ou des « mesures incrémentielles sélectionnées à partir des meilleures pratiques ».

Le domaine du transport collectif urbain montre un exemple d'échec d'innovation de rupture (Aramis), qui a pu apparaître en son temps comme une échappatoire technologique aux défis des transports urbains. Mais dans les villes actuelles, « le remède miracle est un leurre [...] et la technologie est davantage interrogée sur sa capacité à répondre à la demande que sur ses performances » intrinsèques. Dans ces conditions, les expérimentations commerciales ayant valeur de démonstration sont très coûteuses, en raison de la difficulté à obtenir une représentativité proche de la vraie grandeur.

Les conclusions sont que « l'évaluation socio-économique d'un projet de rupture repose sur le choix d'un paradigme, lequel peut donner lieu à un recodage en cas de remise en cause du consensus social, pour faire apparaître le projet comme indispensable, (mais) que la recherche de la rupture ne se justifie que si l'arbitrage entre le long terme à risque et les processus d'apprentissage de nature incrémentale se révèle jouable ».

41. L'objet de la recherche de Orselli et Chanaron dépasse largement ce problème.

- **Gomes S.**, « *Contribution de l'analyse de l'activité au processus de conception de produits innovants. Application à la conception de systèmes de contrôle-commande automobiles* », INP Lorraine, Nancy, 1999.

PROBLÉMATIQUE

La thèse a pour objet d'analyser les difficultés de dialogue entre concepteurs et utilisateurs et de proposer une méthodologie pour mieux concevoir des produits adaptés aux futurs utilisateurs. La principale source de difficulté serait le manque de dialogue entre ergonomes et concepteurs.

Toute la démarche est basée sur l'instauration de la notion d'activité gestuelle d'utilisation comme support

de coopération entre concepteurs et ergonomes : gestuelle, déplacements, postures et directions de regard. Le modèle de relation doit être coopératif et rétroactif.

MÉTHODE

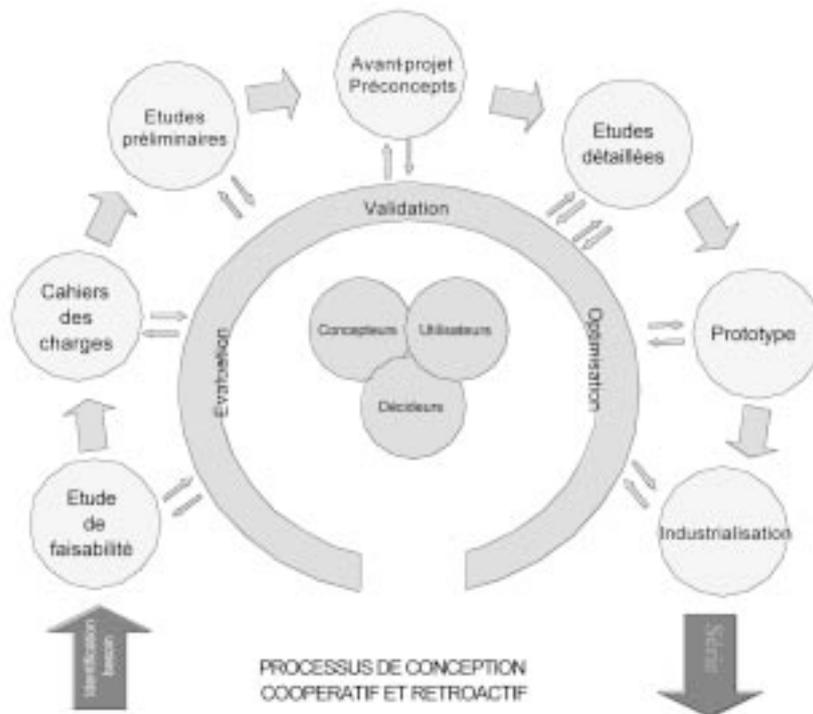
Il s'agit d'une thèse d'ingénieur-docteur qui est centrée sur la conception de systèmes de contrôle et de commande pour automobile

RÉSULTATS

Le modèle de conception est le suivant (cf. schéma) :

Il y a évidemment confusion sur la notion d'utilisateur. Il ne s'agit pas du conducteur ou du consommateur. Ici, l'utilisateur est représenté par l'ergonome.

La méthode de Gomes



-
- **Guiheneuf, E., *Innovation technologique et réglementation environnementale, Le cas de l'industrie automobile, Paris IX-Dauphine, 1998.***

PROBLÉMATIQUE

L'objet de la thèse de doctorat en sciences économiques de l'Université de Paris-Dauphine, sous la direction de Danièle Blondel, est de déterminer à quelles conditions Renault peut espérer se servir de la relation entre innovation technologique et réglementation environnementale pour conquérir un avantage concurrentiel.

La thèse est basée sur deux piliers théoriques de la théorie standard, délibérément sélectionnés par l'auteur :

- La théorie du progrès technique induit l'innovation dépendant d'une variable inductrice, ici la réglementation environnementale.
- La théorie de l'innovation financière, dans la mesure où les interventions publiques dans le domaine de l'environnement sont à fort contenu financier.

Elle examine également la théorie évolutionniste en présentant la énième revue de littérature sur le sujet depuis 1980, partant des hypothèses de Simon, passant au crible les publications de Nelson et Winter, de Kline et Rosenberg, etc. Elle débouche sur l'hypothèse d'un processus d'innovation interne à l'entreprise, complexe et incertain, local et cumulatif avec une forte irréversibilité, en reprenant sans critique ni valeur ajoutée les concepts de design dominant, de dépendance de sentier, de régime technologique, de trajectoire technologique, de « lock-in » et de rendements croissants d'adoption, de paradigmes techno-économiques, etc.

La revue de littérature s'étend ensuite à la relation entre réglementation et innovation en examinant l'économie des normes et standards, les développements sur la réglementation stimulus.

Elle passe ensuite aux critiques et dépassement du modèle évolutionniste par le recours à la théorie quasi évolutionniste, qui prône une co-détermination de la sélection et de la variation des espèces, donc des objets techniques et amène le chaînon manquant du modèle de base en introduisant le comportement stratégique de la firme,

recourant aux concepts de ressources, de compétences et de capacités dynamiques, cruciales pour la genèse d'avantages concurrentiels.

MÉTHODE

Il s'agit d'une thèse classique de l'université française, avec une abondante revue de littérature théorique et analytique, suivie d'une étude de cas en profondeur, celui de Renault, qui a largement soutenu l'effort de recherche de l'auteur. Le modèle évolutionniste est utilisé pour construire une grille d'analyse permettant d'interpréter l'émergence d'innovations technologiques favorables à l'environnement induite par la réglementation.

L'étude de cas est celle de la réglementation européenne en matière d'émissions gazeuses.

RÉSULTATS

L'auteur démontre tout d'abord l'intérêt, d'une part, des notions de trajectoire technologique et de design dominant pour l'analyse de la relation innovation/réglementation ; d'autre part, des effets dynamiques d'économie et d'apprentissage liés aux normes.

Elle retrace également une histoire parallèle des normes anti-pollution et des dispositifs techniques de dépollution : moteur à mélange pauvre, pot catalytique, sonde lambda, injection électronique. La réglementation a clairement ouvert des opportunités à ces techniques, détrônant le carburateur traditionnel. Elle repère ainsi une bifurcation de trajectoire technologique.

La réglementation est ainsi conçue comme critère de sélection de l'innovation technologique.

L'auteur met en évidence l'importance, d'une part, de la capacité dynamique d'intégration dans l'entreprise de la réglementation environnementale, et d'autre part, de la capacité dynamique de traduction de cette réglementation.

Le principal apport est la mise en évidence que c'est plus la manière dont l'entreprise perçoit et prend en charge la réglementation que la nature et le contenu de cette dernière qui déterminent sa capacité d'en tirer profit par une stratégie proactive, jugée plus pertinente qu'une stratégie simplement réactive.

-
- **Hanrot P., Lehuen A., *Innovations tarifaires dans les réseaux urbains*, IDF Conseil, 2B2P Conseil, mars 2002, 68 p.**

PROBLÉMATIQUE

Il s'agit d'une évaluation des innovations tarifaires mises en œuvre dans les réseaux de transport urbain dans la dernière décennie.

MÉTHODE

L'étude porte sur sept réseaux ayant fait évoluer leur tarification. Une typologie de ces innovations est établie selon la cible et les objectifs de ces innovations. Chaque type est analysé en détail dans son contenu et ses résultats.

RÉSULTATS

Malgré (ou à cause de) la complexité de l'appréhension de l'utilité des déplacements, les politiques tarifaires sont fondées sur des variables simples : les pratiques de consommation, l'âge, le statut socio-professionnel ou, plus récemment, le revenu. Le « *yeld management* » n'est pas encore appliqué dans les transports urbains. Les innovations tarifaires ont constitué une réponse aux évolutions qui ont affecté les déplacements urbains, notamment la baisse de la population jeune et la part croissante des déplacements entre les périmètres de transports urbains et leur périphérie. Sans qu'on puisse parler de révolution tarifaire, il y a eu cependant des évolutions importantes.

Dans les principes de tarification, on est passé d'une tarification modale et à la distance, à une tarification intermodale unique ; en même temps, les forfaits libre circulation ont été développés. Parallèlement, les politiques de segmentation du marché et de réduction tarifaire ont été modifiées. Alors qu'il y a une trentaine d'années, la préoccupation principale était de réduire le prix des déplacements pendulaires, à partir des années 70, des forfaits hebdomadaires sont accessibles à tous les voyageurs ; au milieu des années 80, des forfaits libre circulation sont proposés aux scolaires et l'innovation des années 90 a été la suppression de la référence au statut de scolaire ou d'étudiant et la généralisation du tarif réduit à toute une classe d'âge. Cette dernière innovation, appliquée par

une minorité de réseaux, a presque toujours été associée à l'annualisation du titre de circulation, dans le but de fidéliser la clientèle jeune. Un autre fait notable de la dernière décennie a été la remise en cause de certaines gratuités et la prise en compte explicite du revenu pour l'attribution de réductions.

Les innovations peuvent se classer selon les objectifs poursuivis, conquête de nouveaux clients (tarifs spéciaux pour les petits groupes, tarifs combinés parkings relais ou intermodaux), fidélisation (abonnements annuels), intensification de la consommation (forfaits libre circulation) ; l'orientation de la consommation pour mieux utiliser les capacités n'a été que rarement recherchée.

Trois types d'innovations tarifaires sont analysés en détail :

- les politiques visant la conquête et la fidélisation des jeunes, par-delà les mutations de leurs comportements de mobilité liés à leur passage à l'âge adulte ; en 2001, presque tous les réseaux proposent au moins un forfait moins cher qu'en 1994 et les réseaux qui ont créé des abonnements annuels assortis de fortes réductions ont vu leurs ventes augmenter fortement ; il semble en outre que l'annualisation ait eu un effet positif sur la fraude et les incivilités ;
- la conquête du marché des déplacements occasionnels, marché en pleine expansion par contraste avec celui des déplacements pendulaires ; dans ce domaine, les innovations sont nombreuses (forfait jour ou deux heures, tarifs de petits groupes, etc.) mais hétérogènes et il n'y a pas de stratégie encore bien établie pour capter ce marché ; les tarifs spéciaux parkings relais ont toutefois un succès certain ;
- les tarifs multimodaux pour les déplacements sortant ou entrant dans les périmètres de transports urbains, alors que ceux-ci coïncident de moins en moins avec les bassins réels de déplacement ; la plupart des titres combinés sont assez peu innovants et ne ciblent qu'un type de clientèle et de déplacements ; les innovations de billetterie ne font pas progresser cette tarification.

On peut regretter que l'évaluation de ces innovations n'apportent pas d'informations très précises sur leurs conséquences en termes de transfert modal et d'impact économique sur l'exploitation mais sans doute les données manquent-elles.

-
- **Joseph I., Thiéry O., Segal J.-P., Beauquier S., *La mise en service de Météor – ligne 14 – « Impact socio-organisationnel et transférabilité des innovations technologiques »*, Université de Paris X-Nanterre, CSI-ENSMP, CEREBE, LATT-ENPC, PREDIT, 2002.**

Ce rapport comporte en fait quatre parties indépendantes.

PROBLÉMATIQUE

Joseph analyse le contenu de l'innovation organisationnelle que constitue Météor, par rapport au système du métro classique. « Tout en introduisant une rupture majeure [...], la ligne 14 est une ligne de métro supplémentaire ». L'innovation est vue comme un ensemble de traductions, de nouvelles interprétations d'expériences, de déplacements de vocabulaires et de savoir-faire organisationnels.

Thiéry s'intéresse aux modes de certification et analyse la démarche – qualité mise en place postulant l'existence de deux conceptions de la démarche qualité ; l'une s'attache à la conformité aux critères de service et constitue un frein à l'innovation dès lors que cet objectif est atteint tandis que l'autre est attentive aux marges de la non-conformité et induit réécritures et réorganisations. Il identifie ensuite les éléments constitutifs de la relation de service sur la ligne.

Segal étudie la façon dont la nouvelle organisation mise en place sur la ligne 14 a été reçue et comprise par les agents, en vue d'éclairer son acceptabilité culturelle, puisque Météor est présenté comme une étape dans la transformation du réseau tout entier. L'automatisation, innovation technologique pour la RATP, est saisie par celle-ci comme une occasion de modifier la culture de l'entreprise (avec le risque de conflit avec la corporation des conducteurs, en toile de fond) et la recherche s'attache aux difficultés de ce projet. Une première famille de questions touche aux représentations de l'organisation développées par les agents de la ligne et une deuxième à la transmission d'expériences entre la ligne 14 et le reste du réseau.

MÉTHODE

La démarche de Joseph est monographique avec des emprunts importants aux sciences cognitives et un emploi systématique de la métaphore.

Segal, prolongeant des travaux menés sur la RATP depuis plusieurs années, met en œuvre une méthode psycho-sociologique classique et s'appuie sur 45 entretiens approfondis ainsi que sur des observations de terrain.

La méthode de Thiéry est celle de l'enquête ethnographique.

RÉSULTATS

Pour Joseph, la conception architecturale joue un rôle très important, les espaces de circulation sont aussi des

espaces de communication et la conception des stations participe à la qualification du service et à l'assistance au déplacement. Les innovations technologiques peuvent se comprendre comme des dispositifs de décloisonnement des compétences orientés vers l'utilisateur et la relation de service, dans une perspective de co-production du service avec l'utilisateur. Les standards de qualité ne sont pas nouveaux et c'est « la gestion centralisée, autonome et fondée sur des chaînes de coopération forte des moyens d'information, de régulation du trafic et de contrôle des stations qui constitue l'innovation organisationnelle ». La priorité à la relation de service a également des implications dans l'organisation du travail et les relations hiérarchiques. « Météor n'est pas le métro parce que la ligne impose un nouveau langage du mouvement et des lieux mais ce n'est que la ligne 14 du métro parce que ses correspondances avec les autres lignes sont autant de points de porosité ».

Météor représente un acte de relance du transport public (et d'effacement de l'échec d'Aramis),

La recherche présente de manière détaillée la réorganisation des artefacts (papier et écran) et les différents moyens pour améliorer la communication entre les agents.

SEGAL observe que la nouvelle organisation des métiers a reçu un accueil largement favorable de la part des agents. Pour autant, les projets « métiers » des concepteurs de la ligne ne sont pas complètement réalisés ; l'enrichissement est mis à profit par les métiers aux références professionnelles déjà solides mais vu comme une simple diversification pour les métiers nouveaux ; l'amélioration de l'efficacité collective par la mise en contact de différents métiers s'accompagne d'un renforcement des différences identitaires ; quant à « l'établissement d'une relation « différente » avec les voyageurs, elle apparaît enfin comme une utopie certes séduisante, mais jusqu'ici très insuffisamment explorée, travaillée et donc préparée, exposant les agents qui s'y emploient plutôt à « essuyer les plâtres » qu'à construire une nouvelle identité professionnelle pourvoyeuse de sens autour de cette mission nouvelle ».

Les nouvelles pratiques d'encadrement sont, elles aussi, analysées à partir de la grille de lecture des agents, d'une part, et des projets des concepteurs, d'autre part. En ce qui concerne la plus grande formalisation et l'élévation des exigences dans le niveau de service aux voyageurs, il semble que le bon équilibre entre les conceptions hétéronomiques des uns et les revendications d'autonomie des autres n'ait pas encore été trouvé. L'encadrement de proximité ne fait pas non plus l'unanimité et la fonction de pivot de communication entre les acteurs de la ligne qui lui est dévolue représente un compromis entre la conception traditionnelle de la hiérarchie dans la culture du réseau ferré et les conceptions modernes d'une hiérarchie d'animation qui ne semble pas pouvoir durer.

La mobilité des agents entre Météor et le reste du réseau a été voulue comme une forme nouvelle de formation et de diffusion des bonnes pratiques dans l'ensemble du métro. Les anciens de ligne 14 vivent le « syndrome » de l'expatrié, avec une vision critique des conditions de travail dans le réseau ancien, du moindre niveau d'exigence et de communication entre les agents et de l'exercice

conflictuel de l'autorité. Ils se sentent l'objet de représentations péjoratives et à la fois de curiosité, devant formuler des jugements prudents sur leur expérience et donner des gages à leurs anciens collègues pour se faire accepter. Les superviseurs d'exploitation sont divisés sur la possibilité de mettre en œuvre sur les autres lignes les nouvelles formes de management de la 14. La procédure du détachement (au lieu de la mutation) renforce paradoxalement la culture traditionnelle du réseau en faisant de l'organisation de la ligne 14 un système à part. La recherche montre que les innovations organisationnelles sont réinterprétées dans les catégories traditionnelles de la culture du réseau ; elle montre aussi les insuffisances du raisonnement fonctionnaliste pour répondre aux attentes des agents et des voyageurs. « La question reste posée de savoir jusqu'où une organisation se voulant innovante et porteuse d'une logique « différente » doit se couler dans le moule de la culture existante et dans quelle mesure il lui appartient de contribuer à son évolution ». C'est toute la difficulté du problème posé à la RATP tout entière et toute l'ambiguïté des réponses qui lui ont été localement apportées dans le cas de METEOR.

Thiéry analyse la mise en œuvre de la démarche qualité dans trois domaines : les documents annexes développés dans le cadre de la mesure de la qualité, les groupes de travail (appellation maison des cercles de qualité) et la prise en compte des usagers. Pour les deux premiers, la situation apparaît composite, comme une hybridation des deux modèles de démarche – qualité élaborés. Les groupes de travail en particulier peuvent être, soit de véritables confrontations d'expériences, soit des séances pédagogiques. Pour la prise en compte des usagers, la

conception « qualité-conformité » domine ; les usagers ne sont saisis qu'à travers ce qu'en disent les usagers des groupes de travail, sans qu'aucune enquête ne soit faite ; la connaissance segmentée des usagers par les agents de terrain n'est pas utilisée faute de canaux pour la faire s'exprimer et la valoriser. L'auteur fait l'hypothèse que ces insuffisances sont liées au fait que la certification vient juste d'être obtenue, ce qui a tiré la démarche vers le modèle de la conformité et du résultat statistique.

Par ailleurs, il constate que la relation de service observée à travers le travail des équipes mobiles relève du service attentionné au voyageur mais qu'elle est également médiatisée par le soin apporté aux objets techniques, ce dernier n'étant obtenu que par l'organisation du travail (coordination, communication) qui permet une hybridation entre logique d'exploitation et logique de maintenance. La maintenance est « traversée par une logique de prise en compte de l'utilisateur », par exemple dans la planification des interventions préventives et une attention à l'indisponibilité plutôt que simplement aux pannes ; cette performance est atteinte par un agencement d'innovations techniques et organisationnelles, ainsi que par l'appropriation des nouvelles technologies de communication par les agents. L'observation du PCStation révèle aussi que la relation de service est faite de face à face, fût-ce à distance via le système vidéo et les interphones et, à la fois, médiatisée par les objets techniques habituels du métro (distributeurs de billets, portillons, etc.). La ligne 14 invente à la fois par les formes de relation de service et des dispositifs organisationnels (rapprochement entre exploitation et maintenance, mixage des logiques culturelles des agents).

-
- **Jouve B., Kaufmann J., Di Ciommo F., Falthäuser O., Schreiner M., Wolfram M.,** *Les politiques de déplacement urbain en quête d'innovations : Genève-Naples-Münich-Stuttgart-Lyon, 2001 Plus n° 58, CPVS-DRAST, 2002.*

PROBLÉMATIQUE

La recherche porte sur « l'innovation dans les politiques locales de déplacements urbains... On entend par innovation toutes les modifications d'ordre institutionnel, technique, juridique, procédural, qui ont explicitement pour fonction de décloisonner des approches uniquement sectorielles et mono-modales en matière de déplacements urbains ».

Le « secteur des déplacements urbains n'est pas en tant que tel constitué dans les organigrammes [mais] il n'en reste pas moins que les pouvoirs publics sont de plus en plus conduits à gérer ce domaine dans son intégralité... L'un des principaux enjeux que posent les déplacements urbains est [...] de changer le mode de compréhension du fonctionnement de la ville qui ne correspond plus au modèle européen classique caractérisé par la centralité et la densité. Les savoir-faire techniques et le modèle de ville sur lequel ils ont été construits [...] sont ainsi remis en cause par les évolutions sociologiques, économiques et culturelles que connaissent les villes européennes [...]. L'un des problèmes posés à la puissance publique concerne le mode d'organisation et de fonctionnement des villes », choix de société qui est déjà fait selon certaines thèses mais encore réalisable selon d'autres. La recherche s'attache à l'analyse de ces choix et à celle des éléments socio-politiques locaux qui les conditionnent, en s'appuyant sur le concept de configuration institutionnelle.

MÉTHODE

« La démarche retenue emprunte très largement à l'analyse des politiques publiques ; c'est-à-dire que chaque monographie s'efforce de découper le processus décisionnel en plusieurs phases : construction du problème, mise à l'agenda, élaboration de solutions, mise en œuvre de la politique ».

La méthode est celle de la comparaison entre cinq métropoles placées dans des contextes politiques et institutionnels différents, pour mettre en évidence l'effet (ou l'absence d'effet de ceux-ci). Se rangeant dans le courant néo-institutionnaliste, les auteurs postulent que « les institutions ne sont pas de simples arènes mais des construits agissant sur la définition des préférences des acteurs et la conduite de leurs stratégies ».

RÉSULTATS

Selon cette recherche, « le débat est structuré selon une double problématique : l'intersectorialité des politiques publiques [...] et l'échelle territoriale de planification et de gestion [...] On peut considérer que la nature du problè-

me est de cinq ordres : un problème de finances publiques, un problème de partage de voirie et *in fine* de modèle urbain de référence, un double problème environnemental et de développement économique, un problème de recomposition des conditions opératoires de l'action publique urbaine et enfin un problème institutionnel ».

Sur le plan financier, les volumes budgétaires en jeu sont tels qu'ils requièrent bien souvent le recours à des financements multiples émanant de différents niveaux de gouvernement, ce qui remet en cause l'idée même de politique locale de déplacements urbains. Sur le plan fiscal, l'évolution des pratiques de déplacements donnant plus de place aux échanges entre communes périphériques devrait renouveler le débat sur le partage des charges de centralité ; le modèle centre/périphérie reste toutefois bien ancré dans les débats.

La construction du problème des déplacements emprunte partout, de manière unanime et consensuelle, à la théorie de la complexité et met en avant la nécessité d'innover. « Pourtant on ne peut que constater un décalage flagrant entre les termes du débat initial [...] et finalement la controverse qui détermine le mode de traitement opérationnel du problème : le partage de la voirie [...] Le débat n'est pas nouveau et se résume bien souvent à une opposition entre les tenants de l'usage en centre-ville de la voiture particulière opposés à ceux en faveur des transports collectifs, plus particulièrement en site propre. Finalement cette controverse intervient comme un « réducteur de la complexité » [et traduit un repli] sur des registres d'action mieux maîtrisés et des formes d'expertises stabilisées, [ce qui constitue] autant de freins à de réelles innovations. La question des déplacements se transforme au cours de processus décisionnels pour devenir un choix en faveur des transports en commun, de préférence en site propre dans les centres-villes. Le modèle urbain européen apparaît donc encore bien vivace ». Reste maintenant à analyser le contenu des politiques d'urbanisme sous « l'angle de la congruence avec ces choix en matière de transport », ce qui pose pour le moins problème dans la plupart des cas étudiés.

Les préoccupations économiques et environnementales ont tendance à s'exclure l'une l'autre, « selon les circonstances et les opportunités [en fait la législation environnementale pour les uns et la conjoncture économique pour les autres – NDLR] dont peuvent bénéficier les groupes sociaux qui soutiennent ces deux logiques. Les exemples allemands semblent toutefois nuancer cette proposition.

Les problèmes de déplacements apparaissent comme un domaine de renouvellement des styles de politiques. « Le recours à la démocratie locale constitue dans bien des cas une méthode de management qui permet de passer outre des blocages des systèmes décisionnels ».

Sur le plan institutionnel, il apparaît que « dans toutes les villes étudiées, la question de l'établissement d'une autorité organisatrice des déplacements urbains s'est trouvée posée au cours des dix dernières années », pour remédier à l'éclatement de la compétence déplacement. Cette recherche de la cohérence entre en contradiction avec la préservation de l'ordre institutionnel métropolitain, ce qui limite généralement l'ampleur des changements, à l'exception notable de l'agglomération de Stuttgart.

Les processus politiques jouent un rôle majeur dans l'explication des innovations dans les politiques de déplacements. Parmi ces processus, les configurations partisans et les alliances pèsent très lourd, ce qui donne à voir un mode d'exercice du pouvoir plus ouvert et en quête de compromis. Ceci résulte de la dépendance des élus des communes centres par rapport à ceux de la périphérie, croissante à mesure que s'étend la périurbanisation, et de la nécessité pour les premiers de composer avec les seconds, faute de mécanismes institutionnels pour imposer leurs volontés. La recherche de l'affirmation d'un leadership peut aussi contribuer à faire adopter des logiques de rupture et à instrumentaliser les politiques de déplacements, ce qui pousse à se rabattre sur des formes d'expertise « routinisées » et des solutions techniques éprouvées.

En conclusion, la recherche met en avant le contraste paradoxal entre l'évolution du cadre opératoire des poli-

tiques, qui se traduit par des innovations procédurales et institutionnelles, et la stabilité de leur contenu. La conclusion est « que la maîtrise de l'urbanisation dans les villes européennes et le contrôle des flux de déplacements [...] restent encore à être pensés selon de nouveaux référentiels [et que] c'est dans le cadre d'un renouvellement des formes d'expertise, des savoir-faire techniques que les innovations d'ordre institutionnel, juridique ou procédural prendront toute leur signification ».

Certes, pourrait-on dire, mais l'expertise ne répond-elle pas presque inévitablement aux problèmes qu'on lui pose et dans le cadre de contraintes qu'on lui indique, ne faut-il pas aussi mettre en cause le décalage entre les temporalités techniques, politiques et urbaines ? Et pour ne prendre qu'un exemple, ce ne sont pas les carences de l'expertise qui freinent la mise en concordance des périmètres de transports urbains (PTU) et des aires pertinentes de planification urbaine.

-
- Latour, B., *Aramis ou l'amour des techniques*, Paris, La Découverte, 1992.

PROBLÉMATIQUE

L'ouvrage, remarquable à tout point de vue, reconstruit l'histoire de l'échec d'Aramis, une innovation majeure dans le domaine des transports ; le « Personal Rapid Transit ou PRT », mélange de voiture individuelle et de transport en commun, rêve ultime des décideurs.

L'auteur démonte les mécanismes qui ont abouti à cet échec par le biais d'une approche essentiellement sociologique et analyse le rôle et les positions évolutives des différents acteurs : pouvoirs publics, industriels, gestionnaires de systèmes de transport.

MÉTHODE

C'est une recherche telle que les affectionnent les sociologues, largement basée sur des témoignages lors d'entretiens avec les parties prenantes, et qui fait la part belle aux aspects « culturels » et « humains ». L'auteur souligne en conclusion qu'il ne fait que restituer ce que lui ont dit les acteurs.

Mais c'est une vision « élargie » de la sociologie que prêche B. Latour, c'est-à-dire une analyse qui dépasse les « seuls humains » pour intégrer la technique elle-même.

RÉSULTATS

L'ouvrage présente une analyse détaillée de la technique et montre que les passions, les politiques et les calculs des acteurs ont été déterminants. Il démontre qu'il n'y a pas d'innovation réussie par les ingénieurs et les décideurs sans une approche sociologique et « culturelle » des conditions de développement et de diffusion. Il n'y a pas d'objet technique *per se* mais un contexte sociologique et culturel.

« Aramis est mort mais il n'a pas été assassiné » par l'un des acteurs du drame. Il n'y a pas un « méchant », un coupable à désigner. C'était un objet technique fragile : demande indéfinie, faisabilité incertaine, coûts variables, conditions d'exploitation aléatoires, soutiens politiques inconstants, donc à l'opposé des conditions de succès d'une innovation : acceptabilité socio-culturelle, faisabilité technique et industrielle, etc.

L'erreur aurait donc été de chercher à « passer en force » dans un domaine où c'est tout le contraire qu'il faut faire, c'est-à-dire négocier, construire des compromis sociaux, résoudre les incertitudes, etc.

L'échec d'Aramis serait ainsi le fruit d'une dérive collective, l'erreur d'une innovation sur tous les fronts, technique, économique et sociale, alors que c'était une opération de recherche qu'il fallait mener en suivant toutes les étapes, toutes les rétroactions.

La principale critique à reconnaître réside dans la faiblesse de l'analyse économique, grande absente de l'ouvrage. Mais ce dernier finit sur une note optimiste en songeant aux ITS, qui ne seraient qu'une « continuation » des PRT !

-
- **Le Breton É., Ascher F., Bourdin A., Charrel N., Ducroux L., Prins M.,** *Le transport à la demande, un nouveau mode de gestion des mobilités urbaines*, GIP Mutations des industries et des services, TMU-IFU, SCP d'avocats Charrel, 218 p., juillet 2000.

PROBLÉMATIQUE

Cette étude, appuyée sur quelques monographies d'expériences en cours, cherche à montrer l'intérêt et la possibilité du transport à la demande, ainsi que les obstacles, notamment juridiques à son développement en France.

RÉSULTATS

Après une évocation de la multiplicité des expériences et la difficulté d'en tirer des enseignements en raison de leur caractère peu systématique et le plus souvent « bricolé », le rapport rappelle les facteurs favorables au développement du transport à la demande : périurbanisation, évolution des modes de vie et des pratiques de mobilité, restructuration du secteur des transports urbains, évolution du contexte institutionnel favorisant une approche moins sectorielle des transports (intercommunalité, loi SRU).

Sont ensuite présentées les expériences de transport à la demande dans trois pays :

- à Santa Clara (*Silicon Valley*), un service pour personnes handicapées et un service de navettes entre les sites d'activités et les gares et aéroports, ce dernier financé à 25 % par les employeurs ;

- aux Pays-Bas, un service de taxi couplé aux trains pour les fins de parcours autour des gares ;
- en France, les services de Ptibus à Poitiers, le TOUC à Toulouse et Allobus pour les transports de salariés entre la plateforme de Roissy et trois villes des alentours (sans cabotage).

Le rapport présente aussi une analyse détaillée du contexte juridique du transport à la demande et des difficultés que ce cadre oppose au développement de ce service, notamment sur le plan du financement public. L'étude conclut de manière un peu volontariste que le transport à la demande est possible et souhaitable. Qu'il soit souhaitable ne nous paraît pas faire de doute pour améliorer l'offre de TC dans les zones peu denses ou/et aux heures creuses, le transport à la demande étant moins coûteux qu'un bus occupé par 3 ou 4 personnes. La possibilité est plus problématique, au vu des évolutions qu'elle suppose et que le rapport évoque très justement : nécessité pour les opérateurs de « modifier leur conception du marché de la mobilité », évolution du cadre législatif pour permettre une ouverture des politiques tarifaires, clarifier le rôle des AOT et les marges d'action des acteurs privés. Alors que l'étude s'appuie sur l'hypothèse selon laquelle « l'évolution des formes urbaines, des modes de vie et des technologies de communication crée peu à peu des conditions particulièrement favorables pour que le transport à la demande change de statut et devienne un élément important du transport public », on peut se demander s'il ne s'agit pas d'une profession de foi plutôt que d'une hypothèse et si le fil conducteur n'aurait pas dû être plutôt l'analyse des obstacles à surmonter pour le développer, en accordant plus de place au jeu des acteurs du secteur du transport.

-
- Orselli J., Chanaron J.-J., *Vers l'automatisation de la conduite. Les systèmes intelligents de transport*, 309 p., Paradigme, Orléans, 2001.

PROBLÉMATIQUE

L'objet annoncé de la recherche est l'automatisation progressive de la conduite automobile. Ce terme inclut toutes les aides envisageables aux tâches de manœuvre du véhicule et dépasse donc « l'autoroute automatique ». Ces deux objets s'insèrent dans un ensemble encore plus vaste, les *Intelligent Transport Systems* (ITS), qui constituent de fait le véritable champ de cette recherche, les analyses sur la conduite automatisée étant constamment resituées dans cet ensemble. La recherche présente ainsi une nette relation de filiation avec celle d'Ygnace et de Banville, tout en montrant des désaccords avec celle-ci. L'objectif est « d'analyser les conditions d'émergence, tant dans les programmes de R&D que sur les marchés, des éléments constituant des projets ou des produits... bien avant la réussite d'un projet final d'autoroute automatisée ». Il s'agit donc d'étudier les stratégies de R&D et d'innovation (et leurs variations) en matière d'automatismes, en montrant les différences entre l'Europe et principalement la France, les États-Unis et le Japon, tant aujourd'hui que dans le passé. La recherche portant non seulement sur la R&D et les projets mais aussi sur les produits existants, les marchés sont un élément essentiel dans la recherche.

MÉTHODE

La recherche a été conduite à travers une analyse très importante de la littérature, y compris professionnelle, et des contacts avec un vaste réseau de correspondants de différents pays. On note un souci constant de situer les analyses proposées par rapport aux autres auteurs. L'ouvrage est très documenté, sur les aspects tant techniques qu'institutionnels, la bibliographie abondante.

RÉSULTATS

La définition même du champ des ITS fait problème et évolue constamment, du fait des évolutions technologiques et du jeu des lobbies ; le domaine se prête bien à la désinformation de la part des industriels, d'où l'importance du critère de commercialisation effective en masse. Il ne faut pas confondre les ITS avec les nouvelles technologies de l'information et de la communication même si les premiers dépendent largement des secondes. Les auteurs proposent la définition suivante : « Toutes les applications technologiques et organisationnelles fournissant des produits et services aux mobiles (*NDLR* : aux véhicules) [...] et basées sur 1) le positionnement, 2) l'informatique, 3) les télécommunications mobiles numériques et 4) les automatismes appliqués à la gestion des mobiles ». Il n'en reste pas moins que ces objets sont hétéroclites, présentent des analogies trompeuses et que de nombreuses classifications dichotomiques ne traduisent en fait que des rivalités entre acteurs.

Pour dépasser ces difficultés de rangement des quelque 130 objets ITS recensés, un classement par relation d'engendrement est proposé, allant des technologies de base aux « technologies sur étagères » et enfin, aux complexes technologiques que sont tous les objets ITS. Un même objet peut occuper plusieurs positions, selon les autres objets avec lequel on examine ses relations. Ces objets peuvent être regroupés en 18 filières, elles-mêmes regroupées en six champs :

- 1) exploitation des voiries : entretien, péages, exploitation des voiries à feux, exploitation des voies rapides ;
- 2) navigation, information, services : information intermodale, navigation-information à bord, information pour tous et au sol ;
- 3) gestion et services aux flottes : logistique en général, services spécifiques aux flottes, services pour tous les véhicules ;
- 4) groupe motopropulseur, énergie, pollutions : électro-nisation du contrôle de la combustion, automatisation de la gestion du groupe motopropulseur ;
- 5) automatisation de la conduite : spécialisation des voies, contrôle des vitesses, des intervalles et des trajectoires ;
- 6) sécurité : sur les réseaux à feux, sur les voies rapides, aides à bord des véhicules.

Pour chacune des 18 filières fonctionnelles et chacun des six champs, il est possible de repérer s'ils concernent prioritairement une clientèle publique, privée ou mixte. Une représentation en réseau à trois dimensions de ces filières et champs est proposée, où l'axe des X correspond au déroulement temporel d'apparition des technologies de base et sur étagère, l'axe des Y ordonne les communautés d'objectifs (définissant les champs) et l'axe des Z montre les relations d'engendrement.

Cinq types de processus d'innovations sont identifiés : applications de nouvelles technologies de base, apparition de nouveaux objets le long d'une filière, transferts de technologie entre filières, engendrement à l'intérieur d'un même champ et la formation de « points de capiton » reliant divers champs ou/et filières. Ces derniers sont l'objet de conflits aigus entre les responsables des champs. Cette grille permet aussi de rendre compte des « ratés de l'innovation ».

Tous les objets recensés sont ensuite présentés brièvement. Dans les mécanismes de l'innovation dans les ITS, les auteurs mettent en lumière plusieurs facteurs structurels de rigidité du secteur. L'automobile est un domaine très réglementé où les acteurs publics remplissent de nombreuses fonctions dont les ITS bouleversent le mode d'exécution, ce qui peut masquer les possibilités nouvelles ouvertes par l'innovation. Le développement des ITS demande (ou permet) de profonds changements dans la répartition des champs parmi les acteurs publics, d'une part, et privés, d'autre part, ainsi qu'entre les premiers et les seconds. Ces répartitions de champs varient d'un pays à l'autre et jouent un rôle éminent dans le développement différencié de tel ou tel objet ITS selon les pays. L'habitude, aux États-Unis et en Europe, à la différence du Japon, de regrouper les objets ITS dans de grands programmes, par commodité administrative et financière, ne paraît pas très efficace.

Dans le domaine des ITS, le diagramme classique des jeux d'acteurs à trois pôles apparaît particulièrement complexe. Une bonne partie des acheteurs sont publics et dépendent donc plutôt du pôle des pouvoirs publics ; les acheteurs privés rassemblent aussi bien les usagers des TC que les automobilistes, les particuliers que les professionnels (et parmi ceux-ci les VP et les PL) et une grande partie des achats est assujettie par les réglementations. L'importance des achats publics, des marchés assujettis et de la R&D (sur fonds publics) fait que le domaine ITS est bien moins libéral que l'ensemble des nouvelles technologies de l'information et de la communication et que les automatismes d'aide à la conduite (ABS, etc.) sont le seul segment où le consommateur tire l'évolution de marchés de masse. Le flou du domaine, l'importance des acteurs publics et la complexité de définition de stratégies confèrent une grande importance aux lobbies. Les représentants de la collectivité constituent eux-mêmes un ensemble complexe et différencié par leur niveau de territorialité, et leurs rôles (constructeurs ou/et exploitants de voirie, garants régaliens de la sécurité, organisateurs et financeurs de R&D) ; la définition et la conduite de stratégies d'innovation s'en trouvent évidemment affectées, comme le montrent les différences entre pays qui peuvent être en partie reliées à leurs différences de structures administratives.

Les auteurs considèrent que « la technologie automobile est stable, pour ne pas dire immobile [...] (et) [...] n'évolue qu'à la marge et sous la maîtrise totale des acteurs dominants du système, à savoir les constructeurs et les équipementiers de premier rang (et font l'hypothèse) que les innovations ITS ne pourront émerger et se diffuser que si et seulement si elles respectent les contraintes spécifiques de ce système industriel [...] Ce mode très contrôlé d'évolution du système se trouve en butte à plusieurs éléments de déviation dans le cas des ITS : énorme différence de vitesse d'évolution entre le monde des nouvelles technologies de l'information et de la communication et celui de l'automobile, possibilité de seconde monte ou monte en accessoire, diversification des équipementiers vers des métiers hors système automobile, jeu nouveau des constructeurs japonais [...], qui se posent désormais comme de véritables leaders technologiques ».

Les intérêts et stratégies des différents acteurs impliqués dans les ITS (acteurs du système automobile et aussi industrie électronique et informatique, opérateurs des médias et télécommunications, industries des matériels de communication, électronique de défense et de l'espace, industries des nouvelles technologies de l'information et de la communication, professionnels de la recherche) sont analysés avant de montrer la diversité du jeu de ces acteurs selon les secteurs du domaine ITS. L'examen des rapports de force actuels montre que les pouvoirs publics qui sont à l'origine de la plupart des projets précurseurs des ITS n'ont plus guère d'action que dans la R&D ; les opérateurs de télécommunications prennent le pouvoir dans le domaine des services à bord, alors que l'industrie de l'électronique et des logiciels s'affaiblit. « L'électronisation de l'ensemble de l'automobile met les constructeurs en position de force et la normalisation va devenir un enjeu important ».

Aux États-Unis, l'échec du programme AHS (*Automatic Highway System*), commencé en 1992 et abandonné en 1997, est attribué à plusieurs facteurs concomitants : une volonté de réduction des dépenses publiques par les Républicains, un excès de battage médiatique qui avait exacerbé l'enjeu de la démonstration de San Diego et la reprise économique qui rendait moins nécessaire la politique californienne de création d'emplois ; dans cette conjoncture, les industriels avaient moins besoin des financements de R&D ; de plus, la confusion sur les objectifs (augmentation de capacité des infrastructures ou/et de sécurité du trafic), entretenue par les promoteurs pour rallier les décideurs, s'est finalement retournée contre eux, la démonstration ouvrant les yeux des décideurs, sans même que les incertitudes technologiques ne soient invoquées. Depuis 1998, un nouveau programme, *Intelligent Vehicle Initiative* (IVI) a été mis en place avec des objectifs centrés sur le contrôle et la sécurité des véhicules et des moyens réduits ; des activités de type AHS subsistent néanmoins.

Au Japon, les constructeurs et équipementiers, après avoir longtemps adopté une stratégie de suiveurs, semblent se poser en leaders, avec les technologies ITS et les véhicules hybrides. La stratégie du groupe Toyota est la plus offensive, fondée sur un processus d'innovation pas à pas, une vision des systèmes ITS centrée sur les véhicules, sans donc requérir une révolution des infrastructures ; la sélection des innovations peut alors être faite par le marché, sans attendre des décisions politiques. Cette stratégie d'innovations incrémentales s'appuie sur la constitution méthodique d'un ensemble ITS-NTIC dans le groupe et ses équipementiers affiliés. La demande d'automatismes et de systèmes de navigation est stimulée par la baisse des prix entraînée par l'augmentation des volumes et les besoins de guidage dus à la mauvaise lisibilité du système de numérotation des immeubles et à la congestion. Un programme analogue à l'IVI des États-Unis a été lancé, à peu près en même temps que celui-ci. Le Japon est actuellement en tête dans le domaine ITS.

L'Europe présente une situation particulière en ce qui concerne l'automatisation de la conduite. Les boîtes de vitesse automatiques y sont peu généralisées (sauf dans le très haut de gamme !), pour de pseudo raisons historiques et culturelles mais en fait par la stratégie de différenciation des constructeurs européens par rapport à leurs concurrents américains, d'une part, et la réglementation et la fiscalité, d'autre part, en France, au moins pour ces deux derniers facteurs. Par contre, l'Europe est à l'origine et en avance sur les automatismes de contrôle de trajectoire, pour des raisons tenant aussi à la stratégie des conducteurs, la priorité à la sécurité active, compte tenu de la « tradition » de véhicules de faible masse. Le programme PROMETHEUS, lancé en 1986 sur l'initiative des constructeurs, s'est achevé en 1994, sans résultats concrets et sans qu'une évaluation en soit faite ; l'une des causes de son échec serait la non-implication des équipementiers. Plusieurs programmes ont pris la relève mais la plus grande confusion continuerait à régner dans leurs objectifs, sans que soient tirées les leçons de l'échec de l'AHS.

En conclusion, les auteurs proposent quelques critères d'établissement d'une stratégie d'innovation dans le domaine des ITS. Celle-ci doit être claire, ne pas confondre les annonces de *concept car* et la production de masse ni chercher à atteindre tous les objectifs dans un même programme, prendre en compte la temporalité du

marché et la lenteur de renouvellement du parc, prendre en compte réellement les usagers et choisir entre « sécurité imposée » et « sécurité achetée ». Il convient aussi de tirer les leçons du passé et lancer de nouvelles recherches sur la faisabilité sociétale des ITS, pour ne pas recommencer éternellement les mêmes programmes de R&D.

- **Sebbar S., *De l'innovation progressive à la rupture technique : contribution à une explication de la dynamique technique des produits, Exemple de l'automobile, Thèse en Sciences de Gestion, IAE, Université de Toulouse, 1994.***

PROBLÉMATIQUE

La thèse postule l'hypothèse selon laquelle une série d'innovations de faible amplitude peut conduire à une véritable rupture technique. La thèse cherche à poser les jalons d'un modèle explicatif de la dynamique technique des produits.

MÉTHODE

La thèse est basée sur deux secteurs des matériels de transport : l'industrie aéronautique et l'industrie automobile.

RÉSULTATS

L'auteur pose que l'entreprise est à l'intersection entre le milieu technique et le milieu socio-économique, et que par conséquent, la séparabilité de la technique et du marché n'est pas possible. Il y a séparabilité analytique mais pas managériale. Il prône ainsi la prise en compte dans les stratégies d'entreprise, des lois scientifiques et techniques et de la demande du marché. Possibilité technique et besoin du marché doivent être compatibles. Les rapports techniques-marchés sont interactifs du fait de la fonctionnalité des techniques, c'est-à-dire la réponse à un « besoin » ou une performance. Cette relation est dynamique. Elle évolue dans le temps.

L'auteur aboutit au concept suivant(cf. schéma) :

Il développe ensuite une méthodologie d'analyse stratégique fondée sur son modèle conceptuel avec les étapes suivantes :

1. Analyse du milieu technique du produit

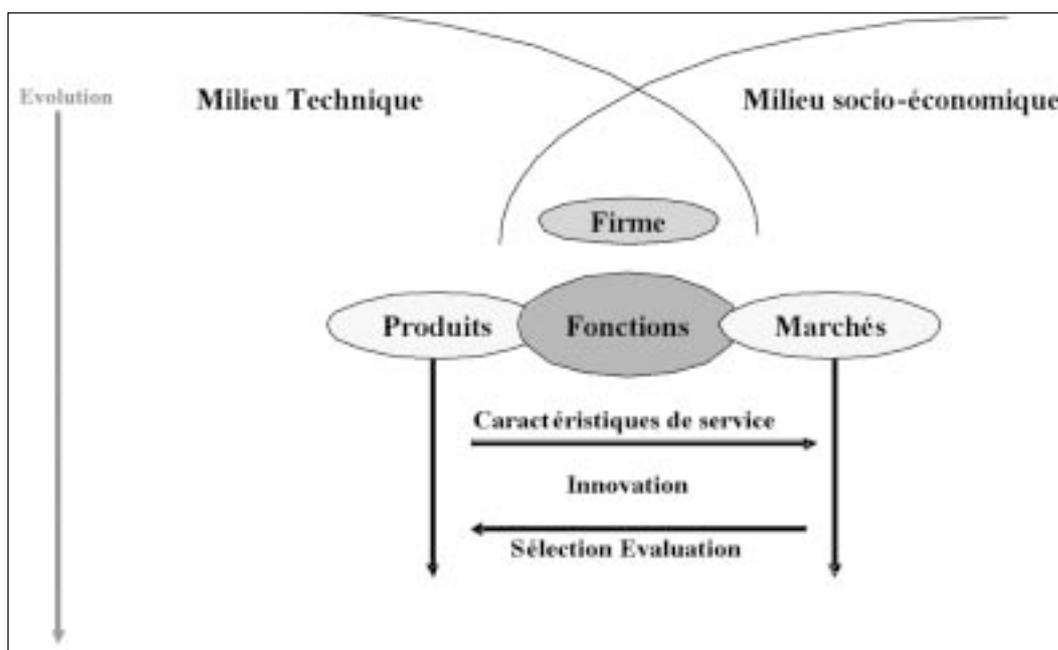
- Basé sur la théorie du système technique et de la filière technique à la Bertrand Gille, il amène à considérer le produit comme une combinaison évolutive d'éléments techniques.
- Repérage des effets externes ou d'environnement : rôle des infrastructures, milieu organisationnel et cognitif, pratique technique et routines, apprentissage, paradigmes techniques et contraintes paradigmatiques.

2. Analyse du produit

- Définition des caractéristiques de la forme technique des produits : invariance, principes techniques, approche structurale.
- Décomposition en éléments techniques repérables : arborescence, invariance, représentation fonctionnelle (fonctions internes).

À ce stade, l'auteur définit la forme technique d'un produit comme la spécificité des principes techniques pour au moins une fonction élémentaire de premier rang, c'est-à-dire qui garantissent l'adaptation du produit à sa fonctionnalité attendue. La rupture technique devient alors un changement de principes techniques. Dans le cas contraire, on parle d'innovation d'amélioration. Pour l'automobile, que l'auteur définit comme « un engin personnel circulant sur le sol, permettant de transporter un nombre restreint de personnes d'un point à un autre dans certaines conditions de mobilité,

Le modèle conceptuel de S. Sebbar



d'autonomie, de confort et de sécurité », il repère cinq fonctions de premier rang :

- Propulsion
- Direction
- Habitacle
- Transmission
- Appui au sol

3. Analyse de la fonction de service du produit

C'est la relation du produit au marché. Elle se définit par la convergence de l'offre et du besoin. La fonction principale est la réponse au besoin, donc son utilité première. La fonction peut être d'usage ou d'image. Il faut aussi repérer les caractéristiques de service et l'environnement d'usage ainsi que les interactions des caractéristiques de services :

- Performance de fonctionnement
- Coût d'acquisition
- Facilité d'utilisation
- Coût d'utilisation
- Fiabilité et longévité
- Longueur et coût de panne
- Compatibilité avec l'environnement : environnement d'utilisation et de distribution, esthétique, conformité aux normes techniques, aux normes de sécurité, aux normes antipollution, expérience d'utilisation.

4. Analyse de l'évolution du produit

Le produit peut évoluer de plusieurs manières :

- par auto-adaptation : simplification et synergies entre éléments ;
- par adjonction de nouvelles techniques qui transforment son état « concrétisé » initial : complexification ;
- par remise en cause des invariants par l'environnement.

L'auteur utilise alors la notion de saturation : le produit ne peut plus évoluer par innovations progressives. Il peut alors intervenir une bifurcation de forme technique avec constitution d'une famille de produits. Tous les produits tendent vers la complication et la saturation.

L'auteur développe alors un exemple d'application de son modèle à l'analyse d'un changement de forme technique : la voiture électrique. Son émergence serait imposée par la saturation de la forme technique dominante et son incapacité à intégrer de nouvelles innovations progressives d'amélioration et à satisfaire ses fonctions de service en milieu urbain.

L'auteur présente une boîte à outils intéressante pour la gestion opérationnelle de l'innovation technique de produit. Mais on sait quelle a été la réponse du réel à son hypothèse sur le véhicule électrique urbain.

-
- Segal J.-P., *Impacts sociaux, organisationnels et commerciaux de l'automatisation des métiers de conduite*, CEREBE, PREDIT, 2001.

PROBLÉMATIQUE

Le rapport présente une recherche sur les impacts de la modernisation ou de l'automatisation de la conduite de systèmes de transports collectifs urbains sur infrastructures fixes dans le contexte d'une hypothèse d'une transition vers un modèle de management libéral, voire privé. La recherche est essentiellement descriptive, précisant les impacts sur les métiers, sur les classifications professionnelles, sur l'organisation du travail, les relations internes, les relations aux usagers, du point de vue des acteurs.

MÉTHODE

La recherche est basée sur trois études de cas : le projet STAR avorté de Berlin, le projet ATAC-COTRAL du métro de Rome et la ligne Météor à Paris.

C'est une recherche telle que les affectionnent les sociologues, largement basée sur des témoignages lors d'entretiens, et qui fait la part belle aux aspects « culturels » tels que la latinité et la germanité et aux logiques d'acteurs bureaucratiques.

RÉSULTATS

La recherche met en évidence, notamment à partir du cas Météor, les tendances suivantes liées à l'automatisation :

- les difficultés du contact avec le public ;
- une nécessaire polyactivité mais plus ou moins enrichissante selon les métiers ;
- des satisfactions inégales selon les parcours professionnels ;

- un management aux potentialités sous-employées.

Météor apparaît ainsi comme un projet fondateur au sein de la RATP, chargé de démontrer, du point de vue du management et des salariés, à la fois la quête de modernité de l'entreprise et l'exemplarité du transport ferroviaire. D'où l'orientation ligne-vitrine et ligne-laboratoire technologique de Météor.

La recherche met également en évidence :

- la prégnance des logiques de statut des différentes catégories socioprofessionnelles
- et la contradiction entre la culture de services aux usagers et l'organisation bureaucratique.

Les conclusions générales sont intéressantes, du point de vue de la sociologie de l'innovation. L'auteur montre en effet que l'organisation et ses acteurs individuels doivent d'abord faire le deuil de « l'ancien monde », c'est-à-dire des services publics de transports urbains à l'ancienne, pour plonger dans la modernité des transports collectifs urbains marquée par :

- l'impératif sécuritaire ;
- la nécessaire mobilisation autour des services aux usagers ;

Du point de vue des entreprises de transport, cela amène :

- la reconversion des personnels ;
- la construction d'un dialogue social ;
- la définition des nouvelles missions des cadres opérationnels ;
- le développement du travail en équipe ;
- le développement de la polyvalence ;
- la formalisation des tâches ;
- la reconnaissance des compétences et des métiers en interne et en externe.

-
- Soler D., Geraud N., Mallein P., *Méthode d'évaluation de l'acceptabilité sociale de l'innovation dans les réseaux des transports collectifs urbains*, Bertin Technologies, PREDIT, 2000, 68 p.

PROBLÉMATIQUE

Le but de la recherche est « de proposer une nouvelle approche de l'évaluation de l'acceptabilité sociale d'un réseau TCU et/ou de toute innovation technologique afférente. Cette approche se fixe comme objectif la production de critères dédiés à la mesure de la « valeur d'usage » des innovations », du point de vue de sa simplicité (l'ergonomie) et de sa signification (sociologie de l'usage).

Estimant que « les outils d'évaluation traditionnels ne permettent pas de comprendre ce qui fait l'acceptabilité, l'attractivité de l'offre TCU [...], l'ambition est de proposer une expertise qui permettrait pour la première fois de vraiment comprendre le voyageur ».

Le postulat est que pour être attractif, le produit-service doit être simple d'usage et faire sens.

MÉTHODE

La recherche a été conduite par analyse bibliographique, examen critique (savamment qualifié de *benchmark*) des différents instruments d'évaluation existants et entretien avec des acteurs du transport urbain et des experts du marketing industriel.

RÉSULTATS

La méthode d'évaluation SU2 (« simplicité d'usage et signification d'usage ») élaborée comporte trois types d'outils.

L'élément de base est un ensemble de 46 critères correspondant à quatre dimensions : la dimension pratique (simplicité) d'usage du réseau, son confort, sa légitimité et son image. Comme l'indiquent les auteurs, les deux premières dimensions constituent une reformulation de la norme AFNOR du point de vue de la perception de l'utilisateur et non plus de l'exploitation. Les deux dernières dimensions sont issues des travaux de sociologie de l'usage. La légitimité du réseau repose sur la sécurisation qu'il offre, la reconnaissance de la qualité de la desserte et l'équité de la tarification ; l'image du réseau est à la fois celle qui est perçue de sa place dans la ville et sa projection dans l'imaginaire du client. Les critères sont pondérés en utilisant les travaux de Noriaki Kano⁴² qui identifie des fonctions proportionnelles (la satisfaction croît avec leur niveau), obligatoires (elles vont de soi) et attractives (correspondant à une offre de service étendue).

Les deux autres éléments sont les informations sur la situation de voyage (état du réseau au moment de l'interview, normal ou perturbé, voyage habituel ou exceptionnel) et sur le profil du voyageur.

Toutes ces données sont recueillies par entretien semi-directif. La démarche est donc principalement qualitative. Cette méthode est certainement susceptible d'apporter une connaissance fine des perceptions et attentes des usagers ; la contrepartie de cette richesse est bien sûr sa lourdeur. Bien que le rapport annonce que la méthode est basée sur une liste de critères associés à une métrique, il ne donne aucune indication sur la manière dont toutes ces informations sont traitées en vue d'une synthèse qui suppose un minimum de quantification.

42 Université Rika de Tokyo (Japon).

-
- Speck C., *Système national d'innovation et dynamique institutionnelle : contribution à l'analyse de la grande vitesse ferroviaire française en termes de co-évolution*, Thèse de doctorat en Sciences Économiques, Université de Lille, 2000.

PROBLÉMATIQUE

La thèse est basée sur la notion de système national d'innovation (SNI), défini comme un « réseau d'institutions publiques ou privées dont les activités et les interactions influencent, modifient et diffusent de nouvelles technologies ». La thèse s'inscrit donc délibérément dans le courant institutionnaliste, le SNI étant considéré comme un concept utile pour l'analyse du rôle des pouvoirs publics et de la SNCF. Elle est également basée sur les théories évolutionnistes. L'innovation est alors vue comme le résultat de processus d'apprentissages interactifs et cumulatifs.

MÉTHODE

L'auteur propose une revue de la littérature très complète sur les SNI et l'approche évolutionniste. Puis elle

reconstruit les faits historiques selon les « théories » ainsi synthétisées.

RÉSULTATS

Bien que la thèse ait été soutenue en 2000, le TGV y est considéré comme une innovation alors même que les rames « commerciales » de la ligne Paris-Sud-Est ont été construites entre 1976 et 1979 pour une mise en service en 1981.

Les SNI sont conçus comme des interactions de logiques d'acteurs. Le succès du TGV serait imputable au resserrement des décisions sur un petit nombre d'acteurs très motivés et à la présence d'un grand opérateur national, l'exploitant de la technologie.

Le TGV est le résultat d'un processus cumulatif d'innovations d'amélioration.

Dans sa troisième partie, qui concerne la situation au début des années 2000, l'auteur note que dans la phase récente, les institutions « porteuses » ont changé. Les constructeurs de matériel deviennent moteurs et les sociétés exploitantes font face à la dérégulation et à une évolution vers la spécialisation, exploitant d'infrastructures et exploitant de matériels. En outre, l'usager retrouve une place centrale.

ANNEXE 2 :

LA PERCEPTION EUROPÉENNE DES ENJEUX TECHNOLOGIQUES FUTURS DANS LE DOMAINE DES TRANSPORTS : UN ÉTAT DES LIEUX

Jacques Theys, Responsable du CPVST

Extrait du document *Quelles technologies-clefs pour l'Europe ? Les enjeux liés aux transports*, ce texte a été réalisé pour la Commission européenne en 2005 et publié avec son accord.

PRÉSENTATION

Le texte qui suit apporte des éléments de synthèse sur la manière dont les *enjeux technologiques futurs dans le domaine des transports* sont perçus à l'échelle européenne. On y trouvera, en particulier, une première analyse des réflexions engagées, sous l'égide de la Commission européenne, par les « *plates-formes technologiques* » réunissant les principaux acteurs industriels de l'automobile, de l'aéronautique et des transports maritimes ou ferrés. Le document constitue lui-même une des parties d'un rapport beaucoup plus long rédigé par Jacques Theys en 2005, à la demande de la Direction de la Recherche de la Commission européenne¹, sur le thème des « *technologies-clefs dans le domaine des transports* ».

Outre la synthèse publiée ici sur la perception des enjeux technologiques futurs, le rapport complet comprend une analyse générale des caractéristiques de l'innovation dans le domaine des transports, une synthèse des tendances, ruptures et questions-clefs pour les transports européens à l'horizon 2030-2050, un essai de hiérarchisation des technologies-clefs et enfin une première évaluation des forces et faiblesses de la recherche européenne dans ces domaines.

Ce rapport, rédigé en français, est accessible sur le site de la Direction de la Recherche de la Commission (*High Level Expert Group – Key Technologies for Europe*), ou peut exceptionnellement être demandé au Centre de prospective et de veille scientifiques et technologiques.

¹ « *High Level Expert Group – Key Technologies for Europe* » – Direction de la Recherche de la Commission européenne – Département K 2 (Prospective scientifique).

LA PERCEPTION EUROPÉENNE DES ENJEUX TECHNOLOGIQUES FUTURS DANS LE DOMAINE DES TRANSPORTS : UN ÉTAT DES LIEUX

Jacques Theys

Le secteur des transports a fait l'objet dans les années récentes d'un nombre considérable de réflexions, à la fois politiques et scientifiques, dans lesquelles tous les acteurs impliqués – entreprises, institutions publiques, structures de programmation de la recherche, organisations non gouvernementales... – ont exprimé leurs priorités et leurs « visions à moyen terme ».

Le présent document, rédigé dans le cadre d'un groupe d'experts de la Commission européenne sur les « technologies-clefs » pour l'Europe, tente, à partir de ces multiples travaux, de dessiner un « état des lieux » des représentations par les acteurs européens (et plus marginalement internationaux) des enjeux politiques et technologiques à moyen terme dans le domaine des transports.

Cet « état des lieux », volontairement sélectif, s'attache d'abord à faire une présentation des objectifs de la politique européenne qui ont été définis par le « Livre blanc » publié en 2001.

Il synthétise ensuite les principales orientations proposées par les industriels à travers les plates-formes technologiques mises en place sur les différents modes (aérien, maritime, transport routier, ferré).

Enfin, sont présentés, à titre d'illustrations, quelques exercices majeurs de prospective ou de « foresight » publiés récemment par les institutions européennes (ERANET Transport...), nationales (États-Unis, Grande-Bretagne, France) ou internationales (Agence internationale de l'Énergie).

I. UNE VISION POLITIQUE DES ENJEUX EUROPÉENS :

LE « LIVRE BLANC » DE 2001 ET SES INCIDENCES TECHNOLOGIQUES

Publié en 2001 par la Commission, le *Livre blanc sur la politique des transports à l'horizon 2010*¹ dessine ce qui devrait être l'agenda de la politique européenne dans les prochaines années. À la veille d'un élargissement qui devrait accroître substantiellement la demande de mobilité, il propose un certain découplage entre croissance économique et croissance des transports – ce qui constitue un virage dans la politique européenne.

Une part non négligeable de la réussite de ce programme d'action repose sur l'innovation technologique : c'est

la raison pour laquelle il est important de s'y référer dans une réflexion sur les technologies de l'avenir, même si l'horizon du document est clairement à moyen terme.

1) Le diagnostic

- L'hypothèse majeure sur laquelle repose le « Livre blanc » est celle d'un prolongement de la tendance historique à la hausse de la demande de transport – sous l'effet combiné de la croissance économique, de la mondialisation et, surtout, de l'élargissement de l'Europe. À l'horizon 2010, la demande de transport devrait ainsi croître de 24 % pour les déplacements de personnes, de 38 % pour les marchandises – et de 50 % pour les transports routiers.

Dans les dix ans à venir, le système européen de transport devra donc améliorer ses performances à la fois pour répondre à ces pressions quantitatives et pour satisfaire les exigences qualitatives croissantes des entreprises ou des consommateurs en termes de vitesse, de confort, de sécurité, de fiabilité ou d'environnement. Il devra en particulier s'adapter aux conséquences de l'élargissement.

- Le défi à moyen terme posé par la progression de la demande future n'apparaît néanmoins considérable que parce que s'y ajoute une seconde hypothèse majeure faite par le « Livre blanc » : celle d'un risque croissant de dysfonctionnement et de blocage de ce système européen de transport à l'horizon des dix prochaines années.

Si les transports ont su historiquement accroître leur productivité de 3 % par an depuis deux siècles², c'est, on le sait, en grande partie grâce à une substitution progressive des modes les plus adaptables et rapides – le transport routier et aérien – aux modes plus contraints et lents : la navigation intérieure, le rail, les transports collectifs urbains, la marche à pied... La part du rail dans l'Europe des 15 est ainsi passée entre 1970 et 2002 de 21 à 8 % pour les marchandises et de 10 à 6 % pour les passagers³. Et elle devrait encore décroître, si rien n'était fait, d'ici 2010.

L'analyse faite par le rapport de la Commission est que désormais cette dynamique de transfert modal au profit de

1 White Paper, « European transport policy for 2010: Time to decide », European Commission, 2001.

2 Source : Marchetti, IIASA, « Space, time and movement », conférence de Milan, octobre 1996.

3 Source : Eurostat, *EU Energy and transport in figures, statistical pocket book 2004*, European commission.

la route et du transport aérien *crée plus de dysfonctionnements et de blocages que d'efficacité* :

- 10 % du réseau routier européen est affecté par la congestion, dont le coût économique pourrait doubler à l'horizon 2010 et atteindre 1 % du PIB communautaire⁴ ;
- 16 des plus grands aéroports européens sont partiellement saturés avec plus de 30 % des vols affectés par des retards supérieurs à 1/4 d'heure ;
- la vitesse moyenne du transport ferroviaire de marchandises est à peine de 18 km/h et 20 % du réseau ferré est lui aussi saturé ;
- l'insécurité routière continue chaque année de provoquer 40 000 victimes⁵ et son coût est aujourd'hui estimé à 2 % du PNB européen ;
- la construction de nouvelles infrastructures – notamment aéroportuaires – se heurte à des obstacles croissants sur une part de plus en plus étendue du territoire européen ;
- à l'échelle locale, la qualité des services publics de transport se dégrade et la dépendance automobile devient préoccupante, avec presque partout des « parts de marché » de la voiture avoisinant les 80 %⁶.

Toutes ces raisons conduisent à faire du *rééquilibrage modal* un enjeu majeur pour la politique européenne des transports à l'horizon 2010.

Plus globalement, c'est l'ensemble du système européen de transport qui apparaît comme fonctionnant très en deçà de ce qui serait optimal dans un espace économique réellement intégré – soit parce que *l'interopérabilité des réseaux n'est pas assurée*, soit parce qu'il subsiste de nombreux « chaînons manquants » dans les infrastructures existantes : constatant qu'à peine 20 % des projets relatifs au « Réseau transeuropéen de transport » ont été réalisés, le rapport considère que c'est la performance d'ensemble des transports européens qui est menacée à terme, et avec elle, la compétitivité économique, la satisfaction des usagers ou l'aménagement du territoire européen.

Face à ce risque, il s'agit d'aller vers une *conception globale de la performance* du système européen des transports, valorisant au mieux les complémentarités d'usage entre modes et prenant en compte toutes les dimensions – coûts et avantages économiques, qualité pour l'utilisateur, impacts sur l'environnement, intégration européenne, compétitivité internationale...

- Dans cette conception globale, *le développement durable et la contribution à la lutte contre l'effet de serre* ont naturellement leur place. Et les conséquences pour l'environnement des transports constituent en effet, elles aussi, une des préoccupations majeures du « Livre blanc ».

Sur ce thème, l'essentiel du diagnostic tient en quatre constats ou hypothèses très clairs :

- les transports européens sont actuellement responsables de près de 30 % des émissions de CO₂ et plus des deux tiers de la consommation de pétrole ;
- les prévisions envisagent qu'à l'horizon 2010, ces émissions de CO₂ dues aux transports auront augmenté de 50 % par rapport à 1990⁷ – alors qu'elles diminuent dans la majorité des autres secteurs ;
- à eux seuls les transports routiers représentent 84 % de ces émissions ;
- la contribution des transports aériens à l'effet de serre, aujourd'hui proche de 6 à 7 %, pourrait à long terme être d'un même ordre de grandeur que celle de la route⁸.

Si les problèmes de pollution locale sont finalement peu évoqués, le « Livre blanc » rappelle finalement une conclusion qui fait aujourd'hui très largement consensus : c'est en très grande partie de la maîtrise des systèmes de transport que dépendra la capacité (ou pas) de l'Europe à mettre en place le protocole de Kyoto – et, plus largement, à prévenir les changements climatiques. Tout le défi est de rendre la prise en compte de cet enjeu majeur compatible avec celui de l'élargissement – et de l'amélioration de l'offre de mobilité, ce que tentent de faire les 60 propositions du rapport.

2) Les orientations proposées

Le « Livre blanc » fait le pari d'une possible conciliation entre des transports européens compétitifs et une mobilité durable en 2010. Il s'agit pour cela de parvenir à un certain *découplage* entre croissance économique et développement de la mobilité routière ou aéronautique – essentiellement grâce à un meilleur équilibre entre modes. La solution, considérée comme peu réaliste, qui consisterait à imposer un « rationnement » des déplacements, est écartée au profit d'une approche plus systémique et intégrée articulant étroitement quatre grandes orientations :

- *un rééquilibrage modal au profit du rail et du maritime* ;
- *une stratégie ciblée de réduction des « goulets d'étranglement » et de la congestion* ;
- *une attention forte aux attentes des usagers* ;
- *et enfin, un meilleur positionnement de l'Europe au niveau mondial.*

- C'est probablement en matière de *rééquilibrage modal* que l'objectif est le plus ambitieux, puisqu'il s'agit d'inverser la tendance historique au déclin relatif du rail en faisant passer sa part de marché en 2010 de 6 à 10 % pour les passagers et de 8 à 15 % pour les

⁴ Plus globalement, la Commission évalue à 4 % du PIB européen l'ensemble des coûts externes liés aux transports ; coûts couverts à 30 % pour la route et 40 % pour le rail.

⁵ 33 000 en 2004. Ces chiffres concernent l'Europe des 15.

⁶ En pourcentage des transports motorisés.

⁷ Passant de 739 millions de tonnes en 1990 à 1 113 en 2010.

⁸ Si l'on prend en compte les émissions globales de gaz à effet de serre, au-delà du seul CO₂ (oxydes d'azote...).

marchandises. Cela suppose des conditions très exigeantes : une multiplication par 3 de la productivité des transports ferrés, une interopérabilité et une intermodalité qui fonctionnent véritablement à l'échelle européenne, des gains de 50 % en énergie et en pollution, un contrôle plus strict de l'application des réglementations dans le transport routier et finalement une maîtrise significative du développement des transports aériens. Dans ce dernier domaine, il s'agit par exemple de diviser par deux les émissions de CO₂ ou la perception des niveaux de bruit (-10 décibels) et de réduire de 80 % les émissions d'oxyde d'azote – toujours à l'horizon 2010 – ce qui est considérable.

- L'intermodalité, indispensable au développement du rail, est également une réponse importante au second défi identifié par le « Livre blanc » : celui de la *congestion* et, plus généralement, de la *réduction des « goulets d'étranglement »* qui font obstacle à une véritable intégration des réseaux et des systèmes de transport à l'échelle du territoire européen élargi. À travers le développement des « autoroutes de la mer », de la constitution de « corridors de fret », des nouvelles technologies de la communication ou d'une meilleure intégration des fonctions logistiques⁹, il s'agit de créer une véritable complémentarité entre mer, fleuve, rail... et route.

Ce n'est néanmoins qu'un des volets de la stratégie proposée par le « Livre blanc » – qui comprend également la relance des réseaux trans-européens de transport¹⁰, l'organisation du « ciel unique européen », une politique harmonisée de tarification de l'usage des infrastructures de liaison intégrant les coûts externes, et finalement une meilleure régulation des trafics (grâce aux outils de positionnement comme GALILEO ou à une utilisation généralisée des technologies de l'information et de la communication). Le simple gain attendu du développement des transports intelligents est estimé à 20 % en termes de temps de trajet et de 5 à 10 % en termes d'augmentation de la capacité des réseaux.

- À travers la tarification ou les technologies de la communication, ce sont les logiques d'usage et de comportement des usagers qui sont mises en avant. Pour la première fois en effet, le « Livre blanc » fait de la *satisfaction et de la responsabilité des usagers* un enjeu central de la politique européenne des transports. Il s'agit d'abord de répondre aux attentes croissantes des Européens en termes de *sécurité* – sécurité routière, sécurité aérienne, sécurité des tunnels, vulnérabilité au terrorisme... Pour la sécurité routière, l'objectif est ainsi particulièrement ambitieux puisqu'il est proposé de diviser par deux d'ici 2010 le nombre des victimes des accidents de la route (40 000 en 2001)¹¹. Il s'agit aussi d'améliorer l'accès – et donc le coût – à des transports collectifs de meilleure qualité, ce qui suppose là encore plusieurs conditions : une bonne information, des moyens de paie-

ment « faciles », une régulation efficace des services publics et une extension de l'offre, notamment en matière de transports urbains. Il est intéressant de remarquer que c'est à propos de la qualité des transports urbains que le « Livre blanc » évoque les thèmes de l'effet de serre et de la pollution locale.

- Cette attention particulière aux usagers n'est pas contradictoire avec un dernier enjeu évoqué par le « Livre blanc », qui est le *renforcement des positions européennes* dans la « régulation » des transports et le flux d'échange à l'échelle mondiale. La Commission fait en effet l'hypothèse que sans stratégie offensive au niveau mondial, la volonté européenne de construire « un modèle durable de développement des transports » aurait de grandes chances de se révéler finalement vaine. Il s'agit donc à la fois d'affirmer la place de l'Europe dans les grandes institutions de régulation des transports à l'échelle mondiale (OMI, OIAC, OMC, ...) et de prévenir les conséquences de pratiques déloyales de concurrence : dumping social dans les transports routiers, risques pour la sécurité maritime liés aux pavillons de complaisance, déséquilibre entre l'Europe, la Chine et les États-Unis en matière de transports aériens... Le projet GALILEO s'inscrit clairement dans cette perspective d'affirmation de l'Europe sur le « marché » mondial des transports – tout en étant un outil indispensable à la régulation d'une bonne part du trafic européen.

3) Les enjeux technologiques mis en évidence par le « Livre Blanc »

L'exemple de GALILEO est significatif de l'importance donnée par le « Livre blanc » à l'innovation en matière de transport. « Celle-ci, peut-on lire dans le rapport, *« provides an excellent opportunity to integrate the transport modes, optimise their performance, make them safer and help make the european transport system compatible with sustainable transport development »*.

Si l'on fait la liste des actions proposées par la Commission, il est intéressant de constater en effet que la plupart d'entre elles supposent des solutions technologiques innovantes (voir le tableau n° 1 ci-après). Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, qu'il soit finalement recommandé « *de maintenir au minimum constant l'effort de recherche européen fait dans ce domaine des transports dans la période 1998-2002 à la hauteur de 1,7 milliard d'euros* » (dont plus d'un milliard pour l'aéronautique).

Parmi les technologies considérées par la Commission elle-même comme les plus prometteuses, et sur lesquelles elle souhaite que soient concentrés les efforts de recherche, il faut néanmoins remarquer qu'une grande majorité concerne les nouvelles technologies de l'information et de la communication : les techniques de positionnement (dont GALILEO), les véhicules ou infrastructures intelligentes, « l'e-Europe », les systèmes de gestion de trafic, la mise en réseau des informations et des moyens de paiement¹²... En comparaison, la place donnée aux technologies énergétiques ou environnementales

9 À la fois entre modes et entre opérateurs logistiques, entreprises et distributeurs.

10 Notamment dans la perspective de l'élargissement.

11 33 000 en 2004. Ces chiffres concernent l'Europe des 15.

12 Source : Annexe IV du « Livre blanc » – *Technological development and intelligent transport systems*.

Tableau n° 1 - Le « Livre blanc » et ses incidences technologiques

<i>Actions proposées dans le «Livre blanc»</i>	<i>Incidences technologiques</i>
I. Rééquilibrage modal	
1. Contrôle renforcé du transport routier de marchandises.	Tachygraphe digital (2003) et utilisation de GALILEO.
2. Ouverture et interopérabilité des réseaux ferrés européens.	Locomotives multicourant, harmonisation des systèmes de signaux, système ERTMS (<i>European rail traffic management system</i>).
3. Multiplication par 3 de la productivité du rail.	Nouvelles formes de motorisation. Électronique de puissance. Trains de 2 000 tonnes.
4. Amélioration de la sécurité et division par 2 des nuisances dues au chemin de fer.	Technologies de sécurité passive (« safetrain ») ou active (suivi des convois). Contrôle des émissions diesel. Application de l'ERTMS.
5. Développement des « corridors de fret » pour le rail.	Systèmes de transport à grande vitesse pour les marchandises (TGV fret). Application des NTIC et de GALILEO.
6. Amélioration de la sécurité aérienne et organisation d'un ciel unique « européen ».	Nouvelles techniques de positionnement et de guidage. Systèmes de sécurité embarqués.
7. Réduction de 50 % des émissions de CO ₂ et de la perception du bruit des transports aériens (-10 Db).	Nouveaux moteurs plus économes et moins bruyants.
8. Sécurisation et aménagement des aéroports.	Nouvelles techniques de reconnaissances des passagers. Systèmes d'embarquement ou débarquement adaptés aux avions de grande capacité.
9. Réduction des « mouvements » sur les aéroports.	Avions de plus grande capacité (A 380).
10. Développement du cabotage maritime (« Autoroute de la mer »).	Navires plus rapides.
11. Meilleur contrôle de la sécurité maritime et navires plus « sûrs ».	Navires à double coque. Techniques de positionnement et de monitoring (identification des navires...).
12. Harmonisation des normes techniques pour le transport par voie d'eau.	
13. Développement de l'intermodalité. Programme « Marco Polo ».	Systèmes efficaces de chargement/déchargement des camions sur les trains ou les navires. Containers harmonisés (voir 15).
14. Modernisation et intégration des chaînes logistiques.	Intégration des NTIC dans les chaînes logistiques et les entreprises de transport.
15. Harmonisation européenne des containers.	

II. Réduction de la congestion et suppression des «goulets d'étranglement»	
16. Nouveaux projets trans-européen de transport dans le domaine ferroviaire.	Trains à grande vitesse. Nouvelles techniques en génie civil (perçement des tunnels...).
17. Nouvelles infrastructures non ferroviaires (RTET).	Nouvelles techniques de génie civil.
18. Développement de sources nouvelles de financement pour les réseaux trans-européens; transferts de ressources de la route vers le rail.	
19. Meilleure gestion du trafic.	Véhicules et infrastructures «intelligents».
20. Taxation de l'usage des infrastructures en fonction des coûts externes.	Systèmes fiables et peu coûteux de péage. Techniques de positionnement couplées avec des «puces» embarquées.
III. Amélioration de la qualité des transports pour l'utilisateur	
21. Interopérabilité des moyens de paiement.	Monétique – billétique.
22. Information intermodale des passagers.	e-Europe. Équipement des villes, des infrastructures et des usagers en techniques de communications avancées.
23. Division par 2 de la mortalité due aux accidents de la route.	Sécurité active (limitateurs de vitesse, véhicules intelligents...) ou passive. Boîtes noires. Routes «intrinsèquement sûres» («zéro accident»).
24. Sécurité des tunnels.	Systèmes efficaces d'alerte, de prévention et d'intervention en cas d'accident.
25. Échange de «bonnes expériences» sur la qualité des transports urbains.	Nouvelles techniques de transport urbain (transports guidés...).
26. Réduction de la pollution locale due aux transports motorisés.	Systèmes de piégeage des particules. Moteurs à plus faibles émissions. Techniques de gestion des trafics.
27. Développement de transports propres et économes comme réponse à l'effet de serre.	Nouvelles motorisation ou nouveaux carburants (hybrides, piles à combustible, moteurs optimisés, biocarburants, GNV, GPL, BTL...).
IV. Meilleur positionnement de l'Europe dans le monde	
28. Maintenir à son niveau actuel le partage modal dans les pays de l'élargissement (35 % de rail).	
29. Participer au système mondial de régulation des transports.	
30. Développer le système GALILEO.	Satellites et applications.

est sensiblement moins apparente. On pourrait s'étonner de cette dissymétrie si l'on oubliait ce qui fait l'originalité majeure de l'approche adoptée par le « Livre blanc » : considérer les transports européens comme un *système global* et privilégier la régulation de ses dysfonctionnements et déséquilibres majeurs – ce qui renvoie finalement, à une logique de réseau, de maîtrise des trafics et donc d'information.

II. LES PERSPECTIVES INDUSTRIELLES : LES VISIONS À 2020 DES « PLATES-FORMES TECHNOLOGIQUES »

À côté de la vision politique exprimée par le « Livre blanc », on dispose également, dans le domaine des transports, d'une explicitation claire des enjeux perçus par les industriels à travers les « visions à 2020 » des *plates-formes technologiques*.

Entre 2002 et 2004, quatre documents stratégiques à 2020 ont en effet été élaborés et publiés pour chacun des grands modes de transport :

- rapport de l'*European Rail Research Advising Council* (ERRAC) en septembre 2002 ;
- agenda stratégique de l'*Advising Council for Aeronautics Research in Europe* (ACARE) en octobre 2002, puis début 2005 ;
- « Masterplan » de l'*European maritime industry* (ERAMAR) également en octobre 2002 ;

– et enfin, la vision 2020 de l'*European road transport research advising council* (ERTRAC) en juin et septembre 2004.

À la lecture de ces documents, on constate (voir tableau n° 2) une très grande similitude de préoccupation avec, de manière quasiment « mimétique », une structuration des priorités autour de cinq grands thèmes communs :

- l'innovation dans la conception et la production ;
- l'environnement ;
- la sécurité et la sûreté ;
- la qualité de service pour les usagers ;
- et enfin, la gestion « intelligente » de la mobilité (grâce à une intégration des technologies de l'information et de la communication...)

Les quatre stratégies définissent un *agenda des technologies à développer d'ici 2020* pour atteindre des objectifs normatifs préalablement définis – en classant ces innovations par horizon de temps (2005-2010-2015-2020). Pour les transports terrestres et ferrés, un effort a par ailleurs été fait pour classer les recherches par ordre de priorité.

Il est naturellement impossible de présenter en détail ces documents très denses et précis. Dans la perspective d'une hiérarchisation des technologies-clefs, on se limitera à identifier quelques priorités ou « *innovations de rupture* » pour les différents modes – aérien, maritime, terrestre...

Tableau n° 2 : Les grands enjeux par mode : la vision des plates-formes technologiques

Transport aérien (ACARE)	Transport terrestre (ERTRAC)
<ul style="list-style-type: none"> • Qualité et coût de service pour l'utilisateur • Environnement • Sûreté • Efficacité du système de déplacement • Sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> • Mobilité des personnes et des biens • Sûreté et sécurité • Environnement, énergie et ressources • Compétitivité de l'appareil productif (conception et production des véhicules)
Transport ferré (ERRAC)	Transport maritime (ERAMAR)
<ul style="list-style-type: none"> • Interopérabilité des réseaux européens • Mobilité intelligente • Sûreté et sécurité • Environnement • Innovation dans les matériaux et les méthodes de production 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Construction navale</i> <ul style="list-style-type: none"> - conception - processus de production - recyclage - nouveaux navires - sécurité et environnement - formation 2. <i>Transport maritime</i> <ul style="list-style-type: none"> - logistique et intermodalité - environnement - sûreté et sécurité - intégration des NTIC dans la gestion des déplacements - formation des équipages

1) Le transport aérien (ACARE)

Avec 25 à 30 % de la capacité aéroportuaire et du trafic aérien mondial et plus de 40 % de la clientèle transportée et du marché de la construction aéronautique¹³, le transport aérien constitue un atout majeur pour l'économie européenne. Mais les défis auxquels il est confronté sont tout aussi considérables : croissance forte du trafic (4 à 5 % par an), hausse du prix du carburant, risques liés au terrorisme, saturation des capacités aéroportuaires et du ciel européen, concurrence du « low cost », compétition technologique américaine...

L'une des conclusions majeures de la stratégie à 2020 proposée par l'*Advisory Council for Aeronautics Research in Europe* est que ces défis ne pourront être à long terme surmontés sans des ruptures importantes à la fois dans les technologies futures et dans les concepts applicables à l'ensemble du transport aérien.

- À côté d'un agenda détaillé des recherches à réaliser par grand domaine (environnement, sécurité, qualité de service...) – voir tableau n° 3 infra – les industriels mettent ainsi l'accent sur plusieurs *innovations conceptuelles* à développer impérativement d'ici 2020 :
 - de nouveaux paradigmes en matière de système de transport (« *new concept for routing, airport systems and flow management* » e.g. « *Vertiport* ») ;
 - de nouveaux concepts pour le transport de fret (« *specific configuration fully automated* ») ;
 - de nouveaux concepts pour le transport de passagers (jets privés supersoniques, « aile volante », « *preloaded passenger modules* » ...) ;
 - de nouveaux concepts pour les avions à hélice (« *Tiltrotor* ») ;

- une nouvelle conception des moteurs (« *inter-cooled recuperated engines* », « *constant volume engines* », « *inducted fan engines* » ...) ;

- une reconception des aéroports (« *clusters of airspace* », *new « hubs and spokes » philosophies...*) ;

- et enfin, de nouveaux concepts en matière de gestion du trafic (« *control by airspace volume, dynamic sectorisation, collaborative decision making* » ...).

- À cela s'ajoute une liste de *ruptures technologiques* également indispensables à l'horizon 2020 :

- des techniques d'« autoséparation » des couloirs aériens (« *airbone spacing* », « *self separation assurance* ») ;

- des systèmes automatiques d'autoprotection contre toutes les situations à risque (attaques hostiles ou suicidaires, collision, perte d'attention des pilotes...) ;

- des systèmes de vision « tout temps » (« *total vision cockpit, vision airport tower* » ...) ;

- des techniques d'approche et d'atterrissage totalement automatiques ;

- des carburants alternatifs ;

- des dispositifs d'autonomisation des avions par rapport aux systèmes de contrôle au sol (« *changing rules between aircraft and ground in the air transport system* ») ;

- des systèmes électroniques facilitant l'enregistrement des passagers (« *hassle free check-in* ») ;

- et enfin, des systèmes automatiques de retour au sol des avions en cas d'attaque terroriste.

ACARE estimait en 2002 à 100 milliards d'euros supplémentaires le coût des recherches nécessaires d'ici quinze ans pour progresser dans ces « innovations de rupture ». En 2005, une seconde version de la stratégie proposant une approche plus globale a fait passer cette estimation à *170 milliards sur 20 ans* (voir l'encart n° 1).

Encadré n°1 : Acare 2 : un nouvel agenda de recherche pour le transport aérien à l'horizon 2020

Après la publication en 2002 d'un premier rapport stratégique, l'*Advisory Council for Aeronautics Research in Europe* (ACARE) a publié début 2005 une seconde stratégie plus ambitieuse révisant à la hausse les investissements en recherche nécessaires pour les transports aériens : *ce n'est plus 100 milliards d'euros qui sont considérés comme nécessaires pour maintenir la compétitivité industrielle dans les vingt prochaines années mais 170 milliards*. Le premier agenda (SRA 1) se concentrait essentiellement sur les technologies embarquées (voir le tableau n° 3). La nouvelle version (SRA 2) propose une approche plus globale prenant en considération tous les acteurs et « maillons » des transports aériens depuis les usagers jusqu'aux systèmes de surveillance du trafic en passant par les aéroports, les usines d'assemblage, les sous-traitants... (*approach « gate to gate »*). Trois scénarios sont envisagés : un scénario de forte croissance, avec un trafic aérien multiplié par 3,5 entre 2000 et 2020 ; un scénario à forte contrainte environnementale, beaucoup plus modéré ; et un scénario « *Bloc building* », dans lequel les tensions internationales sont fortes et l'investissement faible. À ces scénarios sont liés des « concepts cibles » (HLTC : *High Level Target Concepts*) qui correspondent à cinq axes du système de transport : ciblés sur le client, sur l'amélioration des durées moyennes, sur l'environnement, sur la réduction des coûts et enfin sur la sécurité. Les technologies correspondantes, et en particulier les *technologies de rupture*, sont développées selon ces axes et seront réajustées en fonction des différents scénarios.

L'*Advisory Council* plaide pour une diversification des partenaires financiers et pour une flexibilité dans les priorités thématiques du PCRD.

Un nouveau dispositif, le « Joint european technology initiative » (JETI) est également proposé pour établir des passerelles entre le 7^{ème} et le 8^{ème} PCRD et rendra ainsi possible une programmation à long terme. Cela pose la question du pilotage d'un tel programme sur le long terme.

¹³ 50 % pour les avions commerciaux de moyenne ou grande capacité.

Tableau n° 3 : Les technologies du futur dans le transport aérien : la vision « 2020 » d'ACARE

Issues	2010	2015	2020
Quality and affordability	<ul style="list-style-type: none"> ▪ One man cockpit ▪ Flying office ▪ Aircraft/Truck/Train compatible ▪ Pure freighter configuration ▪ Interoperable architecture 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Supersonic business jet 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fully integrated digital engineering ▪ Airport of the future ▪ Pure freight – Fully automatised aircraft ▪ Implementation of new functions in 24 months
The environment	<ul style="list-style-type: none"> ▪ All composite aircraft ▪ Ultra high bypass engine ▪ Tilt rotor validation ▪ Physics/C&D 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ New air traffic management system ▪ Flight procedure technology of 2nd generation ▪ New combustion ▪ The green factory 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flying wing ▪ Novel aircraft engine architecture ▪ Alternative fuels ?
Safety	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Synthetic 3D vision ▪ Airborne traffic situation awareness ▪ New separation awareness ▪ Vortex & cabin detector ▪ Position computation trajectory prediction ▪ Product dependability assurance ▪ Better knowledge foundations (for the crew) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Methods/systems for crew awareness ▪ Real time ground/crew assistance ▪ Airborne separation management ▪ Airport customisation ▪ Impact fire and heat protection ▪ Action plans for hazard prevention ▪ Applications for technicalogy implementation training 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Self separation assurance ▪ External hazards protection systems ▪ Permanent automatic approach ▪ Mastering human performances in ATS
Air transports system efficient	<ul style="list-style-type: none"> ▪ System wide CDM processes ▪ Intermodality (airport performances) ▪ New business model (airport) ▪ Novel airport architecture and overall process integration ▪ Cooperative design of European ATM system 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flexible and dynamic use of airspace ▪ Datalink (air-ground, air-air...) ▪ Air traffic situation awareness ▪ Enhanced airside & landside processes ▪ New runway & sequencing of airport traffic ▪ Virtual airport clusters ▪ Standard data specifications for a seamless European ATA system 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cooperative ATC with increasing delegation of A/C ▪ New ATC paradig ▪ Advanced and enhanced axe weather capabilities ▪ New concepts and techniques for security and passengers movements ▪ Vertical take off and landing feeder operation
Security	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cabin control biometrics & air ground communication ▪ Ground zone protected from hostile air craft ▪ No misuse or ATC facilities 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Automatic air craft flight to assigned airfield ▪ passengers intelligence data base ▪ Safe control of hacked aircrafts 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protection of wide areas from intrusion

2) Le transport maritime

Situé également dans un marché mondial en forte croissance (3 à 4 % de hausse du trafic par an), le transport maritime est sans doute moins exposé que le transport aérien à des défis extrêmes (saturation de l'espace, sécurité, environnement...), mais est confronté à des enjeux économiques considérables en termes à la fois d'offre commerciale (même si celle-ci a été augmentée de 50 % avec l'élargissement récent¹⁴) et de compétitivité de la construction navale, face à des pays comme la Corée, le Japon et demain l'Inde et la Chine¹⁵. C'est cette dissymétrie qui explique que la stratégie à 2020 élaborée par l'industrie maritime soit plus orientée vers les innovations en matière de produit ou de techniques de production que vers la gestion de la mobilité.

Même si une part non négligeable de la « vision » élaborée par ERAMAR porte sur la gestion des déplacements (meilleure efficacité des chaînes logistiques et de l'intermodalité, utilisation des NTIC, sécurité et service aux passagers...), la priorité est en effet donnée à l'innovation dans l'ensemble du « cycle de vie » des « produits » destinés à la navigation depuis la conception jusqu'au recyclage en passant par les processus de construction navale, les nouveaux types de bateaux ou les techniques de propulsion.

• Sont ainsi considérés comme des champs d'innovation ou de recherches prioritaires :

- la modernisation des techniques de conception ;
- l'amélioration de la productivité dans les processus de construction navale¹⁶ (automatisation, robotisation, « groupware ») ;
- la modularité des composants, les techniques lasers de découpage, les nouvelles techniques d'assemblage par adhésifs, etc.) ;
- l'utilisation de nouveaux matériaux (composites...) ou traitements de surface ;
- la « recyclabilité » des navires ;
- la réduction des émissions de polluants « classiques » (particules diesel, CFC utilisés en réfrigération, déchets...) ;
- les accroissements de puissance et la conception de navires plus rapides (bateaux de croisière, ferries mais aussi cargos...) ;
- et enfin, la conception de navires « structurellement » sûrs (application *systématique* des analyses de risque pour la conception et le fonctionnement de bateaux intrinsèquement sûrs et insubmersibles).

• Dans le domaine des techniques de propulsion et de motorisation, une certaine place est donnée aux technologies de rupture avec comme idée majeure la « marinisation » des techniques d'efficacité énergétique et de limitation des émissions de CO₂ développées dans le secteur des transports terrestres.

Est ainsi évoquée la perspective de recherches futures sur des thèmes comme :

- la propulsion « hybride » (« *dual fuel energy* ») ;
- les turbines à gaz ;
- la pile à combustible combinée avec les turbines à gaz ou les carburants dérivés du gaz.

L'horizon de temps nécessaire pour de tels développements futurs n'est cependant pas fixé avec précision et il ne semble pas que l'industrie maritime veuille jouer dans ces domaines énergétiques un rôle de précurseur ou de « prime mover ».

3) le transport ferroviaire

Pour les transports ferroviaires, les enjeux prioritaires se situent moins aux niveaux des capacités et des techniques de production qu'à ceux de la qualité de service, de la demande et de l'ouverture des réseaux. Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que la « vision à 2020 » élaborée par le « Conseil européen de recherche sur les transports ferrés » (ERRAC) mette beaucoup plus l'accent que les transports maritimes sur la *gestion de la mobilité*, avec trois des grands axes stratégiques proposés sur cinq consacrés à :

- l'interopérabilité des réseaux ;
- la mobilité « intelligente » ;
- et la sécurité des trafics.

• Dans la perspective tracée par le « Livre blanc » européen (voir *supra*), il s'agit essentiellement – pour rendre le transport par rail plus attractif – de *construire un réseau de transport ferré réellement intégré au niveau européen*, en supprimant tous les obstacles à l'interopérabilité des infrastructures, des véhicules, des modes d'accès et de paiement, des informations, etc.

En découlent un certain nombre de priorités majeures à l'horizon 2020 :

- passer à un stade d'opérationnalisation et de simplification du système européen de gestion du trafic ferré (ERTMS), en introduisant des techniques modernes de positionnement (GALILEO) ;
- rendre techniquement opérant 15 000 kilomètres de « corridors de fret » transeuropéens (techniques de couplage automatiques...) ;
- concevoir des véhicules et systèmes de propulsion compatibles avec les différents réseaux (« *Tool kit to enhance interoperability and modularity* ») ;
- mettre en place des règles d'utilisation des réseaux également compatibles d'un réseau à un autre ;
- généraliser et rendre accessible l'information multimodale ;
- optimiser les systèmes d'information utiles aux opérateurs (pour le fret ou le transport de voyageurs) ;

¹⁴ Notamment avec l'entrée de Malte et de la Pologne.

¹⁵ En 2002, la construction navale européenne occupait le troisième rang mondial derrière le Japon et la Corée (en incluant la Pologne dans l'Europe).

¹⁶ Avec comme objectif une baisse de 40 % des coûts et de 25 % des délais de fabrication.

– et enfin, mettre en place des techniques de sécurité active et passive plus performantes, à la fois pour compenser les risques de défaillance humaine et pour éviter les accidents « externes » (intrusion sur les voies...).

- Cette préoccupation majeure attachée à la gestion de la demande et de la mobilité s'accompagne néanmoins d'un second volet de propositions centré sur les techniques de propulsion et le matériel roulant.

Dans ce domaine des véhicules futurs, la stratégie définit là aussi clairement des priorités (voir tableau n° 4) :

- en *priorité 1*, les interactions « rail-roue » et les sciences de la conception ;
- en *priorité 2*, les systèmes intégrant des fonctionnalités complexes (mécatronique) et les matériels et solutions hybrides (composants modulaires, composites, « improved core material for multilayer sandwiches », « fibre reinforced plastic skin sandwiches for 3D and large 2D components », « metallic skin sandwiches for large structural components », ...) ;
- en *priorité 3*, les innovations dans les circuits logistiques de production et dans les nouveaux matériaux (aluminium, fibres, céramiques, bio fibres, résines, adhésifs...) ;

– et enfin, en *priorité 4*, les nouvelles techniques de production (automatisation, usines « pilotes » ...) et les innovations en matière de traitement de surface.

- Dans le domaine de l'environnement, l'enjeu majeur clairement défini est celui du *bruit* – avec des défis liés à la fois à l'accroissement des vitesses de roulement et au durcissement des normes européennes (réduction de 10 décibels pour le bruit de nuit).

Les économies d'énergie ou la lutte contre l'effet de serre n'apparaissent en revanche qu'en troisième priorité (voir le tableau n° 4), loin derrière le bruit et la réduction des pollutions classiques. Sont citées comme technologies devant être explorées les piles à combustible, les moteurs hybrides, les « super capacités », les cellules solaires photovoltaïques (sur le toit des usagers), les techniques passives de stockage de l'énergie pour la climatisation et les matériaux isolants. Aucune de ces thématiques n'occupe une place centrale dans la stratégie d'ERRAC.

- Le tableau n° 4 récapitule l'ensemble de ces orientations stratégiques en précisant l'horizon attendu de mise sur le marché des innovations proposées¹⁷.

Tableau n° 4 : Les enjeux prioritaires dans le domaine du ferroviaire : la vision des industriels

Axe de la recherche	Priorités 1 et 2	Horizon*	Priorités 3 et 4	Horizon*
Interopérabilité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ERTMS niveau 3 ▪ Corridors de fret ▪ Boîte à outil de l'interopérabilité ▪ Règles opératoires 	(1) (2) (2) (2)		
Mobilité intelligente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Information multimodale ▪ Information des opérateurs (fret et passagers) 	(1) (1)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Information des usagers fret ▪ Information des usagers voyageurs 	(1) (1)
Sécurité et sûreté	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diffusion d'une culture de la sécurité ▪ Recherche sur les facteurs humains ▪ Sécurité intrinsèque des réseaux 	(1) (1) (2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sécurité des systèmes d'information ▪ Outils de modélisation et simulation 	(1) (2)
Environnement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduction du bruit ▪ Réduction des émissions de polluants «classiques» 	(2) (2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficacité énergétique ▪ Conception environnementale des véhicules ▪ Développement des technologies émergentes 	(2) (2) (2)
Matériaux, véhicules et méthodes de production innovantes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interactions rail-roue ▪ Techniques et outils de conception ▪ Matériels et systèmes avec des fonctionnalités intégrées ▪ Solutions «hybrides» 	(2) (1) (1) (2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meilleure logistique des systèmes de production ▪ Nouveaux matériaux ▪ Systèmes de production innovants ▪ Nouveaux revêtements de surface 	(1) (2) (1) (1)

Légende : * horizon 1 : avant 2010
horizon 2 : avant 2020

¹⁷ Deux horizons sont distingués : avant 2010 (1), ou avant 2020 (2).

4) Les transports routiers et l'automobile

Assurant 80 % des déplacements individuels et 45 % de celui des marchandises¹⁸, les transports routiers et l'automobile constituent naturellement un enjeu majeur en matière d'innovation sur les transports. L'industrie européenne y consacre d'ailleurs 20 milliards d'euros par an – ce qui fait de ce secteur le premier en termes d'investissement en R&D à l'échelle européenne.

Partant d'une prévision de croissance à l'horizon 2020 de près du tiers pour la mobilité automobile et de 7 % pour le fret routier, la stratégie définie en 2004 par l'« *European Road Transport Research Advisory Council* » assigne à la recherche des objectifs ambitieux pour les deux prochaines décennies¹⁹ :

- une meilleure adaptation des véhicules à la diversité des usagers (personnes âgées...);
- une baisse de la mortalité routière de 75 %²⁰;
- une réduction des émissions de CO₂ au niveau des véhicules de 40 %;
- une réduction du bruit de 10 décibels;
- des émissions de polluants « locaux » proches de zéro;
- la mise sur le marché de moteurs à hydrogène avant 2020;
- un taux de recyclabilité proche de 95 %;
- une réduction de moitié du délai existant entre la conception et la mise sur le marché des nouveaux véhicules;
- et une baisse sensible des coûts de fabrication et de commercialisation.

• Pour répondre à ces défis, une cinquantaine d'axes de recherche sont proposés, répartis en *quatre grands champs* : la gestion de la mobilité, l'environnement, la sécurité et les techniques de production.

Ce qui est particulièrement intéressant dans cet agenda – du point de vue d'un exercice sur les technologies-clefs – c'est que les cinquante axes de recherche ont été hiérarchisés sur la base de deux critères : « *le bénéfique à en attendre pour la société* » et « *les difficultés de mise en œuvre* »²¹. On peut donc faire une typologie en quatre catégories de ces recherches sur la base d'un croisement de ces deux critères. C'est ce qui est fait dans le tableau n° 5 ci-après.

La catégorie la plus pertinente du point de vue des « technologies-clefs » est, semble-t-il, celle qui regroupe les recherches dont les bénéfices sont élevés mais difficiles à mettre en œuvre. On y trouve notamment :

- l'analyse des relations transport/aménagement du territoire/urbanisme ;

- le transport de marchandises en ville ;
- la protection des populations les plus vulnérables ;
- la gestion des situations d'urgence (en cas d'accident) ;
- l'économie de l'hydrogène et la pile à combustible ;
- la réduction du bruit des véhicules ;
- l'insertion des infrastructures dans l'environnement ;
- les processus coopératifs de production ;
- et les procédures pré-planifiées de production de nouveaux modèles.

On remarque qu'en dehors de la *pile à combustible* et du bruit, la plupart de ces enjeux, considérés comme difficiles à atteindre, ne sont pas purement des enjeux technologiques.

La stratégie définie par ERRTRAC illustre ainsi particulièrement ce qui fait la spécificité de la problématique de l'innovation dans les transports : la difficulté à séparer ce qui relève de la technologie et de l'évolution des comportements d'acteurs.

5) Que conclure de ces visions à 2020 ?

Au risque de réduire la richesse de ces quatre visions – pour la plupart provisoires²² – on se limitera, pour conclure ce « survol », à trois remarques :

- il existe un consensus assez large sur les enjeux majeurs « environnement », « sécurité », « compétitivité », « service aux usagers » – enjeux qui sont transversaux aux différents modes et regroupent ceux mis en évidence par le « Livre blanc » ;
- les technologies de l'information et de la communication constituent une bonne part des réponses aux différents problèmes ainsi évoqués ;
- les stratégies privilégient d'abord les solutions opérationnelles à moyen terme, ce qui fait le plus souvent passer en arrière-plan les « technologies de rupture » comme la pile à combustible. Seuls les responsables des transports aériens affichent clairement la nécessité de transformations profondes – dans les techniques mais aussi dans les concepts – pour faire face aux défis qui seront ceux de 2020.

C'est une vision assez différente qui se dégage des exercices de *foresight* réalisés sur le même thème dans les années récentes.

III. LES EXERCICES DE FORESIGHT RÉCENTS : QUELQUES ILLUSTRATIONS

À côté de la vision politique exprimée par le « Livre blanc » et de la vision des industriels européens présen-

18 Tout mode pris en compte y compris maritime (45 %).

19 Source : Ertrac, Stratégie research agenda, december 2004.

20 Dont 1/3 pourrait être réduite grâce à la recherche.

21 Les « *bénéfices pour la société* » incluent les considérations relatives à l'énergie, l'environnement, la qualité de vie, la sécurité, etc., la compétitivité européenne. Les « *difficultés de mise en œuvre* » ont trait à la maturité des technologies, les coûts de mise en œuvre, les compétences, ou l'horizon de temps. Les notes vont de 1 à 5 (source : Ertrac, Stratégie research agenda overview, octobre 2004).

22 ACARE, par exemple, élabore actuellement une nouvelle version de sa stratégie (voir l'encart n° 1).

Tableau n° 5 : Les axes de recherche prioritaires pour les industriels des transports routiers

Bénéfices élevés, mise en œuvre «maîtrisée»	Bénéfices élevés, mise en œuvre difficile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nouveaux concepts de mobilité (4,5 – 2,5) ▪ Compréhension des besoins et demandes futures de mobilité (4 – 1) ▪ Optimisation des chaînes logistiques (3,5 – 2) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aménagement du territoire et planification urbaine (4,5 – 4,5) ▪ Transport de marchandises en ville (3,5 – 4)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rôle des comportements et du facteur humain dans les accidents (3,5 – 3,5) ▪ Véhicules intelligents et assistance à la conduite (4 – 3) ▪ Procédures et outils d'évaluation de l'impact des accidents – essais biomécaniques (3,5 – 2) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protection des populations vulnérables (4 – 3,5) ▪ Gestion des situations d'urgence et de crise (4 – 3,5) ▪ Sécurité «sur mesure» (adaptée aux besoins de personnes spécifiques)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Outils d'analyse stratégique pour le choix d'options énergétiques ou de motorisation (3,5 – 1) ▪ Véhicules à basse émission (polluants locaux) (4 – 3) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pile à combustible et carburants pour la production d'hydrogène (4 – 3,5) ▪ Véhicules peu bruyants (4 – 3,5) ▪ Insertion des infrastructures dans l'environnement (4,5 – 4,5)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prévisions et monitoring des performances pour les sous-systèmes véhicules/infrastructures. Contrôle de qualité – analyses du cycle de vie (4 – 1) ▪ «Ergonomie» des processus de production («people friendly processes» (4,5 – 2) ▪ Nouveaux processus de production (flexibles, automatisés...) ▪ «Recyclabilité» des véhicules (3,5 – 1) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processus de coopérations de production – groupware (3,5 – 3,5) ▪ Évolutions de modèles pré-planifiés – nouvelles générations – (3,5 – 4,5) ▪ Nouvelles technologies de maintenance et de monitoring – systèmes électroniques (4 – 4)
Bénéfices modérés, mise en œuvre «maîtrisée»	Bénéfices modérés, mise en œuvre difficile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Systèmes et politiques de gestion de la mobilité (3 – 3) ▪ Bases de données et systèmes d'information sur le trafic (2 – 1) ▪ Réseaux «ségréatifs» – dédiés ou prioritaires (2,5 – 2,5) ▪ Service de transport à domicile – home delivery (1,5 – 1) ▪ Véhicules spécifiquement urbains. Nouveaux concepts de véhicules (1,5 – 1,5) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interfaces multimodales (3 – 3,5) ▪ Infrastructures de fret dédiées – autoroutes ferroviaires (2 – 3,5)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infrastructures intrinsèquement sûres (3 – 2,5) ▪ Sécurité des carburants (1,5 – 1,5) ▪ Systèmes de protection des passagers - air-bags... (2,5 – 2) ▪ Intervention post crash (2,5 – 1) ▪ Sécurité des marchandises (2,5 – 2) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Route «intelligente» (3 – 4,5) ▪ Nouvelle architecture des véhicules – intrinsèquement sûrs (3 – 4,5) ▪ Sécurité, vulnérabilité des infrastructures (2,5 – 3,5)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nouveaux carburants et moteurs ICE économes en énergie (2,5 – 3) ▪ Véhicules hybrides (2,5 – 2) ▪ Optimisation du trafic (1,5 – 2,5) ▪ Usage soutenable des ressources (1,5 – 2) ▪ Carburants issus de la biomasse (2 – 3) 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Banques de données sur les marchés (2,5 – 2) ▪ Prototypage rapide ou virtuel (2 – 3) ▪ Knowledge management (2,5 – 2) ▪ Nouveaux concepts de production et de processus (3 – 2,5) ▪ Nouveaux matériaux (2,5 – 3) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concepts modulaires pour la construction d'infrastructures (2,5 – 4,5) ▪ Outils de conception et de simulation pour des processus flexibles de production (2,5 – 3,5)

* La première note concerne les bénéfices pour la société (1 à 5), la seconde les difficultés de la recherche (1 à 5).

tée à travers les plates-formes technologiques, on ne peut pas ne pas tenir compte également des réflexions très riches menées récemment dans le cadre des « *Foresights* » nationaux ou internationaux sur le thème des transports.

Le problème est que les transports ont suscité depuis quelques années énormément de travaux de ce type à toutes les échelles²³. On se limitera donc ici arbitrairement à cinq illustrations choisies d'abord pour la diversité de leurs approches et leur focalisation sur la technologie : le récent DELPHI mené dans le cadre de l'ERANET « Transport », la « Vision 2050 » du *National Science and Technology Council* américain ; les 100 « Technologies-clefs françaises » ; le « *Foresight Vehicles* » anglais ; et enfin, les préconisations de l'Agence internationale de l'énergie sur « les technologies énergétiques du futur ».

1) Les priorités de recherche de l'ERANET « Transport » (2004)

Mis en place en 2003, l'ERANET « Transport » rassemble 16 pays européens qui se sont associés pour coordonner leurs efforts en matière de recherche sur les transports. Pour identifier les priorités en matière de coopération européenne, un questionnaire « DELPHI » a été lancé en fin 2004. Il donne une bonne illustration des préoccupations des différents pays sous un angle précis qui est celui de la contribution de la recherche aux *politiques publiques*.

Six grands enjeux ont été identifiés et précisés par les réponses au questionnaire :

1. *L'accès à la mobilité et l'équité sociale*

C'est une des originalités de l'ERANET de mettre l'accent sur les risques d'exclusion et d'inégalité liés à la fois au vieillissement démographique et à la dépendance automobile, mais aussi aux conséquences des politiques de transport : effets de la tarification et des choix en matière de services publics, ou surcoûts liés à l'introduction de nouvelles technologies. Un surcroît d'innovation en matière de service aux usagers, de tarification ou de maîtrise de l'étalement urbain, devrait permettre d'atténuer ces risques.

2. *L'adaptation des transports aux nouveaux contextes économiques*

De nouvelles connaissances apparaissent comme nécessaires pour mieux anticiper les conséquences de la mondialisation des échanges, de la dérégulation des transports, de la crise des finances publiques, et surtout de la hausse durable du prix du pétrole. Face à ces bouleversements, d'importants progrès en matière de coût des infrastructures, d'efficacité des processus industriels, de logistique ou d'ingénierie financière apparaissent comme indispensables.

3. *La sécurité et la sûreté*

Des avancées considérables sont à attendre des nouvelles technologies – aides à la conduite, systèmes anticollision, sécurité intrinsèque des véhicules, utilisation du GPS...

Mais il reste un décalage majeur entre sécurité perçue et sécurité réelle, et surtout de nouvelles vulnérabilités apparaissent : vulnérabilité de personnes fortement exposées (piétons, personnes âgées...), terrorisme, fragilité des systèmes complexes, effets secondaires des innovations technologiques (allongement des véhicules, perte de vigilance...). Il faut intégrer ces nouvelles vulnérabilités dans une conception globale de la sûreté.

4. *L'efficacité des systèmes de transport*

Les défis à surmonter pour aller vers une meilleure efficacité des systèmes européens de transport sont multiformes : réduction de la congestion par une meilleure gestion des trafics, développement de l'intermodalité et de l'interopérabilité, standardisation des composants pour les véhicules ; harmonisation des normes, tarification plus efficace, optimisation de la logistique et du fret ferré... C'est un enjeu majeur pour l'Europe – dans la perspective de l'élargissement.

5. *La satisfaction des usagers*

Comme le « Livre blanc » européen, les experts au sein de l'ERANET ont comme préoccupation importante de « *mettre l'utilisateur au centre du système des transports européens* ». Il s'agit à la fois de prendre en compte la diversité des demandes de tous les usagers – y compris des demandes liées aux loisirs – et d'intégrer progressivement le consommateur dans les processus de production des produits (« *customérisation* »).

Une partie de la réponse réside dans l'amélioration et l'ouverture des systèmes d'information – qui doivent permettre à tout moment d'optimiser et d'orienter les décisions des utilisateurs.

6. *L'environnement*

Dans ce domaine d'intérêt majeur pour les Européens, d'autres préoccupations que le bruit des transports routiers ou l'effet de serre lié à l'automobile, devraient pouvoir être mieux pris en compte. C'est le cas, par exemple, de la pollution de l'air local ou des impacts écologiques de l'aviation. Les technologies semblent exister mais on constate qu'elles restent peu utilisées et souvent mal acceptées.

Les participants de l'ERANET mettent ainsi en conclusion l'accent sur quelques priorités de recherche :

- la prise en compte de la dimension sociale dans les politiques de tarification et de transport urbain ;
- l'anticipation de la crise du pétrole ;
- l'impact de la « dérégulation » des transports européens ;
- l'interopérabilité et ses conditions ;
- les applications de GALILEO ;
- les stratégies d'harmonisation des normes techniques ;
- la qualité du fret ferroviaire ;
- l'information multimodale ;
- l'acceptation des nouvelles technologies.

²³ On pourrait évoquer, notamment au niveau européen, les très nombreux travaux de l'IPTS de Séville et les multiples *Foresights* lancés à l'initiative de la DG TREN et de la DG Recherche.

Il s'agit, comme on le constate, de questions à l'interface entre la technologie et la socio-économie de l'innovation.

2) La « vision 2050 » du National Science and Technology Council américain (2001)

Publiée aux États-Unis en février 2001²⁴, la « vision 2050 », élaborée par le *National Science and Technology Council* et le *Federal Transport Advisory Group*, a la particularité de proposer une vision « holistique » et totalement intégrée du système américain de transport à l'horizon des prochaines décennies. L'objectif n'est pas de proposer une stratégie précise de recherche²⁵ mais plutôt de *donner une cohérence d'ensemble à un projet* de transformation en profondeur du système actuel de transport. Partant d'une hypothèse pessimiste sur la capacité du système américain de transport à faire face à la fois à une multiplication par trois d'ici 2050 de la demande de mobilité, à une stagnation des investissements et à une crise du pétrole²⁶, le *Transport Advisory Board* propose une « vision à cinquante ans » reposant sur quatre piliers :

- l'accès de tous à la mobilité, en tout temps et tout lieu ;
- une circulation avec zéro mort et zéro blessé ;
- la non dépendance énergétique des États-Unis ;
- et enfin, la « compatibilité » à l'environnement.

Le système à concevoir dans cette perspective peut se résumer à six « i » : « **intégré** », « **intermodal** », « **inclusif** », « **intelligent** », « **innovant** », « **international** ».

Le concept central de la vision est celui d'*intégration*. Il s'agit – essentiellement grâce aux nouvelles technologies de l'information – d'assurer une complémentarité ou une substitution totale entre les quatre grands modes de « transport » : le terrestre, le maritime, l'aérien... et les télécommunications. L'« e-économie », le télétravail, la téléportation, les télé-opérations sont ainsi explicitement intégrés à la politique de transport – ce qui est la grande originalité de cette vision.

Dans ce cadre global, la vision comprend trois grands axes : la mobilité, la sécurité et l'environnement (énergie).

- En matière de *mobilité*, il s'agit avant tout de « décloisonner » les différents modes pour aller vers plus d'efficacité globale grâce à l'interopérabilité de réseaux, une intermodalité effective, une meilleure information, des lieux d'échange, l'utilisation du GPS, de véhicules intelligents, des outils performants de modélisation... Il s'agit ainsi de substituer des échanges virtuels aux déplacements... quand cela est possible.

- En matière de *sécurité et de sûreté*, la priorité est donnée à la connaissance de comportements humains, aux « interfaces homme/machine », et à l'adaptation des

véhicules aux besoins et capacité des opérateurs ou usagers. L'éducation, les aides à la conduite, l'automatisation des véhicules, les techniques de sécurité intrinsèque, les systèmes de détection des risques... doivent être développés en intégrant cette dimension humaine, l'objectif étant de prendre en compte simultanément les véhicules, les infrastructures, l'environnement... et les usagers, dans tout effort de conception de nouveaux systèmes de transport. La vision anticipe par ailleurs de nouvelles menaces liées au terrorisme (c'était avant septembre 2001 !).

- Enfin, en matière d'*environnement et d'énergie*, un équilibre est proposé entre des avancées technologiques radicales (décarbonisation des carburants, transition vers une économie de l'hydrogène, véhicules électriques...) et des politiques de maîtrise de la mobilité (substitution des télécommunications au transport, promotion de formes urbaines plus compatibles avec l'environnement...).

- On retrouve ce souci de l'équilibre dans les pistes de recherche proposées qui vont des techniques de communication et de simulation aux sciences sociales et économiques... en passant par les nouveaux matériaux, les nanomatériaux ou les nouvelles technologies de propulsion.

Le message que cherche finalement à transmettre ce court document est ainsi parfaitement clair : *il ne peut y avoir de recherche sur les transports futurs que systémique et globale.*

3) L'exercice français des « 100 technologies-clefs » (2000)

Mené sous l'égide du ministère français de l'Industrie en 1999-2000, l'exercice « 100 technologies-clefs à l'horizon 2005 » est à la fois beaucoup plus limité dans ses ambitions et son horizon que la vision 2050 – puisqu'il s'agit de hiérarchiser des technologies à un horizon de dix ans et plus vaste, puisque les transports ne sont qu'un des secteurs pris en compte parmi une dizaine d'autres.

L'intérêt de l'exercice est qu'il conduit à sélectionner un nombre limité de « technologies-clefs » correspondant à la fois aux attentes du marché et à l'offre d'innovation ou de recherche existantes. Il s'agit des **12 technologies suivantes** :

- l'architecture électrique ;
- l'architecture électronique (informatique répartie et multiplexage dans les véhicules) ;
- les problèmes de compatibilité électromagnétique ;
- les composants électroniques de moyenne puissance ;
- la sûreté des systèmes (embarqués et des infrastructures) ;

24 Source : « Vision 2050 – An integrated national transportation system » – *Federal Transportation an Advisory Group and National Science and Technology Council*, février 2001.

25 La vision est complétée par un autre rapport du *National Science and Technology Council* publié en 2000 : « *National Transportation Strategic Research Plan* », articulé autour de six axes : « Human performance and behavior », « Advanced materials and structures », « Computer, information and communication systems », « Energy, propulsion and environmental engineering », « Sharing and measurement » et enfin, « Analysis, modeling, design and construction tools ».

26 Les transports consomment 13 millions de barils par jour de pétrole, soit l'équivalent de la production domestique américaine et de la moitié des importations. La « vision » prévoit le « peak oil » en 2020.

- l’ergonomie de l’interface homme-machine (pilotage des véhicules ou d’installations) ;
- l’amélioration des performances énergétiques d’ensemble de véhicules (moteur à fort rendement, allègement, gestion du trafic, ...) ;
- les piles à combustible ;
- les véhicules intelligents et communicants ;
- les moteurs thermiques et la réduction des émissions (filtres à particules, carburants alternatifs, injection directe...) ;
- les capteurs intelligents ;
- et enfin, l’élaboration de composites et de nouveaux matériaux.

Parmi l’ensemble des analyses et évolutions qui accompagnent cet effort de hiérarchisation, deux conclusions se dégagent tout particulièrement :

- on ne dispose pas *aujourd’hui* de l’information nécessaire pour arbitrer entre les différentes technologies en concurrence sur les nouvelles formes de motorisation et de stockage de l’énergie (véhicules électriques, hybrides, pile à combustible...) ;
- « l’électrique-électronique » constitue pour presque la totalité des technologies évoquées un point critique, avec comme enjeu majeur la sûreté de fonctionnement de systèmes intelligents de plus en plus automatisés et intégrés.

Comme dans la plupart des autres rapports, on constate une dissymétrie de nature entre la question des alternatives énergétiques et tous les autres enjeux technologiques.

4) Le « Foresight vehicles technology roadmap » anglais (2004)

Le « Technology Roadmap » sur les véhicules routiers, publié récemment par le ministère du Commerce et de l’Industrie (DTI) anglais et la *Society of Motors Manufacturers (SMMT)*²⁷, se situe dans une perspective beaucoup plus opérationnelle, mais aussi sur un champ beaucoup plus limité que l’exercice français sur les « technologies-clefs », puisqu’il s’agit de définir une stratégie de recherche précise à l’horizon 2020 pour les seuls véhicules routiers. Cet exercice de « roadmap » n’est lui-même qu’un des éléments d’un programme de Foresight sur les véhicules commencé en 1996 – avec, comme dans tous les « roadmaps » – deux préoccupations majeures : fixer consensuellement des objectifs à atteindre et définir les étapes, les « courbes d’apprentissage », nécessaires pour y parvenir.

Les objectifs proposés à 2005, 2010, 2020 sont comparables à ceux de la plate-forme européenne ERTRAC et des travaux, assez voisins, menés au niveau européen par le réseau Furore²⁸. Soit notamment en 2020 :

- une division par deux des coûts de production des véhicules ;

- une baisse de 40 % de la mortalité ;
- un taux de satisfaction des usagers de 85 % ;
- une baisse de moitié de la pollution classique de l’air, de 6 décibels pour les niveaux de bruit et une émission de 90 grammes de CO₂ par kilomètre pour les véhicules.

Pour réaliser ces objectifs, la « roadmap » cible les progrès technologiques nécessaires sur *cinq grands champs clés* (« key technology areas ») :

- l’architecture et l’amélioration des performances de moteurs (*engine and powertrain*) ;
- les motorisations « alternatives » : hybrides, piles à combustibles, nouveaux carburants ;
- les nouveaux développements dans le « software », les capteurs, l’électronique et la télématique ;
- les progrès dans les structures et les matériaux ;
- et enfin, les techniques de conception et de fabrication.

Dans chacun de ces cinq champs, les options techniques sont précisées – ainsi que naturellement leur horizon de mise sur le marché (voir le tableau n° 6 infra)²⁹.

La grande originalité de l’approche est de chercher une *intégration maximale de toutes les fonctions* et de tous les objectifs (réduction des coûts, économie d’énergie, sécurité...) au niveau le plus opérationnel possible, qui est celui des grands sous-systèmes techniques : moteurs, carburants, structure, software... D’où par exemple, une attention particulière à des aspects généralement peu pris en compte comme l’intégration des piles à combustible dans l’architecture globale des véhicules (« *fuell cell auxiliary systems* »), la recherche d’une meilleure compatibilité et d’une réduction des coûts de l’ensemble des « software », ou encore la mise en place de « circuits » courts de décision entre les ateliers de fabrication et les consommateurs (ateliers « flexibles »). C’est l’amorce d’une *approche systémique raisonnée* de l’ensemble véhicules/infrastructures/usagers/constructeurs.

5) La stratégie de recherche de l’Agence Internationale de l’Énergie à 2050

Toutes les réflexions précédentes ont en commun de partir d’une perspective sectorielle qui est celle des transports. On ne peut cependant ignorer la masse tout aussi considérable de « Foresights » qui abordent les transports à travers une autre perspective : celle de l’énergie. Dans cet ensemble de réflexions, la plus remarquable et opérationnelle publiée récemment est celle de l’Agence Internationale de l’Énergie – « *Energy Technology for a sustainable future* », dans laquelle une attention particulière est portée au problème des transports³⁰.

Face à la perspective d’une augmentation à l’horizon 2030 de 50 % des émissions de CO₂ et de la consommation de pétrole dû aux transports, le rapport de

27 Source : « *Foresight vehicle technology roadmap* », version 2.0, 2004, Society of Motors Manufacturers.

28 *R&D Technology Roadmap*, Furore, Future Road Vehicle Research, 2003, EARPA, www.furore-network.com.

29 Pour des raisons de simplification, le tableau ne précise pas ces horizons temporels (2010-2015-2020) qui sont pourtant au cœur de l’exercice.

30 Source : International Energy Agency, *Energy for a sustainable Future, Transport, Technology briefs*.

Tableau n° 6 : Technology and research directions for future road vehicles (UK)

Main themes	Roadmap (selected illustrations)
I. Engine & powertrain	
Thermal & mechanical efficiency	<ul style="list-style-type: none"> • Gasoline direct injection • Camless engines • Electronic drive train • Zero warm-up time • Downsized boosted engines
Performance and driveability	<ul style="list-style-type: none"> • Engines capable of running on almost any kind of weather • Automated manuals with complex strategies • Active control adapting to driving and road conditions
Emissions	<ul style="list-style-type: none"> • Downsized engines • Particulate traps • Fuel diesel HCCI • After treatment modelling tools • Integrated starters
Recyclability and durability	<ul style="list-style-type: none"> • 100 % recyclability • Smart on board diagnostics • Zero maintenance powertrain • Scaled for life engines
Weight and size	<ul style="list-style-type: none"> • New lightweight materials • Reduced size cooling systems • Increasing use of plastics/composites • Use of nano materials
Safety	<ul style="list-style-type: none"> • Power control systems • Pit lane technology to limit vehicle speed
II. Hybrid electric and alternative fuelled vehicles	
Fuel access	<ul style="list-style-type: none"> • “Niche” development (2010) • Fleet development (2020) • FC components increasing system efficiency • Hydrogen storage and cost
Hybrid powertrain	<ul style="list-style-type: none"> • Mild hybrids • Full hybrids • Low cost electric motors • In home fast battery charging
Advanced internal combustion engines	<ul style="list-style-type: none"> • GDI • Downsize boosted engines • Multi fuel engines • Intake charge cooling • Optimum cycle (HCCI/CAI)
Electric and electronics (for energy and drive systems)	<ul style="list-style-type: none"> • Improvement of auxiliary (FC) • Low cost of electric motors • Electric braking • Magnetic materials for hybrid/fuel cells • High voltage vehicle systems • High power density energy storage • Advance network control systems
Alternative fuels	<ul style="list-style-type: none"> • LPG, CNG, Biofuels (20 %, 2020) • Seal materials for biofuels • Home fueling capability (CNG) • Bio diesel infrastructures development • H₂ from nuclear energy
System integration and infrastructure	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation procedures for component performances • System approach to vehicles design • Zero emission hydrogen refuelling • Vehicle thermal management • Integrated management of energy between all systems
Design and manufacture	<ul style="list-style-type: none"> • Supplier led vehicle concept • Tools for rapid prototyping • High specific strength materials • Low cost driving simulators

III. Advanced software and sensors	
Shift to software	<ul style="list-style-type: none"> • Low cost adapting cruise control • New sensors • 360° vehicle sensing • Lane keeping support • Minimum cost routing • Neural network software
Access and use of vehicles	<ul style="list-style-type: none"> • Electronic vehicle identification • Intelligent speed adaptator fully automatised • Road user charging devices • Smart card entry • Biometric drivers recognition
Architecture and reliability	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastructure/vehicle cooperative systems • Effective intermodal systems • Common architecture systems used by all manufacturers
Human vehicle interaction	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptative systems for older drivers • Voice technologies • Compensation for human errors (driving impairment monitors) • External control of vehicle speed • Sensors for position management
Information management	<ul style="list-style-type: none"> • Reliable traffic datas • Mobile broadband internet • Real time traffic information • Anti terrorism prevention • Managed travels

IV. Advanced structures and materials	
Safety	<ul style="list-style-type: none"> • Harmonized passive and active safety systems & standards • Better absorption in crashes • Flimsy vehicles for urban operation • On board performance monitoring
Product configuration and flexibility	<ul style="list-style-type: none"> • Modularisation • Multiplex electronics • Up gradable vehicles • Short term reconfigurations (leisure...)
Economics	<ul style="list-style-type: none"> • Cheaper low weight structural materials • Integral noise damdening • Advance in coasting technologies • Elimination of paintshop
Environment	<ul style="list-style-type: none"> • “Life cycle” management • Emphasis on recyclability • Re use of components • Improved high strength lightweight structures • New magnesium alloys • Weight savings in parallel with new fuels, fuel cells...
Manufacturing systems	<ul style="list-style-type: none"> • Highly modular flexible platforms • Modularisation • Customer configurable and modular vehicles • Lower volume vehicles using low investment technics • Design for dismanting • Microfactories

V. Design and manufacturing processes	
Life cycle	<ul style="list-style-type: none"> • Simple polymer high strength structural composites • Modular vehicles • Zero waste (100 % recyclability) • Design for dismanting • Reuse components • Up gradeable vehicles
Manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> • New metrics for manufacturing systems & simulation tools • No paint shops • Off live virtual prototyping • Class a thermoplastics • “Cameleon” cars • Customer informed design • Low investment manufactures for more flexibility micro factories • Platform sharing
Integration	<ul style="list-style-type: none"> • Modularisation of systems • Easy parts change • Multi functions structures – integrated electronics • Modular engines and transmissions • Collaborative knowledge sharing

l'AIE s'attache à définir « le portefeuille » de technologies et d'actions qui pourraient d'ici 2050 « *fournir la fondation d'un développement durable des transports pour l'ensemble des pays de l'OCDE* ».

La perspective est celle de changements radicaux puisqu'il s'agit d'évoluer progressivement vers un système de transport qui reposera principalement sur d'autres énergies que le pétrole et dont les émissions de CO₂ seront très faibles (moins du tiers de la situation actuelle) et à la limite proche de zéro.

Faute de pouvoir refléter la richesse de ce document, on se limitera aux messages essentiels et aux conclusions en termes de recherche.

- Le premier message porte sur les *performances* des différentes technologies susceptibles de réduire les émissions de CO₂. Pour l'AIEA, seules trois technologies, la propulsion électrique, la pile à combustible fonctionnant avec des énergies non fossiles (ou avec des systèmes de captation du CO₂) et les biocarburants issus de la biomasse ligneuse ou cellulosique, seront susceptibles d'apporter à terme des gains significatifs en réduction des émissions (gains supérieurs à 90 %). *Elles constituent donc pour le futur les technologies essentielles* (voir l'encadré n° 2 ci-après).

Viennent ensuite – avec des gains potentiels maximaux supérieurs ou égaux à 50 % – la propulsion hybride, l'allègement du poids des véhicules et les biocarburants diesel issus des cultures (oil, ...).

En revanche, les gains à attendre d'une meilleure efficacité des moteurs actuels, du gaz naturel, du gaz de pétrole liquéfié (LPG), du diméthyl ether (DME), de l'éthanol ou du méthanol (au stade actuel des technologies) ne pourront être que plus modestes (entre 10 et 30 %).

Le deuxième message est qu'*aucune stratégie durable ne pourra reposer sur une technologie unique* et qu'il faudra donc nécessairement les combiner, en s'attachant notamment à articuler efficacement des solutions de court ou moyen terme (efficacité des moteurs actuels, véhicules hybrides...) et des solutions de long terme.

Le troisième message est qu'*en ce qui concerne les technologies de rupture* comme la pile à combustible ou les nouveaux biocarburants, il faut dès à présent aborder *simultanément* les questions liées à la motorisation et aux véhicules, celles relatives à la production des nouvelles énergies et celles qui touchent aux réseaux d'approvisionnement. *L'AIEA recommande également de ne pas dissocier la problématique des transports, de celle plus globale de l'énergie* – notamment pour optimiser la répartition des énergies disponibles entre demandeurs finaux.

- Ces trois messages centraux se traduisent par des recommandations précises en matière de recherche appliquée ou fondamentale.

Douze axes de recherche apparaissent ainsi comme prioritaires :

- l'efficacité énergétique des véhicules et des moteurs ;
- l'optimisation des déplacements (autoroute automatique, transports guidés, systèmes de navigation...) ;

- le consentement à payer des consommateurs pour les nouvelles technologies ;
- les techniques de production de la biomasse et le développement de technologie à bas coup pour la production et le stockage d'hydrogène ;
- l'évaluation précise du rôle potentiel de l'éthanol à base de cellulose et des autres biocarburants à base de biomasse ;
- les systèmes de distribution multicarburants ;
- la captation du CO₂ ;
- les utilisations des nouvelles énergies comme l'hydrogène et les biocarburants dans le transport aérien ;
- les modèles d'allocation optimale des énergies « clefs » – biomasse, électricité, hydrogène entre les transports et les autres secteurs ;
- l'application des nanotechnologies (notamment pour le stockage de l'hydrogène) ;
- les nouveaux matériaux (pour l'allègement des véhicules) ;
- et enfin, l'électrochimie de base (pour la mise au point de nouvelles batteries).

Comme on le constate, il s'agit de recommandations très utiles – et argumentées – dans la perspective des technologies-clefs pour les transports.

IV. QUELQUES CONCLUSIONS

Même si l'état des lieux précédent est volontairement limité, il permet néanmoins de tirer quelques conclusions qualitatives intéressantes sur la représentation des enjeux politiques et technologiques liés aux transports par les acteurs européens :

- on constate, d'abord, une très grande profusion et richesse des réflexions qui couvrent en fait presque tout le spectre possible des enjeux liés aux transports (sauf, peut-être les problèmes sociaux, les questions de gouvernance et les stratégies de réduction de la mobilité) ;
- même si toutes les composantes et toutes les finalités du domaine sont abordées (depuis la compétitivité des industries jusqu'au service aux usagers en passant par l'intermodalité ou la sécurité), on observe que l'*environnement* et les problèmes d'*énergie* sont au cœur de la plupart des exercices, ce qui positionne souvent l'efficacité des matériaux, la pile à combustible et les biocarburants en première ligne ;
- en dehors du domaine de l'énergie, les propositions se situent plutôt dans le registre des *améliorations incrémentales* (ou des innovations dans les « process ») avec un rôle majeur joué par les technologies de l'information et le « software ». Peu de ruptures majeures sont citées dans les concepts ou dans la mise sur le marché de modes entièrement nouveaux, sauf dans le domaine de l'aviation (« aile volante » ...) ;
- peu de travaux analysés proposent des *hiérarchies* de technologies-clefs clairement explicites – sauf la plate-forme ERTRAC et l'exercice sur les technologies-clefs réalisé en France. Les données sur le coût

Encadré n°2 : Essential long-term technologies

Electric and Hybrid Vehicle Systems: Hybrid vehicles are nearly commercial, but substantial cost reductions are still needed for these vehicles to eventually become «standard equipment» on new light-duty and heavy-duty road vehicles. Improvements that allow systems to provide greater power while preserving the fuel efficiency benefit are also needed. Purely electric vehicles and «pluggable» hybrid electric vehicles (which can be recharged using external sources of electricity) are unlikely to become commercial without improvements in batteries (below).

Fuel Cell Systems: Although much R&D and testing of fuel-cell propulsion systems for vehicles is underway world wide, these systems are still in the early stages of development. Needed advances include greater power density, less costly and lighter materials, and streamlined system designs, the ability to mass-produce propulsion systems, and improvements in system reliability and in ability to handle real-world driving conditions.

Electricity Storage Technologies: The energy density of batteries remains relatively low. Better batteries with higher energy storage density at lower cost will be important to hybrid vehicles, electric vehicles, and probably fuel-cell vehicles as well. (The latter are likely to include regenerative braking and even full hybrid systems for maximum efficiency.) Fundamental research is focusing increasingly on alternatives to batteries, such as ultra capacitors and flywheels. A major breakthrough in one of these areas will provide an important boost to virtually all «next-generation» vehicle technologies.

Hydrogen Storage Technologies: As mentioned above for batteries, a major shortcoming of advanced vehicle technologies, compared with today's conventional vehicles, is the need for energy storage on board the vehicle. For hydrogen and electric vehicles, the required storage volume may be twice the size of that used in today's gasoline-powered vehicles, for a similar driving range. New hydrogen storage systems, involving much higher pressures or dissolution in a ceramic matrix, are being researched with the hope that, eventually, much higher storage densities can be achieved.

Hydrogen Production and Distribution Technologies: A key consideration «upstream» of hydrogen-powered vehicles will be where this hydrogen comes from and how it is delivered to vehicles. There are many possibilities, ranging from reforming hydrogen on-board vehicles to producing it at fuelling stations (from natural gas or electricity) to producing it at central stations and shipping it to fuelling stations using trucks or pipelines. All options have strengths and weaknesses and need to be tested and compared, although some approaches, such as reforming hydrogen from natural gas without accompanying CO, capture and storage, clearly will not result in near-zero upstream emissions. Even for zero-emissions options (such as electrolysis using renewably-generated electricity), it is unclear whether a zero-emissions approach to producing hydrogen for transport makes sense when there is still the opportunity to replace non-zero-emissions generation of electricity for other purposes. Integrated system studies of transitions to zero-emission electricity systems are needed to address this question.

Cellulosic Ethanol Production Technologies: Today, most ethanol in IEA countries is produced from starch or sugar crops. Much greater overall efficiency, and lower greenhouse gas emissions, could be achieved if the cellulosic parts of plants (or plants composed mainly of cellulose) could be converted to alcohol. A variety of approaches are being researched to do this, and to increase the net efficiency and lower the costs of known processes. Approaches include acid hydrolysis and enzymatic hydrolysis. The concept of «bio-refineries» is being developed, whereby industrial plants are designed to make use of all parts of a plant (sugar, starch, and cellulose), and co-products are used to the maximum extent possible. Resulting products can include fuels, chemicals, plastics and electricity. This approach could reduce net costs for ethanol production substantially. It could even reduce net CO₂ emissions to below zero, if, for example, co-generated electricity displaced high-emissions electricity from other sources.

Source : AIE, 2004.

des recherches à réaliser ou sur le positionnement comparatif de la recherche européenne par rapport à son concurrent sont très rares ;

- enfin, on constate qu'en dehors du *Foresight* anglais sur les véhicules et du rapport de l'AIE sur l'énergie, **la plupart des analyses ne prennent pas explicitement appui sur des travaux de prospective.**

C'est sans doute dû, pour partie, au fait que les approches sont majoritairement normatives et opérationnelles – avec comme enjeu, la recherche de solutions consensuelles (et non l'exploration de problèmes nouveaux). Mais cela reflète aussi *une difficulté plus générale qui est celle de l'articulation entre des approches systémiques des transports (qui est, par exemple, celle du « Livre blanc ») et des approches plus technologiques qui restent essentiellement marquées par la séparation des modes (aériens, maritimes, routiers, ...).*

Comité de rédaction de la série “Synthèses et Recherches” : Maurice Abeille (CERTU), Michel Bonetti (CSTB), Gérard Brun (DRAST), Marlène Choukroun (INRETS), Bernard Duhem (PREDIT), Jean Frebault (CGPC), Anne-Marie Fribourg (PUCA, DGUHC), Jean-Claude Gallety (CERTU), Claire Gillio (PUCA), André Peny (DRAST), Franck Scherrer (Institut d'Urbanisme de Lyon) et Bertrand Soyez (MGC).

Directeur de la publication : Jacques Theys, Responsable du Centre de Prospective et de Veille scientifiques et technologiques – Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer – DRAST-CPVST, Tour Pascal B, 92055 La Défense cedex 04
Tél. : 01 40 81 63 23

Rédacteur en chef : Sébastien Maujean

Secrétariat de rédaction : Jérôme Morneau – E-mail : jerome.morneau@equipement.gouv.fr

Diffusion : Bénédicte Bianay – Tél. : 01 40 81 63 23 – E-mail : benedicte.bianay@equipement.gouv.fr

Publications du CPVS en ligne sur le site Internet : http://www.equipement.gouv.fr/recherche/pvs/accueil_pvs.htm

Conception, réalisation, impression : Le Clavier – Achievé d'imprimer – 4^{ème} trimestre 2005

Dépôt légal n° 5145 – ISSN : 1268-8533.
