

Verkehr und Umwelt
Wechselwirkungen Schweiz - Europa
Nationales Forschungsprogramm 41

Transport et environnement
Interactions Suisse - Europe
Programme national de recherche 41

Transport and Environment
Interactions Switzerland/Europe
National Research Programme 41

Module F

Panos Tzieropoulos
Andreas Thalmann
Daniel Emery
Robert Rivier

Un Swissmetro au bout du tunnel ?

Technologie: potentiels et effets
Synthèse partielle du Module F

Sommaire

1. QUESTIONS FIL ROUGE DU MODULE	1
1.1 Des questions importantes et opportunes	1
1.2 Des questions utiles et justifiées	2
1.3 Contexte particulier du module F du PNR 41	3
2. TRANSPORTS TERRESTRES GUIDES ET AVANCEES TECHNIQUES	5
2.1 Tendances actuelles de la recherche et du développement	5
2.2 Analyse fonctionnelle des enjeux	7
2.3 Focalisations du Module F du PNR 41	11
3. LES TRAVAUX DU PNR 41	13
3.1 Potentiel technique de développement du chemin de fer	14
3.2 Méthodes d'évaluation technologique appliquées aux transports à grande vitesse	17
3.3 Incidences spatiales de la grande vitesse	23
3.4 Bilan écologique d'un Swissmetro à l'échelle européenne	28
3.5 Évaluation de la demande du Swissmetro	33
3.6 Les risques liés aux accidents en tunnel	36
4. LES ENSEIGNEMENTS	39
4.1 Pour le décideur	39
4.2 Pour la recherche	41
4.3 Questions ouvertes	43
5. REFERENCES	45
ANNEXE: LISTE DE PROJETS DE L'UNION EUROPEENNE	53

Un Swissmetro au bout du tunnel ?

Technologie: potentiels et effets Synthèse partielle du Module F

Résumé

Deux questions en guise de fil rouge

Les travaux du module F du PNR 41 sont articulés autour des deux questions suivantes:

- *Quelles seront les conséquences de certaines technologies choisies et de leur développement sur le trafic, l'environnement, l'économie et la société?*
- *Quels procédés se prêtent-ils à l'analyse des nouvelles technologies?*

La première question touche l'essence même de l'apport du progrès technique. Les réponses apportées intéressent non seulement les chercheurs, mais aussi et surtout les décideurs. Ce sont ces derniers qui valideront une percée technique et pousseront à sa réalisation ou, au contraire, la freineront et en confineront l'intérêt au seul monde de la recherche. La seconde question concerne plus particulièrement la recherche, car elle porte sur la méthode. On retrouve ainsi, à travers ces deux questions le binôme *monde politique - monde de la recherche*, caractéristique de l'ensemble des travaux du PNR 41.

Le poids de Swissmetro ou la servitude de l'actualité

Sous un titre de portée très générale, les travaux du module F ont été très fortement marqués par le poids de Swissmetro. L'importance de ce projet sur un plan national est indéniable. Cette question a fortement mobilisé l'opinion des chercheurs et des décideurs au moment même où le PNR 41 a été conçu et entrepris. Saisir l'opportunité du moment est bien la preuve que la recherche n'est pas insensible au contexte social. Cependant il convient d'éviter le piège qui tend à réduire au seul Swissmetro le développement technologique des transports dans un avenir palpable. Les enjeux sont variés et multiples.

Le monde des transports en ébullition technologique

Par une dialectique, parfois subtile, entre l'évolution des perceptions et des besoins sociaux, l'opportunisme du développement technologique et la sensibilité de la société et des groupes multiples qui la composent, le gros effort de recherche en matière de transports en commun terrestres s'inscrit dans l'un ou l'autre des quatre axes de recherche suivants:

- la grande vitesse, qui façonne la géographie humaine;
- la problématique de l'environnement et du développement durable;
- l'espoir suscité par le transport combiné, qui tente d'associer le meilleur de deux mondes;
- l'efficacité économique du chemin de fer qui pourrait résulter de la séparation entre la gestion des infrastructures et l'exploitation.

Du point de vue fonctionnel, les enjeux du développement technique sont:

- *l'intermodalité*, avec pour point de mire une utilisation enfin efficace et performante du système des transports en tant qu'ensemble, permettant de composer facilement des chaînes de transport impliquant pour chacun des maillons le mode de transport le mieux adapté;
- *la tarification et billettique*, qui pourra révolutionner la manière dont nous utilisons le système des transports;
- *l'information aux passagers*, avant et pendant le déplacement, qui facilitera grandement l'usage du système et améliorera sa crédibilité aux yeux du public;
- *l'automatisation à tous les niveaux*, qui va profondément modifier le type d'interaction entre l'homme (personnel et usagers) et le système;
- *les systèmes de sécurité et de régulation du trafic*, qui vont concentrer une bonne partie de l'effort de recherche dans un futur immédiat; ce point est lié au précédent, ainsi qu'au besoin d'interopérabilité qu'exige l'ouverture à la concurrence des transports;
- *les aspects liés à la sûreté*, qui prendront une place prépondérante spécialement en milieu urbain et périurbain, exacerbés aussi par la diminution de la présence physique sur le terrain d'agents de la compagnie, diminution rendue possible par une automatisation accrue.

Les travaux du module F ne prétendent pas couvrir l'ensemble de ce domaine. Ce n'était pas possible ni par le temps ni par les ressources à disposition. Comme déjà mentionné, le poids de Swissmetro fut prépondérant, ce que reflète la thématique traitée:

- potentiel technique de développement du chemin de fer
- méthodes d'évaluation technologique appliquées aux transports à grande vitesse
- incidences spatiales de la grande vitesse
- bilan écologique d'un Swissmetro à l'échelle européenne
- évaluation de l'utilisation probable de Swissmetro
- analyse des risques liés aux accidents en tunnel

Il importe toutefois de ne pas perdre de vue que l'innovation dans les transports s'applique sur d'autres domaines et, parfois, de façon plus fulgurante. Plusieurs de ces aspects sont du reste traités par d'autres modules du PNR 41, notamment les modules B, C et E.

Thème 1: Quel avenir pour le rail?

Le chemin de fer a encore un potentiel de développement technique substantiel. Adéquatement exploité, ce potentiel est à même de l'aider à préserver, voire même à augmenter sensiblement sa position concurrentielle. Afin toutefois de valoriser ce potentiel technique d'innovation, les pouvoirs publics pourraient être appelés à mettre en place des conditions-cadre adéquates.

Thème 2: Évaluation des choix technologiques et Swissmetro

Des questions méthodologiques relatives à l'évaluation des choix technologiques (Technology Assessment) ont été clarifiées. La recherche offre un large aperçu des éléments controversés de Swissmetro tout en retraçant des débats qui feront date dans l'histoire suisse des transports

et en fournissant une masse d'informations spécialisées. Les chercheurs ont notamment remis en cause le financement d'un grand projet de ce type, ainsi que ses conséquences pour les régions périphériques et le choix d'un trajet pilote Genève-Lausanne, sans pour autant remettre en question l'avenir du projet.

Thème 3: Le Swissmetro favorise-t-il la centralisation?

Les recherches ne donnent qu'une réponse en demi-teinte à cette question. Dans l'absolu, Swissmetro profiterait aux centres alors que les espaces périphériques et, dans la plupart des scénarios, les petites villes, seraient au nombre des perdants. Toutefois, l'équilibre entre les sept grandes régions suisses serait à peine modifié. En fait, les changements au niveau de la population et des emplois (de 3% au maximum par région) seraient nettement moins élevés que ceux qui sont induits par Rail 2000 ou le réseau autoroutier.

Thème 4: Un Eurometro est moins gourmand en énergie que l'avion

Pour des distances inférieures à 1000 kilomètres, le concept Swissmetro offre une alternative écologique au transport aérien. Telle est la conclusion centrale du bilan écologique et énergétique d'un tel concept réalisé à l'échelle européenne. En effet, un Eurometro optimisé permet, sur des distances moyennes, l'accroissement de l'efficacité écologique et énergétique par un facteur de 5 à 10 comparé au transport aérien actuel. Par rapport aux trains à grande vitesse, la consommation d'énergie pour l'exploitation serait réduite de moitié.

Thème 5: Combien de passagers sur le Swissmetro?

Swissmetro, s'il était réalisé en 2015, attirerait 24'000 passagers entre Genève et Lausanne et 34'000 passagers entre Berne et Zurich par jour et par direction. Sur ce nombre, près de 60% seraient des anciens clients du rail, 25% de la route et 15% correspondraient à du trafic induit. Sur certains trajets, le transport par rail conventionnel reculerait de moitié. La demande pour le Swissmetro est sensible aux changements d'horaire et de prix. Une baisse de prix de 10% entraînerait ainsi une augmentation des passagers de 3,1%, alors qu'une augmentation des temps de déplacement de 10% induirait une baisse du nombre de passagers de 3,4%.

Thème 6: Dans les tunnels, une meilleure information peut sauver des vies

Quatre conclusions sont avancées par les chercheurs. Ils soulignent d'abord l'importance du sauvetage autonome des voyageurs, qui doit être développé. Ensuite, l'information, la communication et la formation des différents acteurs doivent être améliorées. Troisièmement, l'accès à un lieu d'accident ne doit pas être affecté par l'accident même. Et quatrièmement, il est souhaitable de séparer les flux de trafic de personnes et de marchandises autant que possible.

Pour ou contre Swissmetro?

Les travaux du PNR 41 fourmillent de contributions intéressantes et posent de nouveaux jalons pour la recherche future. Ils apportent de nouveaux éléments qui enrichissent le débat de

manière significative. Ils offrent aussi de nouveaux éclairages qui permettent de mieux en saisir les enjeux.

On peut affirmer avec une certaine certitude qu'en matière d'écobilan Swissmetro présente des atouts, mais aussi quelques inconvénients. S'il est construit, il sera bien utilisé. De même, un faisceau cohérent de résultats montre que c'est le contexte de l'organisation territoriale qui déterminera en grande partie les incidences spatiales d'un Swissmetro éventuel, et non pas l'inverse.

Toutefois, au terme des travaux du PNR 41 il y aura des déçus; c'est inévitable. Ce sont ceux qui espéraient que ces travaux auraient permis de trancher définitivement la question de l'opportunité de Swissmetro. Ce n'est - heureusement - pas le cas! Car, ce qui a été fait dans le cadre du PNR 41 ne permet pas de se déterminer de façon *scientifique*, absolue, pour ou contre Swissmetro.

Ainsi, c'est le responsable politique, le décideur, qui continue à porter l'entier du poids quant au devenir de Swissmetro; plus éclairé, mieux informé aux termes des travaux du PNR 41, il sera peut-être encore plus convaincu ou plus sceptique quant à l'intérêt de Swissmetro selon sa conviction antérieure.

Ce que les travaux de ce module montrent par contre clairement - et on touche ici une question qui sera reprise dans ce qui suit - c'est que, lorsqu'il s'agit de traiter de dossiers complexes, le chercheur est pris, comme n'importe quel autre citoyen, dans le piège de ses opinions a priori. Car, souvent dans les dossiers complexes, une partie de l'évaluation ne peut être objectivée que moyennant certaines hypothèses de travail, dans lesquelles l'a priori idéologique de l'être humain exerce une inévitable influence.

Voir et savoir pour mieux décider

L'introduction d'une nouveauté technologique peut générer des effets non prévus. Certains parmi eux sont les bienvenus, les heureuses surprises du développement. D'autres sont non désirés: il s'agit de conséquences que la société n'a pas anticipées et face auxquelles elle est acculée à envisager après coup des stratégies de riposte, souvent dans l'urgence¹. Ce risque d'effets indésirables et non prévus interpelle le politique surtout lorsqu'il concerne la sécurité (sécurité des êtres et des biens, mais aussi de l'environnement social et physique). Un surcroît d'études préalables, avant l'introduction d'une nouvelle technologie, permet de limiter ce risque. Or, ceci exige souvent une attitude conservatrice et un peu prudente, ce qui est incompatible avec le climat d'euphorie qui accompagne la réalisation d'une percée technique. Des exigences de coût ajoutent, elles aussi, une pression complémentaire qui parfois limite le temps de la réflexion en amont, avant de foncer dans la nouveauté.

Quoi qu'il arrive, le risque de devoir compter avec des effets imprévisibles ne peut être réduit à zéro. C'est pour cela qu'il convient d'envisager, dans une période où le développement technique foisonne, la possibilité d'**institutionnaliser une veille technologique, une sorte d'observatoire**, capable d'anticiper les tendances, de synthétiser l'expérience d'ailleurs et d'orienter le législateur avant que ce dernier ne soit mis au pied du mur.

¹ Ce fut par exemple le cas de la popularisation de l'automobile qui a entraîné des conséquences profondes sur l'aménagement du territoire et qu'il a fallu contrer par des dispositions légales conçues et appliquées avec un retard certain par rapport à l'événement.

Ceci exige aussi une certaine **souplesse dans le processus législatif et normatif**, de façon à être en mesure de fixer des limites approximatives à temps, c'est-à-dire avant que le système ne se voie débordé par une prolifération de conséquences indésirables qu'il est toujours plus difficile de maîtriser après coup.

Dans le contexte helvétique, ce besoin de veille technologique et de souplesse législative concerne avant tout la route² et les transports collectifs guidés. L'évolution de la motorisation individuelle est volatile et l'introduction de nouvelles technologies peut se produire de manière informelle, parfois à un rythme très rapide. Dans ce domaine, le dispositif essentiel de contrôle actuel, l'homologation de type, peut être débordé par des installations d'appareillages après coup.

Les méthodes et leurs limites

Les approches liées à l'évaluation des technologies (Technology assessment) offrent une vue d'ensemble d'un développement. Dans les travaux du module F, les méthodes et techniques de l'évaluation technologique ont été très largement utilisées. En plus, un effort méthodologique important a été consenti pour évaluer cette approche et pour en pressentir les limites.

Une de ces limites a trait à l'objectivité de l'évaluation. En effet, un projet complexe comporte des aspects qui ne peuvent pas parfois être évalués de manière objective³. De tels aspects exigent une évaluation d'expert qui, quel que soit l'effort de codification, comporte des hypothèses de travail et des comparaisons par rapport à un système de valeurs qui par définition n'est pas universel. Il n'est pas toujours facile de distinguer les éléments qui ont une validité scientifique et ceux qui sont assimilables à une opinion d'expert (et donc façonnés plus ou moins partiellement par l'idéologie et les opinions a priori de l'expérimentateur, ainsi que par les conditions d'expérimentation). La négligence du chercheur peut en être la cause, mais d'autres facteurs sont généralement à l'origine d'une telle difficulté. La raison principale est que le chercheur ne perçoit même pas la subjectivité de certains éléments de sa recherche, étant lui-même convaincu de l'universalité de certaines de ses positions. Une autre raison est que le poids de l'opinion passe inaperçu, caché derrière une structure technique d'évaluation qui, elle, est parfaitement objectivable (ceci est souvent le cas des analyses multicritères). Ainsi, la zone grise de transition entre le parfaitement objectif et le purement subjectif est large et les limites ne sont pas toujours aisées à tracer. C'est ainsi que l'évaluation technologique de projets complexes risque d'aboutir à des conclusions qui ne sont pas indépendantes de l'identité de l'expert (au sens large) qui en a assumé la charge.

Une richesse de résultats

Les projets du module F comportent une multitude de contributions de valeur. Il en est ainsi, par exemple, de la modélisation conjointe des aspects liés à l'aménagement du territoire et les transports, de la tentative d'utiliser les réseaux de Petri pour évaluer la sécurité, de l'utilisation des préférences déclarées pour estimer une demande pour un produit qui n'existe pas encore,

² Il existe déjà sur le marché des véhicules équipés d'un récepteur TV à l'avant et il incombe pour le moment à la sagesse du constructeur de faire en sorte que le système ne soit pas activable lorsque le véhicule est en marche et au civisme du détenteur de ne pas essayer de contourner ce blocage.

³ Susceptible d'être répétée et de produire des conclusions identiques indépendamment de l'évaluateur.

des différentes enquêtes Delphi et mini-Delphi, etc. Les experts dans un domaine particulier parmi ceux qui sont touchés par les projets de ce module trouveront dans les différents projets des éléments significatifs qui permettent d'enrichir le débat, de compléter l'éclairage et, donc, de faire avancer la recherche.

Fenêtres sur l'avenir

Si une seule conclusion devait être formulée aux termes des travaux du module F du PNR 41, ce serait celle du besoin de dynamiser la recherche. Les différents projets ont permis de mieux sérier les problèmes tout en améliorant les méthodes, parfois de manière significative. Par les questions qui restent encore ouvertes, ces travaux jalonnent les axes futurs de recherche.

La question de l'opportunité de Swissmetro n'est toujours pas tranchée, mais devrait-on s'attendre à ce qu'elle le soit par de seuls travaux de recherche?

De même, la mise à l'épreuve de l'évaluation technologique ne donne - au mieux - que des réponses mitigées. L'approche est risquée, mais où sont-elles les solutions alternatives?

Le fait que ces questions restent ouvertes est normal et était, dans une très large mesure, prévisible avant même le début des travaux. C'est par l'apport de petites pierres que se construit l'édifice de la connaissance.

Does a Swissmetro come out of the tunnel ?

Technology: Potential and Impacts Partial Synthesis for Module F

Executive Summary

Two questions as guideline

Research under Module F of NRP 41 is guided by both questions:

- *What impacts on traffic, the environment, the economy and the society are to be expected from choosing a particular technology development?*
- *Which methodologies suit best to analyse and assess new technologies?*

The first of those questions focuses directly on the benefits of developing and introducing new technologies. Whichever answer may be brought is of interest not only for research but also, and mainly, for decision-making. For they are decision makers that ultimately validate a technological progress and push it towards realization or, to the contrary, impede it and restrict it to a lone research project. The second of those questions concerns mainly the research world: it bears particularly methodological issues. Through both of the questions, one may notice the bi-pole *politics - research*, which guided the entire research effort of NRP 41.

The weight of Swissmetro or the servitude of the current scene

Under the roof of a broad title, research for Module F has been strongly marked by the Swissmetro project. At the national level, the importance of this particular project is noteworthy. This question was mobilising both the researchers and the politicians at the very moment the NRP 41 was designed and commissioned. And to catch the moment's mood is the proof that research cannot be disconnected from the real world. However, one must bear in mind that Swissmetro is by far neither the only nor the greatest technology development we are going to experience in transportation at a reasonable future. Stakes are multiple, in fact.

Transportation technology is brought to a boiling point

Through subtle dialectics between the evolution of societal needs and their perception, the opportunism of technological developments, and the sensitivity of the society and the various groups it is made of, the main research effort for guided ground transportation belongs to one of the four fields below:

- High speed, which alters the human geography
- Issues related to the environment and to sustainable development
- The hopes that combined transportation raises, while trying to merge the best of two worlds
- Greater economic efficiency of railways, expected from the separation of infrastructure management and operations

From a functional point of view, stakes for technological development may be located in:

- **Intermodality**, eventually leading to efficient and comprehensive use of transportation services belonging to a system that provides the opportunity to compose travel chains involving for each link the best suited transport mode;
- **Ticketing and fare design**, which will constitute a real revolution of the way we use transport services;
- **Passenger information**, before and during travel, which will relieve the modalities of using transport facilities, while improving their public credibility;
- **Automation at every level**, which will deeply modify the way humans (passengers, company agents) interact with the system;
- **Safety and traffic control systems**, on which will focus the main research effort in the near future; this issue is linked to the previous one, and to the need of interoperability that request the opening towards a competitive market;
- **Security concerns**, that will be paramount, especially in urban and suburban environments, which may be exacerbated by the lack of physical presence on the ground of company agents thanks to the increasing automation.

Obviously enough, research for Module F does not (and could not) cover the whole field. It should have been impossible to do it within the available timeframe and with the available resources. As already noticed, the Swissmetro project was instrumental in defining themes for the research:

- Technical perspectives for conventional railways
- High speed technology assessment
- Spatial impacts of high speed links
- Environmental balance-sheet for a European-scale Swissmetro
- Forecast of passenger volumes in Swissmetro
- Risk analysis for accidents in tunnels

As expected, weight of the current Swiss scene has been paramount on research, which has been mainly oriented towards high-speed developments, and more specifically towards the Swissmetro, a leading research and development project in Switzerland, as it is attested by the six topics treated in this module, and whose principal conclusions are summarised hereafter.

Therefore, while going through the research of Module F, it is important to keep in mind that innovation appears in several other transport fields, sometimes dazzlingly. Actually, many other aspects of innovation are dealt with in other modules of NRP 41, and namely in modules B, C, and E.

Theme 1: The future of railways

Railways still have a huge potential for technological development. Used wisely, this potential may help maintain, and even improve, the market position of railways. However to best benefit from such a potential, public authorities may need to provide an appropriate and clear general framework for mobility.

Theme 2: Technology Assessment and Swissmetro

Issues related to Technology Assessment have been settled. Research also provides a broad overview of the more controversial elements of the Swissmetro project and, at the same time, retraces the chronology of the Swissmetro debate, providing a host of material for expert evaluation. Although researchers do not reject the project as a whole, they question the financing process used for such a heavy investment project, and also the relevance of the Geneva to Lausanne link as the project's first step.

Theme 3: Will Swissmetro enhance centralisation?

Research gives a "yes and no" answer to this question. In absolute values, Swissmetro would strengthen centralisation. Marginal regions and, in most scenarios, also smaller towns will be weakened. Balance between the seven greater regions of Switzerland, however, would hardly change. Actually, changes in population and job distribution (at a 3% magnitude) are much smaller than those caused by Rail 2000 or the motorway network.

Theme 4: Eurometro demands less energy than air transport

Swissmetro technology could provide a better environmental alternative to air transport over distances of up to 1000 km. This is the core result of an environmental balance-sheet analysis, carried out for the Swissmetro design applied at a European scale. A well-optimised Eurometro would achieve efficiency gains by a factor of 5 to 10 over medium distances compared with today's air transport. In comparison with high-speed railway, Eurometro operation's energy could be cut by half.

Theme 5: How many passengers for Swissmetro?

Swissmetro, if it were implemented in the year 2015, would attract some 24,000 passengers between Geneva and Lausanne and some 34,000 passengers between Bern and Zurich per day and in each direction. Around 60% would shift from railway, 25% from cars, and about 15% would be induced new traffic. Conventional rail travel would decrease by about half on some links. The Swissmetro demand is sensitive to variations in timetables and fares. Thus, a 10% reduction of Swissmetro fares would result in a 3.1% increase of passenger volume, whereas a 10% travel time increase would lead to a 3.4% reduction of passenger volume.

Theme 6: Better information may save lives in tunnel accidents

Research draws four main conclusions. Firstly, it states the importance of travellers self-aid during the critical initial moments after an accident occurs. Secondly, all actors involved in tunnel accidents need better information, communication, and training. Thirdly, access routes to the accident scene must not be impeded by the accident itself. Finally, goods and passenger traffic must be segregated as much as possible.

For or against Swissmetro?

Work undertaken for NRP 41 has plenty of high-interest contributions, which lay ahead the road for future research. They bring numerous elements to enrich significantly the debates. They also provide new scope that leads to a better understanding of the stakes.

One may by now confirm that in an overall balance-sheet Swissmetro brings environmental benefits, despite some shortcomings. Moreover, if built, it will be used, and well used. Finally, a consistent beam of results shows that its spatial impacts will be more determined by the spatial structure in which it will be inserted and not the opposite, as one could believe.

However, closing of NRP 41 will leave some people disappointed: those who were hopping that research would help to definitely solve the question of Swissmetro relevance. This is - fortunately - not the case! Work under NRP 41 does not offer a clear, scientific answer for or against Swissmetro.

It is thus the decision-maker who still bears the whole responsibility for the future of Swissmetro: better informed and advised, while NRP 41 is winding down, he/she will be even more convinced in his/her stance for or against Swissmetro, depending on his/her initial opinion.

We come here close to a conclusion we are going to deal with later on: what research under Module F clearly shows is that, on dealing with complex files, researchers are exposed as normal citizens to the pitfall of their a priori opinions. This is mainly because in complex issues part of the appraisal may become objectivable only through adoption of working hypotheses, on which human ideology exerts a heavy toll.

Better observation and knowledge makes for better decision

Introducing new technologies may generate non-expected impacts. Some among them are welcome: those are the technology fortunate surprises. Others are unwanted: those are consequences that the society has not anticipated and for which it has to post-develop retort strategies in order to deal with, often in emergency¹. Risk of unexpected and unwanted impacts calls out politicians and authorities altogether, especially if security issues are involved (security of people and goods, but also security of the social and natural environment). Additional prior effort in research may alleviate the risk, but not completely eliminate it. Moreover, doing so requires a prudent and conservative approach, which seldom fits within the euphoric mood that surrounds technological breakthroughs. And then, cost considerations apply also an additional pressure on the time available for thinking, before spinning on with innovation.

Whichever happens, it is impossible to bring down to zero the risk to experience unexpected impacts. It is therefore wise to consider **establishing a technology watch, some kind of observatory**, especially in times with high rate of technological innovation. Such a technology watch should help to anticipate the trends, to synthesise experience from other cases, and to provide guidance to the legislator before reaching the no-way-back point.

¹ The widespread use of automobiles, for instance, generated substantial effects on land use that we had to deal with through special legislation, which has been designed and applied with significant time lag.

Flexibility is also requested in legislative and standard design processes, in order to set limits in time, i.e. before the system becomes overwhelmed by waves of unexpected effects that are always more difficult to subdue afterwards.

In the context of Switzerland, the need for such a technology watch is especially acute for road² and guided public transport. Individual car ownership is volatile and introduction of new technologies is often informal, happening sometimes at very fast pace. Car-type certification, which is the main guardrail by now, may be easily overridden with subsequent device installation or retrofitting (subsequent mobile phone installation, e.g.).

Methodologies and their limits

Approaches related to Technology Assessment provide comprehensive views of a development. Those methodologies and techniques have been widely used during research for Module F. Moreover, substantial effort has been devoted to evaluate this approach and to set its limits.

One of those limits deals with objectivity. Complex projects include aspects that may not be dealt with objectively³. In such cases, expert assessment is required. Whichever codification effort you may devote in an expert assessment, the adoption of working hypotheses is unavoidable and evaluations refer to value-systems that by definition are not universal. To make things more complicated, it is not always easy to make a distinction between elements that have a scientific validation and elements that may be considered as expert's opinions (therefore depending on the experimenter's ideology and his/her a priori stances, and also depending on the conditions of the experiment). Researcher's neglect may be one cause, but usually other factors are the source of biases. Often the main reason may be that the researcher is simply not aware of the subjectivity of some elements of his/her work, being him/herself strongly convinced of the universal quality of his/her opinions. Another reason may be that the opinion bias is hidden behind fairly complex evaluation structures that are, by themselves, perfectly objective (this is often the case with multi-criteria analyses). As a consequence, the grey transitional area between perfectly objective and perfectly subjective is large, and its limits are not always obvious. Technology assessment of complex projects risks therefore to lead to conclusions that are not independent of identity (in a large sense) of the expert who was in charge.

Abundant results ...

Module F research works provide multitude of added-value contributions. This is the case, for instance, of the integrated modelling of land use and transport, of the innovative use of Petri nets to assess safety, of the use of stated preferences to forecast demand for a non-existing yet transport mode, Delphi and mini-Delphi surveys, etc. Experts in particular fields that have been dealt with in this module will find significant elements among the various research projects that will enlighten debates, complete the scope and, therefore, push the research ahead.

² There are already in the market cars equipped with a TV receiver mounted on the dashboard. We rely on the manufacturer's wisdom to disable the system when the vehicle is running, and to the driver's sense of civic responsibility to not override the protection lock.

³ I.e. repeatable, and likely to produce identical conclusions non-depending on the assessor.

.. and a window open to the future

If a single conclusion had to be advanced at the end of the Module F works, that should be the need to enhance research. The various research projects helped to serialise problems while improving the methodologies, sometimes to a significant extend. Through the questions left open, they also lay ahead the road for future research.

We still have no clear answer concerning the relevance of Swissmetro, but should we expect such an answer from research work?

Equally, appraisal of technology assessment techniques leads - at best - to ambivalent answers. There are some risks to adopt such methodologies, but is there any other alternative?

It is not abnormal for those questions to remain still unanswered, and to a large extend this was expected at the very launch of NRP 41. Knowledge builds up with the bringing of small stones.

Swissmetro am Ende des Tunnels ?

Technologie: Potentiale und Auswirkungen

Teilsynthese Modul F

Kurzfassung

Zwei Fragen als roter Faden

Die Arbeiten des F-Moduls von PNR 41 werden um die zwei folgenden Fragen artikuliert:

- *Welche Auswirkungen auf Verkehr, Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft sind von ausgewählten Technologien und Entwicklungen zu erwarten?*
- *Welche Verfahren eignen sich zur Analyse neuer Technologien?*

Die erste Frage berührt die eigentliche Substanz des Beitrages des technischen Fortschritts. Die gebrachten Antworten interessieren nicht nur die Forscher, sondern auch und besonders die Entscheidungsträger. Sie sind es, die einen technischen Durchbruch bestätigen und seine Verwirklichung antreiben werden, oder ihn im Gegenteil bremsen und sein Interesse allein der Welt der Forschung vorbehalten werden. Die zweite Frage betrifft besonders die Forschung, denn sie bezieht sich auf die Methode. Man findet so durch diese beiden Fragen das Binom *politische Welt - Welt der Forschung* wieder, welches sämtliche Arbeiten des PNR 41 charakterisiert.

Die Bedeutung der Swissmetro oder der Zwang der Aktualität

Trotz sehr breitem Titel, wurden die Arbeiten des F-Moduls äusserst stark durch Swissmetro geprägt. Die nationale Bedeutung dieses Projekts ist unleugbar. Zum Zeitpunkt, als PNR 41 geplant und aufgenommen worden ist, hat diese Frage die Meinung der Forscher und der Entscheidungsträger stark mobilisiert. Eine momentane Zweckmässigkeit zu erfassen, ist der Beweis, dass die Forschung nicht gefühllos an sozialen Zusammenhängen vorbei zielt. Es empfiehlt sich jedoch zu vermeiden, die technologische Entwicklung des Verkehrs in einer greifbaren Zukunft ausschliesslich auf Swissmetro zu reduzieren. Die Bedeutungen sind vielseitig und unterschiedlich.

Die Welt des Verkehrs im technologischen Aufruhr

Durch eine manchmal scharfsinnige Dialektik zwischen der Entwicklung der sozialen Wahrnehmungen und Bedürfnisse, den Opportunismus der technologischen Entwicklung und die Empfindlichkeit der Gesellschaft und der Gruppen, die sie zusammensetzen, trägt sich der Grossteil der Forschungsanstrengung hinsichtlich zusammen Land- Transportes in einem der vier folgenden Forschungsschwerpunkte ein:

- die Hochgeschwindigkeit, welche die menschliche Geographie verschlechtert;
- die Problematik der Umwelt und der Nachhaltigkeit;

- die Hoffnung in den kombinierten Verkehr, der bestrebt ist, das beste von zwei Welten zu verbinden;
- die Wirtschaftlichkeit der Eisenbahn, die sich aus der Trennung zwischen der Verwaltung der Infrastruktur und dem Betrieb ergeben könnte.

Unter dem funktionellen Gesichtspunkt stellen sich zur technischen Entwicklung folgende Fragen:

- **Intermodalität**, welche schließlich zu einem leistungsfähigen und kompletten Gebrauch der Transportdienstleistungen führt; als System, welches es erlaubt, Transportketten zu bilden, welche für jedes Glied aus dem bestmöglichen Transportmittel bestehen;
- **die Tarifstruktur und Zahlungsverfahren**, welche den Gebrauch der Verkehrssysteme revolutionieren können;
- **Reiseinformationen**, vor und während Reisen, welche den Gebrauch und die Zuverlässigkeit eines Systems aus Sicht der Benutzer beträchtlich vereinfachen werden;
- **Automatisierung auf verschiedenen Ebenen**, welche die Wechselwirkung zwischen Mensch (Personal und Benutzer) und System grundlegend verändern wird;
- **Sicherheits- und Leitsysteme**, auf welche sich in der nahen Zukunft ein Grossteil der Forschungsanstrengungen konzentrieren werden; dieser Punkt steht im Zusammenhang mit der Automatisierung und dem Bedürfnis nach Interoperabilität vorangehenden in Zusammenhang, wie am Bedürfnis der Interoperabilität, welche durch die Liberalisierung des Transportwesens ;
- **Sicherheitsfragen**, welche vor allem im Stadt- und Nahverkehr eine wichtige Rolle spielen werden. Durch die zunehmende Automatisierung und dem daraus folgenden Rückgang der physischen Präsenz des Personals, werden diese vermehrt auftreten.

Die Arbeiten des F-Moduls geben nicht vor, diese gesamte Problematik zu behandeln. Dies war aus Mangel an Zeit und Mitteln nicht möglich. Wie bereits erwähnt, war die Bedeutung der Swissmetro ausschlaggebend, was sich in der behandelten Thematik widerspiegelt:

- Entwicklungspotential der Eisenbahn
- Auf die Hochgeschwindigkeitssysteme angewandte technologische Evaluationsmethoden
- Raumwirksamkeit der Hochgeschwindigkeit
- Ökobilanz der Swissmetro auf europäischer Ebene
- Abschätzung der wahrscheinlichen Nutzung der Swissmetro
- Risikoanalyse von Unfällen in Tunnels

Es ist wichtig, nicht aus den Augen zu verlieren, dass Innovationen im Verkehrswesen auf manchmal erstaunliche Art und Weise in anderen Gebieten eine breite Anwendung findet. Mehrere dieser Aspekte werden ausserdem in anderen Module des PNR 41 (insbesondere den Modulen B, C und E) behandelt.

Thema 1: Hat die Bahn Zukunft?

Die Bahn besitzt noch ein erhebliches technisches Entwicklungspotential. Richtig ausgeschöpft, kann dieses Potential dazu beitragen, die Marktposition in Zukunft zu halten und so-

gar erheblich auszubauen. Damit die technischen Innovationspotenziale realisiert werden können, müssen klare Rahmenbedingungen seitens der öffentlichen Hand gesetzt werden.

Thema 2: Technikfolgenabschätzung am Beispiel Swissmetro

In dieser Studie werden einerseits die methodischen Fragen der Technikfolgenabschätzung (Technology Assessment) diskutiert. Andererseits werden einige der wichtigsten Kontroversen vertieft behandelt. Kritisch geht die Studie beispielsweise auf die Finanzierbarkeit des Grossprojekts, die Wirkungen auf die Randregionen sowie auf die Wahl der Pilotstrecke Genf-Lausanne ein, würdigt aber auch die Exportchancen der neuen technologischen Komponenten.

Thema 3: Swissmetro fördert Zentralisierung

Die Studie beantworten diese Fragen mit einem „jein“. Die Swissmetro würde die Zentren stärken. Hingegen gehören die die Randregionen und in den meisten Szenarien auch die kleineren Städte zu den Verlierern. Das Gleichgewicht der sieben Grossregionen der Schweiz würde sich hingegen kaum verändern. Die Veränderungen bei der Bevölkerung und den Arbeitsplätzen sind mit maximal 3% viel geringer als z.B. jene von Bahn2000 oder des Autobahnnetzes.

Thema 4: Eurometro, weniger Energie als Fliegen

Die Swissmetro-Technik könnte auf Distanzen bis 1000 Kilometer eine ökologischere Alternative zum Flugverkehr bieten. Dies ist das Kernergebnis der umfangreichen Studien zur Energie- und Umweltbilanz einer europäischen unterirdischen Magnetschwebbahn. Auf mittleren Strecken ermöglicht ein ökologisch und energetisch optimiertes Eurometro-Hochgeschwindigkeitssystem eine Effizienzsteigerung um Faktor 5 bis 10 gegenüber dem heutigen Flugverkehr. Gegenüber Bahnen wie ICE oder TGV sind eine Halbierung bei der Betriebsenergie und vergleichbare Werte bei der Infrastruktur erreichbar.

Thema 5: Wie viele Passagiere für Swissmetro?

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Swissmetro nach ihrer möglichen Realisierung im Jahr 2015 z.B. zwischen Genf und Lausanne rund 24'000 Passagiere, zwischen Bern und Zürich (bei direkter Linienführung) rund 34'000 Passagiere pro Tag und pro Richtung anziehen würde. Diese entfallen zu rund 60% auf Umsteiger von der Bahn, zu 25% auf Umsteiger von der Strasse und gegen 15% sind zusätzlicher Verkehr. Der konventionelle Bahnverkehr ginge auf einzelnen Abschnitten auf etwa die Hälfte zurück. Die Swissmetro-Nachfrage reagiert insbesondere auf Veränderungen bei den Fahrzeiten, und Preisen, z.B. bedeuten 10% Preissenkung bei der Swissmetro rund 3,1% mehr, eine 10% längere Fahrzeit rund 3,4% weniger Passagiere.

Thema 6: Tunnelunfälle, Information verbessern!

Die Forscher ziehen aus ihren Untersuchungen vier Schlussfolgerungen: Zunächst sind die Möglichkeiten zur Selbstrettung von Reisenden vor dem Eintreffen der Rettungsmannschaft

ten überlebenswichtig und müssen ausgebaut werden. Weiter muss die Information, Kommunikation und Ausbildung aller Beteiligten verbessert werden. Drittens muss der Zugang zum Unfallort über eine abgetrennte zweite Röhre mit häufigen Querverbindungen erreichbar sein (dies kann auch die Röhre für den Gegenverkehr sein). Und als viertes fordern die Forscher eine bestmögliche Trennung von Güter- und Personenverkehr.

Für und gegen Swissmetro?

Die Arbeiten des PNR 41 wimmeln von interessanten Beiträgen und setzen den Massstab für zukünftige Forschungsarbeiten. Ausserdem zeigen sie neue Gesichtspunkte auf, welche wesentlich zur Debatte beitragen und helfen, Schwerpunkte aufzuzeigen.

Man kann mit einer gewissen Sicherheit behaupten, dass Swissmetro hinsichtlich der Ökobilanz Vorteile aufweist, jedoch auch einige Nachteile. Im Falle einer Realisierung wäre Swissmetro gut besetzt. Ebenso zeigt eine Anzahl übereinstimmender Ergebnisse, dass es der Zusammenhang der territorialen Organisation ist, der größtenteils die räumlichen Auswirkungen von Swissmetro bestimmt und nicht das Gegenteil.

Allerdings gibt es nach Ablauf der Arbeiten des PNR 41 auch ein enttäushtes Lager; dies ist unausweichlich. Es sind jene, die hofften, dass diese Arbeiten es erlauben, definitiv die Frage der Zweckmässigkeit von Swissmetro zu entscheiden. Dies ist - glücklicherweise - nicht der Fall! Denn, was im Rahmen des PNR 41 gemacht wurde erlaubt es nicht, sich *wissenschaftlich* für oder gegen Swissmetro zu entscheiden.

Was die Entstehung von Swissmetro betrifft, ist es somit weiterhin der politische Entscheidungsträger, welcher das ganze Gewicht tragen wird; aufgeklärter, besser unterrichtet, wird er nach Fertigstellung der Arbeiten des PNR 41 vielleicht noch überzeugter oder skeptischer sein, was das Interesse von Swissmetro anbelangt.

Die Arbeiten dieses Moduls zeigen hingegen klar auf – und hier wird eine Frage angeschnitten, welche im folgenden wieder aufgenommen wird – dass der Forscher genauso Opfer seiner anfänglichen Überzeugungen ist, wie jeder andere Bürger, wenn es darum geht, komplexe Akten zu behandeln. Denn oft kann in komplexen Akten ein Teil der Bewertung nur mittels bestimmter Arbeitshypothesen objektiv betrachtet werden, in welchen anfängliche ideologische Überzeugungen eines Menschen einen unausweichlichen Einfluss ausüben.

Sehen und wissen, um besser zu entscheiden

Die Einführung einer neuen Technologie kann unvorhergesehene Wirkungen haben. Manche davon sind willkommen, andere nicht: es handelt sich um diejenigen Wirkungen, welche die Gesellschaft nicht vorweggenommen, und die sie zwingen, im nachhinein, oft dringend, Gegenstrategien in Betracht zu ziehen¹. Dieses Risiko unerwünschter und nicht vorgesehener Wirkungen interpelliert die Politik besonders, wenn es die Sicherheit betrifft (Sicherheit der Lebewesen und der Güter, aber auch der sozialen und physischen Umwelt).

¹ Beispiel der allgemeinen Verbreitung des Automobils, welche tiefeschürfende Auswirkungen auf die Raumplanung hatte, und welcher man durch Rechtsvorschriften entgegen musste, die mit einiger Verspätung geplant und angewendet wurden.

Zusätzliche Vorstudien vor der Einführung einer neuen Technologie erlauben es, dieses Risiko zu begrenzen. Dies erfordert jedoch oft eine konservierende und etwas vorsichtige Haltung, welche selten mit der Euphorie einher geht, die einen technischen Durchbruch begleitet. Kostenforderungen fügen einen Zusatzdruck hinzu, der manchmal die Zeit der Vorstudien begrenzt.

Das Risiko, auf unvorhersehbare Wirkungen zu treffen, kann man nicht auf Null begrenzen. Es empfiehlt sich deshalb, vor allem in Zeiten hoher technischer Innovation, **eine Möglichkeit der Überwachung der technologischen Entwicklung vorzusehen, eine Art Observatorium zu institutionalisieren**, die fähig ist, Tendenzen vorwegzunehmen, andere Erfahrungen zusammenzufassen, und den Gesetzgeber anzuweisen, bevor dieser in Zugzwang gerät.

Dies erfordert auch eine gewisse **Flexibilität im Gesetzgebungs- und normativen Prozess**, um in der Lage zu sein, Grenzen rechtzeitig festzulegen, das heißt, bevor das System durch eine Verbreitung unerwünschter Folgen überflutet wird, welche später immer schwerer zu beherrschen sind.

Im schweizerischen Zusammenhang betrifft dieses Bedürfnis nach technologischer Überwachung und einer gesetzlichen Flexibilität vor allem die Straße² und die geführten öffentlichen Transportmittel. Die Entwicklung des individuellen Strassenverkehrs ist flüchtig, und die Einführung neuer Technologien erfolgt manchmal informell in einem sehr schnellen Rhythmus. Auf diesem Gebiet kann die derzeitige wesentliche Kontrollvorrichtung, die Typenhomologation, hinterher durch Installation von Vorrichtungen übergangen werden.

Die Methoden und ihre Grenzen

Die Bewertungskonzepte von Technologien (Technology Assessment), liefern eine Gesamtansicht der Entwicklung. In den Arbeiten des F-Moduls wurden die Methoden und Techniken der technologischen Bewertung sehr intensiv benutzt. Außerdem wurde eine große methodologische Anstrengung unternommen, um dieses Vorgehen ein-, und seine Grenzen abzuschätzen.

Eine von diesen Grenzen bezieht sich auf die Objektivität der Bewertung. In der Tat umfasst ein komplexes Projekt Aspekte, die manchmal nicht objektiv³ abgeschätzt werden können. Solche Aspekte erfordern eine Expertenbewertung, welche, ungeachtet der Kodifizierungsanstrengung, Arbeitshypothesen und Vergleiche hinsichtlich eines Wertsystems umfasst, das per Definition nicht universell ist. Es ist nicht immer einfach, die Elemente zu unterscheiden, die eine wissenschaftliche Gültigkeit haben, und jene, die mit einer Expertenmeinung assimilierbar sind (und also mehr oder weniger von der Ideologie und vorgefassten Meinungen des Prüfers, sowie der Versuchsbedingungen abhängen). Die Nachlässigkeit des Forschers kann davon die Ursache sein, es gibt aber auch andere Faktoren, welche solche Schwierigkeiten schaffen. Der Hauptgrund ist, dass der Forscher die Subjektivität einiger Elemente seiner Forschung nicht einmal wahrnimmt, da er selbst von der Allgemeinheit von einigen seiner Positionen überzeugt ist. Ein anderer Grund ist, dass das Gewicht der Meinung unbemerkt bleibt,

² Es existieren bereits Fahrzeuge, die mit einem TV-Empfänger an der Vorderseite ausgestattet wurden, und es obliegt im Augenblick der Weisheit des Konstrukteurs, dafür zu sorgen, daß das System nicht aktivierbar ist, wenn das Fahrzeug in Bewegung ist, und derjenigen des Inhabers, nicht zu versuchen, dieses Blockieren zu umgehen.

³ d.h.: wiederholbar und unabhängig vom Betrachter die gleichen Schlüsse zulassend.

versteckt hinter einer technischen Bewertungsstruktur, die an sich vollkommen objektiv ist (dies ist oft der Fall bei multi-kriteria Analysen). Somit ist die Grauzone zwischen vollkommen objektiv und rein subjektiv breit, und die Grenzen sind nicht immer leicht zu ziehen. Die technologische Bewertung komplexer Projekte kann also zu Schlussfolgerungen führen, die nicht unabhängig von der Identität des verantwortlichen Experten (im weiteren Sinn) sind.

Eine Vielzahl von Resultaten

Die Projekte des F-Moduls umfassen eine Menge von wertvollen Beiträgen. So zum Beispiel die Erforschung der gemeinsamen Modelisation von Raumplanungs- und Verkehrsplanerischen Aspekten, den Versuch, Petri Netze für Sicherheitsanalysen zu benutzen, die Anwendung der erklärten Präferenzen, um die Nachfrage für ein noch nicht bestehendes Produkt abzuschätzen, verschiedene Delphi und Mini- Delphi Befragungen, usw. Experten eines spezifischen Bereiches, welcher durch die Projekte dieses Moduls berührt wurden, werden in den verschiedenen Projekten erhebliche Elemente finden, die erlauben, die Debatte zu erweitern, die Beleuchtung zu vervollständigen, und somit die Forschung voranzutreiben.

Ausblick

Wenn am Ende der Arbeiten des F-Moduls des PNR 41 nur eine Schlussfolgerung formuliert werden müsste, wäre es jene der Notwendigkeit, die Forschung zu dynamisieren. Die verschiedenen Projekte haben erlaubt, die Probleme besser aufzureihen, und zudem die Methoden, manchmal signifikant, zu verbessern. Durch die noch unbeantworteten Fragen stecken diese Arbeiten die künftigen Forschungsschwerpunkte ab.

Die Frage der Bedeutung von Swissmetro wird noch immer nicht definitiv beantwortet, aber konnte man erwarten, dass sie es durch Forschungsarbeiten allein wird?

Ergibt ebenso die Bewertung der Technologiebewertung nicht - bestenfalls - gemäßigte Antworten. Das Konzept ist gewagt, aber welches sind sie die Alternativen?

Die Tatsache, dass diese Fragen offen bleiben, ist normal und war in sehr hohem Maße schon vor Beginn der Arbeiten vorhersehbar. Das Gebäude der Kenntnis wird durch den Beitrag kleiner Steine erbaut.

Un Swissmetro au bout du tunnel ?

Technologie: potentiels et effets Synthèse partielle du Module F:

Table des matières

1. QUESTIONS FIL ROUGE DU MODULE	1
1.1 Des questions importantes et opportunes	1
1.2 Des questions utiles et justifiées	2
1.3 Contexte particulier du module F du PNR 41	3
2. TRANSPORTS TERRESTRES GUIDES ET AVANCEES TECHNIQUES	5
2.1 Tendances actuelles de la recherche et du développement	5
2.1.1 La grande vitesse façonne la géographie humaine	5
2.1.2 L'espoir du transport combiné	6
2.1.3 La problématique de l'environnement et du développement durable	6
2.1.4 Séparation de la gestion des infrastructures et du transport	6
2.2 Analyse fonctionnelle des enjeux	7
2.2.1 Du côté des passagers et des clients	7
2.2.2 Du côté du transporteur	10
2.3 Focalisations du Module F du PNR 41	11
3. LES TRAVAUX DU PNR 41	13
3.1 Potentiel technique de développement du chemin de fer	14
3.1.1 Travaux du PNR 41	14
3.1.2 Pistes possibles pour la poursuite des travaux	15
3.1.3 Apports factuels et apports méthodologiques	16
3.2 Méthodes d'évaluation technologique appliquées aux transports à grande vitesse	17
3.2.1 Travaux du PNR 41	18
3.2.2 Pistes possibles pour la poursuite des travaux	19
3.2.3 Apports factuels et apports méthodologiques	21
3.3 Incidences spatiales de la grande vitesse	23
3.3.1 Travaux du PNR 41	23
3.3.2 Pistes possibles pour la poursuite des travaux	26
3.3.3 Apports factuels et apports méthodologiques	27

3.4	Bilan écologique d'un Swissmetro à l'échelle européenne	28
3.4.1	Travaux du PNR 41	29
3.4.2	Pistes possibles pour la poursuite des travaux	30
3.4.3	Apports factuels et apports méthodologiques	31
3.5	Évaluation de la demande du Swissmetro	33
3.5.1	Travaux du PNR 41	33
3.5.2	Pistes possibles pour la poursuite des travaux	34
3.5.3	Apports factuels et apports méthodologiques	35
3.6	Les risques liés aux accidents en tunnel	36
3.6.1	Travaux du PNR 41	36
3.6.2	Pistes possibles pour la poursuite des travaux	36
3.6.3	Apports factuels et apports méthodologiques	37
4.	LES ENSEIGNEMENTS	39
4.1	Pour le décideur	39
4.1.1	L'empreinte Swissmetro et les limites du PNR 41	39
4.1.2	Swissmetro	39
4.1.3	Transports et nouvelles technologies: un observatoire?	40
4.2	Pour la recherche	41
4.2.1	Évaluation technologique (Technology Assessment)	41
4.2.2	Une richesse de résultats	42
4.3	Questions ouvertes	43
5.	REFERENCES	45
	ANNEXE: LISTE DE PROJETS DE L'UNION EUROPEENNE	53

0. CONTENU ET STRUCTURE DU DOCUMENT

Ce document rapporte non seulement les recherches proprement dites entreprises dans le cadre du module F, mais reflète aussi des discussions que ces dernières ont suscitées au sein du PNR 41, tout en se référant à des éléments du contexte dans lequel ces travaux ont eu lieu. À ce titre, il devrait être considéré comme un outil de travail. En tout état de cause, seuls les auteurs du présent document portent la responsabilité des éléments / opinions qu'il contient et non pas les chercheurs impliqués dans les différents projets du Module F.

*Ce rapport a été préparé par l'unité TSO (Transport - Systèmes - Organisation) de l'ITEP (Institut des transports et de planification de l'EPFL) sous l'égide du professeur **R. Rivier** par:*

*Dr. P. Tzieropoulos
A. Thalmann
D. Emery
P. Guglielminetti*

1. QUESTIONS FIL ROUGE DU MODULE

Les projets du module F sont articulés autour des deux questions suivantes, qui leur servent de fil rouge:

- *Quelles seront les conséquences de certaines technologies choisies et de leur développement sur le trafic, l'environnement, l'économie et la société?*
- *Quels procédés se prêtent-ils à l'analyse des nouvelles technologies?*

1.1 Des questions importantes et opportunes

La **première question** touche l'essence même de l'apport du progrès technique. Les réponses que les différents projets apportent intéressent non seulement les chercheurs, mais aussi - et surtout - les **décideurs**, ceux qui en dernier ressort valideront une percée technique quelconque et pousseront à sa réalisation ou, au contraire, la freineront et en confineront l'intérêt au seul monde de la recherche.

La **seconde question** concerne plus particulièrement la **recherche**, car elle soulève essentiellement la question de la méthode qui, elle, est le fondement de la qualité et de l'efficacité du travail de recherche.

On retrouve ainsi, à travers ces deux questions de fil rouge, le binôme "monde politique - monde de la recherche" caractéristique de l'ensemble des travaux du PNR 41. Cette double vision de la problématique, notamment celle de la technologie, est incontournable. Ainsi que le montrent Rossel et al. (1999) les moteurs du développement technique sont multiples, mais souvent, lorsqu'il s'agit d'un objet ou d'un concept particulier, les considérations qui ont régi sa genèse ne recouvrent que partiellement les domaines sur lesquels son introduction produira des impacts. Prévoir et évaluer tous les impacts (ou, du moins, ceux qu'il est possible de prévoir raisonnablement), permet d'internaliser le poids des conséquences. Ceci est important surtout pour ce qui concerne les impacts négatifs d'une nouvelle technique, les conséquences perverses de son introduction, afin d'éviter que des implications négatives et non attendues n'annulent les bénéfices que la collectivité compte en tirer.

Ces considérations relèvent d'une importance toute particulière dans les domaines des communications et des transports, importance soulignée aussi par la difficulté d'assurer l'acceptabilité et la réussite des nouveaux projets, ce qui mène les chercheurs à ouvrir leur champ d'investigation et à se poser des questions de nature plus fondamentale, qui dépassent souvent le strict champ d'application de leur objet de travail.

De fait, la portée de la seconde question est de taille, puisque y répondre consiste non seulement à identifier les procédés à mettre en place en vue d'une analyse pertinente de nouvelles technologies, mais également à mettre en doute la pertinence de méthodes aujourd'hui employées dans la mesure où l'on arrive à mettre en évidence certaines failles. Aussi, de manière schématique, est-il possible de dégager une tendance dans "l'historique" des procédés d'évaluation:

- les premières méthodes pour juger de l'opportunité d'une nouvelle technologie ont consisté à privilégier l'aspect coûts - avantages d'un projet, en occultant (souvent involontairement) d'autres éléments susceptibles de jouer un rôle important;
- par la suite, en plus de l'analyse des aspects économiques d'un projet, ce sont les aspects environnementaux qui ont été passés sous la loupe avec, notamment, les études d'impacts;
- aujourd'hui, la meilleure connaissance des aspects multiples de l'activité de transport contribue à la prise en compte de nouvelles dimensions qui touchent aussi bien l'économie, l'environnement, la société, la psychologie ou encore la culture.

Ainsi, ce qui semble prépondérant dans la question méthodologique, c'est le fait qu'il devient aujourd'hui indispensable d'avoir une vision globale, de façonner son jugement en se basant sur des aspects multidisciplinaires et de considérer les nouvelles technologies sous un angle stratégique. Le caractère dérivé de la demande de transport, c'est-à-dire le fait qu'on ne transporte que dans le but de réaliser des activités de nature plus fondamentale, confère en effet aux transports des dimensions multiples, d'où la nécessité de connaître les procédés permettant la prise en compte globale de ces aspects lors de l'analyse.

1.2 Des questions utiles et justifiées

Derrière la notion "Transport et environnement" mise en évidence par le titre de ce programme national de recherche, se cache la volonté de promouvoir la durabilité des transports en Suisse. Si cette durabilité a des composantes économiques, sociales et écologiques, il paraît alors indispensable que les méthodes utilisées pour évaluer les nouvelles technologies recouvrent les mêmes aspects. Par voie de conséquence, la prise en compte de toutes ces dimensions dans l'évaluation exige de la part de l'analyste qu'il fasse la distinction entre:

- l'évaluation du corps même du projet et, notamment, de ses aspects techniques (au moyen, par exemple, d'analyses multicritères ou autres);
- l'évaluation de l'environnement du projet, c'est-à-dire de l'environnement politique et social dans lequel le projet s'insère.

Si les procédés employés n'ont souvent porté que sur le premier de ces deux points, la prise en compte de la dimension "durabilité" des nouvelles technologies passe inévitablement par la maîtrise des deux volets à la fois.

Ainsi au niveau de la recherche (mondiale et européenne) de nouvelles approches voient le jour, formant une nébuleuse appelée *évaluation des technologies* (Technology Assessment, ou TA, en anglais). Le principe de la TA dans le domaine des transports est de "*réaliser une analyse et un examen des effets des nouvelles technologies sur le transport voyageur ou marchandises, sur l'économie, la société et l'environnement*" (Rüsch et Häfeli, 1999). Ces procédés d'évaluation doivent en principe permettre:

- d'évaluer, de présenter et de discuter des chances et des risques des nouvelles technologies;
- d'améliorer l'acceptation des nouvelles technologies (contribution à la compréhension);
- de préparer les bases pour la détermination des conditions-cadres pour la garantie d'une mise en place durable des nouvelles technologies (socialement, écologiquement, économiquement);

- d'améliorer les décisions politiques.

1.3 Contexte particulier du module F du PNR 41

Sous son titre générique et un peu ambitieux de "*Technologie: potentiel et effets*", le module F du PNR 41 accueille 6 projets qui, par leur présence, balisent le domaine sur lequel ont porté les recherches. Il n'est pas opportun de discuter ici de la restriction inévitable qu'un tel balisage impose sur le domaine d'investigation; c'est un fait qui résulte d'une part de la nature d'une opération telle que le PNR 41, limitée par ses délais et dans ses moyens, et d'autre part du poids considérable qu'a exercé sur le monde helvétique des décideurs le projet Swissmetro. Ainsi, les projets F1, F3, F5 et F6 constituent des éléments essentiels d'une TA centrée spécifiquement sur le concept Swissmetro et ses avatars. Ils pourraient de fait devenir les éléments constitutifs d'une étude globale sur l'opportunité de ce concept. Et même si les deux autres projets du module F portent moins spécifiquement sur ce concept, de par l'objet de leur recherche (la sécurité des tunnels pour l'un, l'avenir du rail, pour l'autre), l'empreinte du Swissmetro y reste apparente.

En réalité, la pression de l'innovation est multiple et s'exerce sur tous les fronts. Le PNR 41 n'est qu'un des projets récents ou en cours qui tentent de contribuer à maîtriser cette pression, multiple et polycéphale, non pas pour la maîtrise en elle-même, mais pour éviter surtout de se trouver pris collectivement dans un processus de changement qui développe sa propre dynamique et qui s'emballa hors de tout contrôle. Afin de cerner la contribution du module F PNR 41 dans ce domaine, il est important de situer correctement le cadre de ses travaux. Cette délimitation nécessite la prise en compte de la multidimensionalité des transports. Parmi toutes les variables entrant en jeu, quelques-unes se révèlent capitales; il s'agit:

- de l'opérateur du transport (ou du degré de contrôle qu'a l'utilisateur sur les opérations de transport proprement dites); la grande distinction ici se fait entre les transports individuels et les transports en commun;
- du milieu dans (ou sur) lequel le mobile évolue, en distinguant entre transports terrestres, aériens et transports sur l'eau;
- de la liberté de mouvement du mobile; on parle alors de transports guidés, ou non guidés.

Il ne s'agit bien entendu pas des seules variables typologiques possibles; d'autres variables discriminantes (telles que le taux d'automatisation, le degré d'interactions entre mobiles, l'importance de l'infrastructure et des installations fixes pour que le transport soit possible, la longueur et la périodicité des déplacements concernés, etc.) pourraient devenir extrêmement pertinentes, selon le contexte particulier de l'analyse. Les trois variables retenues n'ont de pertinence que par rapport à l'objectif que l'on se fixe ici, à savoir cerner le domaine d'investigation des projets entrepris dans le module F du PNR 41.

Dans ce contexte, le terme *mode de transport* désigne la façon dont l'utilisateur utilise l'offre de transport à laquelle il a accès. Le terme *moyen de transport* caractérise les options techniques du mobile et de l'infrastructure utilisées lors d'un trajet élémentaire. Ainsi, le transport individuel motorisé est un mode de transport; la voiture est un moyen de transport.

Ce sont donc les perspectives de développement d'un moyen de transport particulier, le Swissmetro, qui ont influencé de tout leur poids le champ d'investigation des 6 projets du module F, en le centrant sur un mode de transport, celui des **transports en commun terrestres**.

Il importe alors en parcourant la synthèse de ce module, qui se limite aux seuls transports en commun terrestres, de ne pas perdre de vue que l'innovation dans les transports s'applique sur d'autres domaines et, parfois, de façon plus fulgurante. Plusieurs de ces aspects sont du reste traités par d'autres modules du PNR 41, notamment les modules B, C et E.

2. TRANSPORTS TERRESTRES GUIDES ET AVANCEES TECHNIQUES

2.1 Tendances actuelles de la recherche et du développement

«...perhaps the most exciting prospect for the future is the emergence of two new influencing factors that I think will substantially shape transport economy in the 90s and into the next century. These are: the current wave of technological innovation, and the emerging new socio-political pattern of life in Europe.

Current technological innovation in the transport field is mainly concentrated in the following two areas:

- a) "Intelligent" transport vehicles and infrastructure, i.e. the "capital goods" used for transport, and*
- b) New, more efficient and "productive forms" of the overall operation and management of the system, i.e. the ways these "capital goods" are used.»*

George Giannopoulos, 1995
in ECMT Round Table 100

Par une dialectique, parfois subtile, entre l'évolution des perceptions et des besoins sociaux, l'opportunisme du développement technologique et la sensibilité de la société et des groupes multiples qui la composent, le gros effort de recherche en matière de transports en commun terrestres s'inscrit dans l'un ou l'autre des quatre axes de recherche suivants:

- grande et très grande vitesse
- transport combiné
- aspects directement liés à l'environnement
- séparation de la gestion des infrastructures et de l'exploitation

2.1.1 La grande vitesse façonne la géographie humaine

Des vitesses commerciales de l'ordre de 250 à 300 km/h sont actuellement des objectifs atteints sur des infrastructures conventionnelles. En recourant à des infrastructures et des véhicules innovateurs, la gamme suivante des vitesses (400 à 600 km/h) semble techniquement à la portée de projets tels que TransRapid ou Swissmetro, dont certains sont déjà entrés au stade du prototype. Cette évolution permet aux transports terrestres de se profiler comme une alternative crédible au transport aérien dans la plage des déplacements à longueur intermédiaire (400 à 1'500 km), au moment même où ces derniers affrontent des difficultés liées à la saturation des couloirs aériens, des espaces aéroportuaires et se voient imputés une charge environnementale considérable.

L'avènement de la grande vitesse a déjà déformé l'échelle géographique, par le surcroît d'accessibilité induit entre agglomérations importantes. Ceci ouvre la possibilité de modifier radicalement certaines structures d'organisation sociale¹, en autorisant un remaniement sans précédent de la distribution géographique des activités humaines. Il n'est pas sûr que les pouvoirs publics sont en mesure de maîtriser pleinement toutes les facettes de cette évolution.

¹ Il est aujourd'hui possible, pour ne citer qu'un exemple, de vivre à Lyon et d'aller travailler à Paris, 400 km plus loin.

2.1.2 L'espoir du transport combiné

Des efforts importants sont déjà consacrés afin de combiner la souplesse et la capillarité du transport routier de marchandises à la productivité et à la convivialité environnementale du transport ferroviaire. Tant la congestion accrue des infrastructures routières que les soucis de protection de l'environnement soutiennent et justifient cette évolution.

L'essor du transport combiné en Europe ne fait que commencer. Plusieurs technologies sont encore en développement ou sous évaluation, voire au stade d'implantation partielle. Il serait risqué, au stade actuel, de prévoir lesquelles parmi elles finiront par prévaloir. Il n'est même pas certain que certaines techniques du transport combiné, telles que le ferroutage, puissent obtenir une part significative du transport des marchandises. Ce qui est certain, par contre, c'est que l'investissement public dans ce secteur sera important dans les années à venir.

En obtenant une part importante du marché, le transport combiné pourrait transformer en profondeur le secteur du transport des marchandises.

2.1.3 La problématique de l'environnement et du développement durable

Un des paradoxes en la matière c'est que les soucis liés à la protection de l'environnement soutiennent à la fois la réhabilitation du chemin de fer et obstruent en même temps, parfois sévèrement, les voies de son développement.

Les contraintes de tracé pour la grande vitesse ferroviaire sont plus dures que celles du tracé autoroutier. Au surplus, les chemins de fer pénètrent souvent jusqu'au cœur des villes, traversant ainsi des zones densément peuplées et extrêmement sensibles. Des investissements massifs pour réduire les nuisances à la source ou pour contenir leur propagation autour des installations existantes ne représentent parfois que des solutions partielles. Ainsi des efforts de recherche notables continuent à être consacrés à la conception de matériel roulant générant moins de bruit, pendant que des fonds publics non-négligeables² sont consacrés à la construction d'équipements de protection contre le bruit (murs antibruit, etc.).

2.1.4 Séparation de la gestion des infrastructures et du transport

L'obligation faite aux chemins de fer européens de séparer la gestion de leurs infrastructures de leur exploitation est certainement l'une des questions les plus en vue actuellement. Cette séparation est déjà réalisée, plus ou moins partiellement, par tous les réseaux européens. Toutefois, les cadres et le personnel des entités nouvellement créées n'ont pas encore complètement assimilé cette nouvelle situation. Les cheminots sont fortement empreints d'une culture d'entreprise, façonnée par des décennies d'action au sein d'entreprises par essence intégrées et, pour ce qui concerne les compagnies nationales européennes, bénéficiant d'une situation de

² L'effort de la seule Confédération en la matière est chiffré à plus de 2 milliards pour ces prochaines années.

monopole étatique. La seule vraie concurrence contre laquelle ces entreprises ont dû se battre a été celle du secteur routier et il n'est pas exagéré de dire que, face à ce dernier, les entreprises ferroviaires ont fait preuve d'une incapacité de réaction manifeste et d'absence quasi-totale de vision prospective. Les entités découlant de l'éclatement de ces mêmes entreprises sont appelées maintenant à faire face non seulement à la concurrence que représentent les autres modes de transport, mais aussi à celle qui aura lieu entre opérateurs ferroviaires.

Cette révolution a déjà produit des effets majeurs au niveau organisationnel; elle engendre aussi des conséquences marquées au niveau du personnel.

De surcroît, la possibilité souvent utilisée en Europe de recourir aux fonctions sociales et para-étatiques des grands conglomérats ferroviaires, en tant que soupape de réglage face à des pressions sociales, s'en trouvera fortement diminuée.

2.2 Analyse fonctionnelle des enjeux

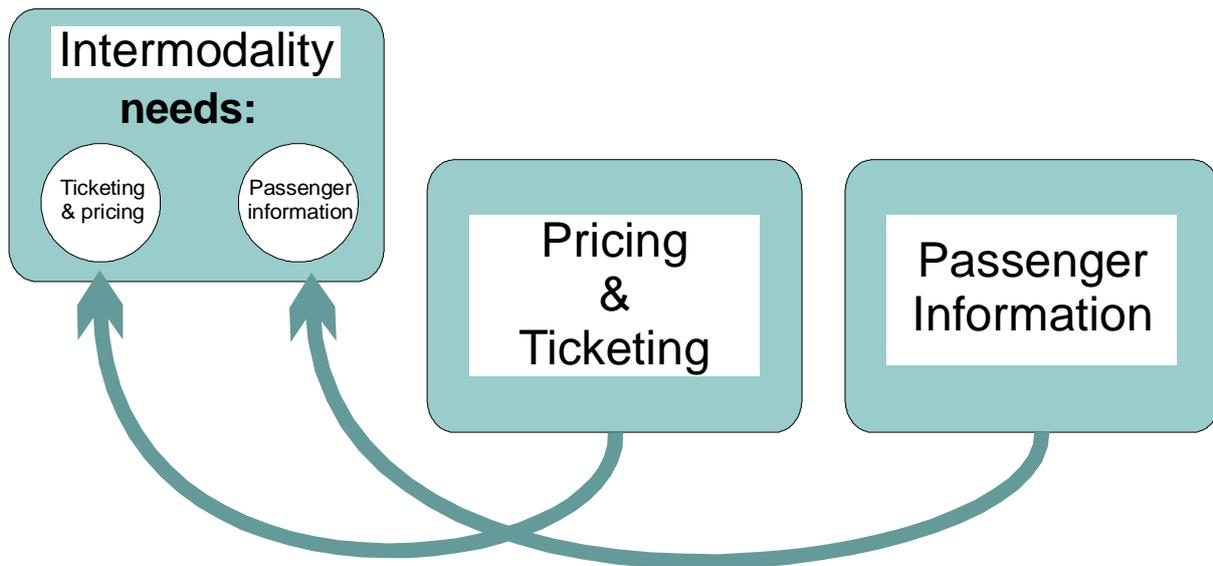
Du point de vue fonctionnel, les enjeux du développement technique au sens large se situent dans les domaines suivants:

- ***intermodalité***, avec pour point de mire une utilisation enfin efficace et performante du système des transports en tant qu'ensemble, permettant de composer facilement des chaînes de transport impliquant pour chacun de leur maillons le mode de transport le mieux adapté;
- ***tarification et billettique***, qui pourra révolutionner la manière dont nous utilisons le système des transports;
- ***information aux passagers***, avant et pendant le déplacement, qui facilitera grandement l'usage du système et améliorera sa crédibilité aux yeux du public;
- ***automatisation à tous les niveaux***, ce qui va profondément modifier le type d'interaction entre l'homme (personnel et usagers) et le système;
- ***systèmes de sécurité et de régulation du trafic***, qui vont concentrer une bonne partie de l'effort de recherche ferroviaire dans un futur immédiat; ce point est lié au précédent, ainsi qu'au besoin d'interopérabilité qu'exige l'ouverture à la concurrence des transports en commun;
- ***les aspects liés à la sûreté*** prendront une place prépondérante, spécialement en zones urbaine et périurbaine, exacerbés aussi par la diminution de la présence physique sur le terrain d'agents de la compagnie, diminution rendue possible par une automatisation accrue.

Des enquêtes auprès d'experts hautement qualifiés conduites par l'ITEP dans le cadre d'autres projets démontrent toutes une convergence forte et constante vers ces quelques domaines, qui sont généralement considérés comme étant ceux où la recherche et le développement vont produire des effets qui vont façonner l'avenir des transports en commun terrestres.

2.2.1 Du côté des passagers et des clients

Les questions ***d'intermodalité, de tarification et de billettique, et d'information des passagers*** sont très fortement liées les unes aux autres.



L'intermodalité est clairement un objectif stratégique majeur de la politique des transports européenne, nationale, régionale et urbaine. Elle est le point de ralliement de plusieurs acteurs de la vie publique, bien qu'ils ne soient pas tous mus par les mêmes préoccupations: d'aucuns sont principalement concernés par la saturation des infrastructures existantes (aéroports, réseaux autoroutiers, voirie urbaine) et la perte d'efficacité économique et sociale qui en découle. D'autres sont plus alarmés par des préoccupations environnementales, telles que les nuisances sonores, la pollution de l'air ou l'utilisation des sources d'énergie non renouvelables. Néanmoins, quelle que soit l'origine des préoccupations initiales, une meilleure intermodalité apporte des éléments de réponse intéressants, ainsi qu'un début de solution à des multiples problèmes.

Dans le contexte d'une économie de marché, qui doit garantir la liberté de choix, une intermodalité accrue exige que plusieurs conditions techniques et commerciales soient satisfaites. Les infrastructures physiques où s'opère le transfert entre modes doivent exister et être d'une pratique aisée. Leur facilité d'utilisation porte non seulement sur leur configuration physique, mais aussi sur les procédures administratives qui doivent être très fortement simplifiées³. C'est ici qu'intervient la question de la **billettique**: les recherches et développements en cours permettront dans l'avenir de se débarrasser des opérations multiples et de les remplacer par des systèmes de paiement unique pour toute une chaîne de déplacement; plusieurs entreprises de transport se sont déjà lancées dans la conception et l'implantation de tels systèmes. Les développements techniques concernés sont: cartes de crédit ou de pré-paiement, lecture et débit sans contact, cartes dites intelligentes, etc.

Au delà de la facilité de mise en oeuvre pour le passager individuel, l'intermodalité exige aussi que le coût total du déplacement par une chaîne multimodale reste compétitif par rapport au coût du déplacement par le mode actuellement préféré. Ainsi, la question de la **tarification** soulève des défis organisationnels multiples: dans une vision d'économiste, il y a en jeu un produit unique (la chaîne multimodale), conçu conjointement par un ensemble de producteurs

³ Trop souvent aujourd'hui, laisser sa voiture dans un parking et continuer en transports en commun exige de s'acquitter d'une taxe de stationnement, puis d'acheter un billet de transports en commun, puis peut-être plus tard un deuxième billet, et ainsi de suite...

(les compagnies de transport, les autorités publiques responsables des voiries, ...) qui ne sont pas forcément prêts à s'entendre d'emblée.

La tarification peut en outre devenir un levier en faveur d'une utilisation plus efficace du système des transports. Les transports en commun urbains appliquent en général des prix forfaitaires et fixes. Si le titre utilisé est un abonnement, la tarification ne dépend ni du taux d'utilisation, ni du moment. Si le titre utilisé est un ticket urbain (ticket de métro, par exemple), le tarif ne dépend ni du moment, ni de la longueur du trajet. Cette structure tarifaire favorise les trajets longs entrepris aux périodes de pointe; c'est malheureusement le segment où la part modale des transports en commun est déjà favorable. De fait, les pratiques tarifaires urbaines actuelles sont antiéconomiques et oeuvrent en défaveur de toute velléité d'intermodalité.

Toutefois, des structures tarifaires plus fines et mieux ciblées exigent au préalable une billetterie beaucoup plus souple que seule une innovation technologique peut rendre praticable. Une adaptation fine du prix payé en fonction du taux et du moment d'utilisation du système exige l'utilisation de méthodes de paiement basées sur des "tickets" intelligents (cartes à puce, etc.). L'utilisation à large échelle de telles méthodes, toutefois, doit surmonter une multitude d'obstacles, dont celui de la protection de la sphère privée n'est pas le moindre. Une carte à puce pourrait permettre de retracer finement l'ensemble des déplacements d'un individu particulier.

Une tarification souple et adaptative associée à une billetterie moderne pourrait révolutionner la manière dont on utilise le système des transports. Les développements en point de mire sont: cartes sans contact et cartes à puce, méthodes de paiement calquées sur les prestations effectivement utilisées, modulation de la tarification tendant de repousser la demande hors des pointes, etc. On va assister à une interaction beaucoup plus dynamique entre le client et le système des transports. Cette évolution pourrait soulever des difficultés majeures liées à la protection des données privées.

Enfin, une condition préalable pour le succès de **l'intermodalité** est une **information accrue aux passagers et aux clients**, avant et pendant le déplacement ou le transport. Créer les conditions techniques et commerciales ne suffit pas si le client n'est pas au courant des possibilités qui lui sont offertes. En matière de déplacements urbains, par exemple, des transferts modaux partiels peuvent s'envisager si l'usager dispose en temps réel de l'information sur les performances des réseaux (congestion, disponibilité des parkings, horaires des transports en commun). L'information routière fournie pendant le trajet permet déjà de modifier l'itinéraire en temps réel. Dans l'avenir, elle permettra aussi de changer de mode, si elle est correctement ciblée. L'information pendant le déplacement est aussi capitale pour le passager des transports en commun: parce qu'il ne se sent pas responsable de l'avancement du véhicule, il se sent prisonnier du système à un degré plus important que le conducteur d'une voiture qui a l'illusion de gérer son avancement; tenir informé le passager, atténue ce sentiment d'impuissance.

Or, pour tenir informé le passager, l'exploitant doit disposer en temps réel de données fiables sur la position et l'avancement des véhicules ou des convois. L'entreprise doit en outre bénéficier de canaux d'acheminement de l'information. Les développements techniques concernés sont: le GPS, la communication par radio, l'identification par transpondeurs, RDS/TMC, Internet, reconnaissance et synthèse de la voie, etc.

L'information aux passagers et aux clients fera un saut qualitatif et quantitatif dans les années à venir. Elle est indispensable non seulement en vue d'une utilisation meilleure des services existants, mais aussi pour promouvoir l'intermodalité. Cette évolution fait intervenir de multiples développements techniques qui concernent à la fois le côté du client que le côté du transporteur. La télématique est le mot clef de plusieurs de ces développements.

2.2.2 Du côté du transporteur

Ici aussi, les questions principales sont fortement interconnectées: *automatisation, sécurité des circulations, gestion des circulations, questions de sécurité publique.*

La conduite automatique et semi-automatique est un défi technique important pour tous les modes de transport depuis longtemps. Toutefois le contexte de développement et le stade d'avancement sont très différents d'un mode à l'autre, d'une échelle géographique à l'autre.

L'automatisation est déjà une réalité dans certains secteurs des transports en commun guidés: c'est le cas des lignes de métro (certaines étant déjà exploitées sans personnel de conduite, les autres bénéficiant d'un degré d'automatisme très élevé, malgré la présence d'un conducteur à bord). Des transports automatiques guidés (ATG) assurent plusieurs services spécialisés (connexions internes dans des aéroports, expositions, etc.).

La conduite sans agent des trains des grandes lignes est encore un défi éloigné dans le temps. La variabilité des situations fait que de tels développements sont ardues et coûteux. Leur intérêt économique étant par ailleurs moindre, comparé aux métros ou aux ATG, l'échéance de la mise en service est lointaine.

Un effort de recherche considérable a été consacré, résultant de plusieurs initiatives européennes, à la conception d'un cadre commun pour le développement d'installations de sécurité ferroviaires susceptibles de garantir l'interopérabilité entre réseaux. La nébuleuse des projets ERTMS/ETCS embrasse d'innombrables avancées techniques dans ce domaine et fixe justement le cadre à l'intérieur duquel elles sont susceptibles de développer leur plein effet. En fin de compte, le tout tend à la réalisation de véhicules et d'infrastructures "intelligents" et constitue ainsi le pendant pour les transports en commun du fabuleux développement technique en cours pour le transport sur route.

Aucun de ces développements ne serait concevable en l'absence d'avancées majeures dans le domaine des télécommunications.

Une automatisation accrue aura des impacts sensibles dans l'usage que nous faisons des transports:

- des tâches faites manuellement encore aujourd'hui seront automatisées; ceci pourrait conduire à l'extinction de pans entiers de qualifications professionnelles;
- de nouvelles tâches exigeront du personnel des qualifications accrues, quantitatives, mais surtout qualitatives;

- il en résultera des remaniements structurels profonds des entreprises de transport, touchant à leur substance sociale;
- du point de vue des services offerts, l'automatisation rendra possible la mise à disposition de services dont l'existence même serait inimaginable en opération manuelle; pour l'usager, cette évolution provoquera un changement fondamental de l'image qu'il a du système des transports et de ses modes constitutifs.

Les buts de l'automatisation sont multiples: fiabilité, sécurité, réduction des coûts. Ce dernier point soulève deux questions qui touchent l'exploitant, mais surtout la société:

- la gestion des reclassements du personnel;
- l'aggravation potentielle des conditions de sécurité publique résultant de la réduction de la présence physique des agents de la compagnie sur le terrain.

La **sécurité publique** constitue déjà le défi le plus important des réseaux urbains des grandes métropoles. Le débat reste encore ouvert quant à savoir si les besoins de sûreté ne risquent pas d'annuler les gains en personnel que permet un recours plus poussé à l'automatisation. Vue sous cet angle, l'automatisation peut même devenir contre-productive.

Nous devons nous attendre à une percée de l'automatisation et ceci à tous les niveaux. Il en résultera des conséquences profondes quant à la structure des entreprises et à leur organisation. Cette tendance aura aussi une influence sur la participation et l'investissement personnel des cadres et des collaborateurs des entreprises. En même temps, une automatisation plus poussée permettra d'offrir de nouvelles prestations, impossibles jusqu'alors. Dans certains secteurs, le recours à l'automatisation peut détériorer substantiellement la sécurité publique, induisant ainsi des impacts clairement négatifs.

2.3 Focalisations du Module F du PNR 41

Il n'est tout naturellement pas possible d'embrasser la totalité de ce vaste champ de l'innovation technique dans les transports à l'aide d'un nombre, forcément limité, de projets attribués par le PNR 41. Cette attribution ne pouvait se faire qu'à partir des propositions qui ont été soumises et en fonction de la qualité et de l'intérêt de ces dernières. Ainsi, par le jeu d'attributions de mandats de recherche à partir d'une enveloppe budgétaire définie, le domaine exploré par le PNR 41 focalise sur un certain nombre d'aspects, où la grande et très grande vitesse se taillent la part du lion et où Swissmetro devient une sorte de projet phare qui concrétise la contribution spécifiquement helvétique dans ce vaste effort d'innovation technique des transports, sans pour autant prétendre - bien entendu - qu'il en constitue la seule.

Comme le montre également la liste des projets de recherche financés par l'Union européenne dans le contexte de son 4^{ème} programme cadre⁴, la thématique touchée est extrêmement variée et multiple. Il n'est dès lors pas possible de l'embrasser dans sa totalité à travers un seul programme national de recherche. Ce chapitre a tenté simplement d'en esquisser le contour en

⁴ Cf. annexe.

présentant, dans une démarche menée un peu à la hache, les grandes lignes et les enjeux des recherches relevant des nouvelles technologies associées aux transports guidés et à leur environnement immédiat, avant de traiter dans le chapitre suivant des travaux liés au Module F du PNR 41.

3. LES TRAVAUX DU PNR 41

Les travaux entrepris dans le cadre du Module F du PNR41 sont regroupés en 6 projets:

- F1 *Nachfrageabschätzung Swissmetro* - Dr. Georg Abay, Planungsbüro Abay & Meier, Zürich
- F2 *Analyse des risques lors d'accidents en tunnels* - Yves Trottet, David Vernez, Prof. Marcel Jufer, EPFL - Département d'Électricité, Lausanne
- F3 *Les enjeux des transports à grande vitesse; des méthodes pour l'évaluation des innovations technologiques; l'exemple de Swissmetro* - Dr. Pierre Rossel, Frédéric Bosset, Olivier Glassey, Roland Mantilleri, ESST EPFL, Lausanne
- F4 *Technische Möglichkeiten im Personenfernverkehr auf der Schiene; Übersichts- und Perspektivstudie* - Stefan Dasen, Michael Engel, Prof. Heinrich Brändli, Institut für Verkehrsplanung der ETHZ, Zürich
- F5 *Les incidences spatiales de la grande vitesse / Räumliche Effekte von Swissmetro* - il s'agit d'un double projet mené par Katell Daniel, Martin Schuler, Prof. Michel Bassand, Prof. Pierre-Alain Rumley, IREC EPFL, Lausanne et par Ricardo Gruber, René Zbinden, Prof. Willy A. Schmid, ORL ETHZ, Zürich
- F6 *Energie- und Umweltbilanz einer Eurometro* -Walter Ernst, Jens Geisel, Hanspeter Graf, Christian Leuenberger, Daniel Schöbi, Amt für Umweltschutz - Kt. Luzern, Luzern

Ces projets peuvent être synthétisés à travers un certain nombre de thèmes, tous liés plus ou moins - comme cela a déjà été mentionné - par un même canevas de base: Swissmetro. Il arrive souvent qu'un thème recouvre largement les travaux d'un projet particulier, de sorte qu'une vision par thèmes ressemble étonnamment à une énumération des résultats par projets. Ceci est dû en partie au faible nombre de projets dans ce module, mais aussi à la place centrale qu'occupent les travaux de l'équipe de P. Rossel qui, à eux seuls, peuvent être considérés être une synthèse assez complète du dossier Swissmetro.

Les thèmes choisis vont du potentiel de développement de la technique ferroviaire actuelle au potentiel commercial de Swissmetro, en évoquant tour à tour les questions de méthodologie d'évaluation (et son application à Swissmetro), la relation fondamentale entre l'aménagement du territoire et les options de politique des transports (par le biais de l'analyse des incidences spatiales de la très grande vitesse), les questions liées au caractère durable de la mobilité qu'offre la grande vitesse (pour lesquelles les écobilans constituent un formidable outil d'analyse et de compréhension) et, enfin, la problématique incontournable de la sécurité.

Une certaine systématique dans la présentation sert non pas à en rigidifier la structure, mais à aider le lecteur à avoir des repères types à travers les six thèmes évoqués. Ainsi chaque thème est présenté en trois volets: le premier, descriptif, donne une orientation sommaire sur les travaux réalisés; le second tente de pointer vers le chemin qui reste à parcourir; le troisième volet, enfin, souligne avec une certaine volonté (auto)critique les apports de ces travaux tant sur le plan factuel que sur le plan méthodologique.

3.1 Potentiel technique de développement du chemin de fer

Basé sur une technique de roulement et de guidage dont les éléments essentiels étaient déjà définis au 19^{ième} siècle, le chemin de fer traditionnel a été réhabilité durant le dernier tiers du 20^{ième} siècle grâce à la conjonction de deux facteurs largement indépendants et souvent anti-nomiques: la très grande vitesse et la protection de l'environnement.

La mise en service de lignes à très grande vitesse, d'abord au Japon (Shinkansen) puis en Europe (TGV), a apporté une preuve de compétitivité salubre pour ce moyen de transport, qui souffrait de la comparaison à ses concurrents directs, l'avion et la voiture individuelle, au moment même où ces derniers vivaient leur période d'expansion la plus remarquable. Bien que ce soit la prouesse technique et non pas les besoins de la société le principal moteur de cette évolution, grâce à elle néanmoins, le chemin de fer a pu se profiler de nouveau comme un moyen de transport moderne, performant et extraordinairement compétitif dans une large gamme de distances.

En parallèle, le chemin de fer bénéficie - toutes choses égales par ailleurs - d'un net avantage en matière d'écobilan, tant pour ce qui concerne l'utilisation de l'espace que la consommation d'énergie.

Dans un contexte de plus en plus sensible à la problématique de la mobilité durable, ce double avantage du chemin de fer (compétitivité technico-commerciale et écologique) confère à ce moyen de transport un intérêt tel, que c'est à l'intérieur du cadre que son potentiel de développement fixe qu'il convient d'apprécier les apports de Swissmetro qui, lui, procède d'une démarche de rupture technologique. Ceci rend également incontournable l'évaluation du potentiel de développement de cette technologie traditionnelle, si l'on veut correctement circonscrire les paramètres qui pèseront sur l'opportunité de mettre en service Swissmetro. Dans un cadre plus large, l'évaluation du potentiel de développement technologique du chemin de fer constitue une préoccupation récurrente. Ainsi, en 1995 déjà, l'Union européenne mettait sur pied une *task force* dont le mandat était intitulé "Trains et systèmes ferroviaires du futur". Plusieurs projets européens (tels que, par exemple, FANTASIE, HINT et-bien entendu-ERTMS), par ailleurs, traitent de cette question de l'avenir du rail sous des éclairages multiples.

3.1.1 Travaux du PNR 41

Le potentiel technique de développement des chemins de fer a fait l'objet du projet F4. Il est également évoqué dans les travaux liés au projet F3 et, collatéralement, par les projets F2, F1 et F5.

L'étude principale part de la constatation que l'augmentation considérable de la mobilité durant les dernières décennies a engendré un accroissement de la charge environnementale, qui n'est plus acceptée par la société comme une fatalité. Dans ce contexte, la promotion du chemin de fer en tant que mode de transport efficace mais aussi favorable à l'environnement prend toute son importance. Toutefois, l'analyse du marché actuel des transports met en évidence une forte croissance de la route et de l'avion et une stagnation relative du rail, qui voit diminuer sa part du marché. Pour les chercheurs impliqués dans le projet F4 il importe ainsi

de tenter d'inverser cette tendance: rendre le rail plus concurrentiel tout en maintenant ses avantages écologiques.

Le projet F4 transcrit dans un premier temps ce but global en des critères d'évaluation précis, reportés sur l'infrastructure et le matériel roulant. Dans un second temps, le marché actuel des transports est passé en revue et des scénarios de développement sont établis. Les directions d'évolution envisagées sont choisies de manière à ce que l'ensemble des développements plausibles soit couvert. Ainsi, les scénarios vont de la protection extrême de l'environnement à une politique qui soutient la route et l'avion, en passant par des scénarios dits "à conditions de marché équitables".

L'analyse a consisté en un inventaire des innovations technologiques connues à ce jour, puis à une évaluation de leur plausibilité et de leur viabilité dans le contexte des différents scénarios de développement. Cette évaluation a été faite par une analyse multicritère, faisant intervenir l'ensemble des critères précédemment définis.

3.1.2 Pistes possibles pour la poursuite des travaux

L'approche employée accorde davantage de poids aux aspects liés à l'étude d'expert qu'à l'analyse scientifique pure, ceci étant dicté par la nature même de la problématique. Toutefois, la mise côte à côte des résultats de cette recherche et de l'état des connaissances en la matière permet de confirmer la pertinence des développements techniques potentiels du rail que met en évidence ce travail. L'avenir du rail, tel qu'il est perçu et déclaré par les professionnels de la branche (constructeurs de voie et de matériel roulant, exploitants, etc.) rejoint dans les grandes lignes la vision des chercheurs, ce qui valide la plausibilité des thèses que ces derniers avancent. Comme par exemple, le président d'une importante compagnie industrielle du domaine ferroviaire qui définissait ainsi le champ probable des futures innovations technologiques (Moreau, 1999):

- une nouvelle signalisation, grâce au recours à la transmission par radio;
- de nouveaux systèmes d'information aux passagers, associés à des titres de transport électroniques;
- des matériaux nouveaux, notamment pour la caisse et le châssis de bogies;
- de nouveaux systèmes de propulsion;
- la réduction du bruit;
- la réduction des temps de montée et de descente;
- la pile à combustible, en tant que substitut du moteur diesel.

Les travaux susceptibles de compléter une étude comme celle-ci sont quasi inexistantes, puisque la démarche employée vise précisément à faire la distinction entre les innovations appelées à mourir dans l'oeuf et celles dont la probabilité de viabilité est grande. Cette sélection a tenu compte du contexte politico-juridique suisse actuel. Il est évident que chaque changement de contexte (vision politique, options stratégiques, environnement institutionnel) exigera une mise à jour de ce travail, fondé à la base sur une vision d'expert.

3.1.3 Apports factuels et apports méthodologiques

Le projet F4 de recherche aboutit à des propositions claires et réalistes quant au potentiel de développement technique du rail et à son intérêt.

Les chercheurs suggèrent que des efforts énormes seront nécessaires pour augmenter l'efficacité des chemins de fer et les adapter aux besoins du marché. Les propriétaires de l'infrastructure seront amenés à baisser les coûts et à optimiser l'allocation des sillons qui seront accordés aux différents exploitants. Dans ce jeu d'ouverture de l'accès aux infrastructures, les pouvoirs publics auront un rôle déterminant d'arbitrage, tout en assurant la défense des intérêts nationaux et ceux des régions.

La recherche indique que les directions du développement technique dans un avenir proche (10 ans) convergent vers les solutions suivantes:

- **réduction des coûts d'infrastructure**, par l'optimisation de la maintenance des voies ballastées existantes et par l'introduction de nouvelles voies sans ballast;
- **réduction des coûts des véhicules**, par une fabrication modulaire et standardisée et par l'augmentation du nombre de places par train (trains à deux niveaux);
- **interopérabilité**, par l'introduction de systèmes eurocompatibles pour la sécurité, le suivi et la régulation des trains (ETCS/ERTMS);
- **diminution des temps de parcours**, par l'introduction de trains pendulaires à grande vitesse.

À plus long terme (dans les 20 prochaines années), le développement technique s'orienterait, selon cette étude, vers:

- **l'automatisation**, notamment aussi grâce à l'utilisation des liaisons par radio;
- **l'adaptabilité de l'offre**, par la fabrication de véhicules à coût et à durée d'utilisation plus faibles;
- **l'optimisation des recettes**, en modulant la charge des convois par adaptation des tarifs et par simplification du contrôle des billets à l'aide des systèmes de billetterie électroniques.

En mettant en exergue un entretien optimal du réseau ferré, une construction standardisée et légère du matériel roulant, la généralisation des systèmes de sécurité et du pilotage électronique, la modernisation de la billetterie, les chercheurs arrivent ainsi à la conclusion que le rail a un potentiel réel d'améliorer sensiblement sa position concurrentielle sur le marché du transport de voyageurs à longue distance.

Les chercheurs concluent en soulignant l'importance des pouvoirs publics: les innovations pressenties ne peuvent être réalisées que si le pouvoir politique contribue suffisamment à réaliser les conditions-cadres nécessaires. Celles-ci incluent la réforme des chemins de fer (juridique et financière), l'accès à l'infrastructure sans discrimination et la création de règlements pour les autorités de contrôle.

Les défis, selon les chercheurs...

Le principal défi des prochaines années consiste à réduire les coûts par un entretien optimal des voies ferrées et par la construction standardisée de matériel roulant. L'introduction rapide de systèmes électroniques pour la sécurité et la conduite, à même d'augmenter la capacité tout en réduisant le temps de parcours, revêt également une grande importance. La billettique permettra de concevoir une offre mieux adaptée aux besoins des clients et plus rentable. Afin de valoriser ces potentiels d'innovation techniques, les pouvoirs publics sont appelés à mettre en place des conditions-cadre adéquates.

Du point de vue méthodologique, il convient de noter que la méthodologie employée (analyse multicritère) peut aboutir à des analyses extrêmement compliquées. Cette complexité apparente, engendrée par la présence de multiples critères hiérarchisés, associés à des poids qui reflètent leur importance respective et à des appréciations quantitatives évaluées sur des échelles particulières, risque d'occulter complètement la nature nécessairement arbitraire de la méthode. En effet, le choix des poids et des échelles est une opération qui ne peut être objectivée; l'évaluation selon certains des critères ne repose que sur la vision des experts. Ainsi, la qualité des résultats est tributaire de la clairvoyance et la pertinence des experts.

Cette considération a son importance dans un contexte de choix politique: l'apparente scientificité de la méthode, due à sa complexité, peut servir d'alibi et masquer une absence de vouloir assumer la responsabilité politique d'une décision derrière un voile d'études scientifiques.

Pour résumer, le risque qu'implique l'emploi de cette méthode n'est pas le recours à l'opinion des experts; ce dernier est inévitable dans le domaine touché par cette recherche. Le risque réel est que la présentation détaillée et chiffrée de l'analyse ne fasse oublier qu'en dernier ressort les résultats obtenus sont très fortement dépendants d'une vision d'expert susceptible, elle, de se modifier avec le contexte.

3.2 Méthodes d'évaluation technologique appliquées aux transports à grande vitesse

Les transports guidés à très grande vitesse, qu'ils s'inscrivent dans le prolongement des techniques traditionnelles ou qu'ils constituent une rupture technologique, posent des défis formidables non seulement techniques, mais aussi pour ce qui concerne l'évaluation de leurs effets. Comme cela a déjà été mentionné, les lignes à très grande vitesse déforment littéralement l'espace (figure 2⁵). Elles sont donc potentiellement susceptibles d'engendrer des effets à large échelle, touchant le développement économique et social à la fois. L'étude et l'évaluation a priori de ces effets sont d'autant plus difficiles que les cas observés sont suffisamment peu nombreux et ne permettent ainsi pas de départager avec certitude les aspects universels de ceux qui ne constituent, finalement, qu'une particularité du cas étudié.

⁵ Cette figure est donnée à titre d'exemple; elle représente une vision "grands centres"; il est clair que la déformation des "distances" qui séparent des centres de plus petite importance est moins brutale, compte tenu du poids des trajets terminaux d'accès.

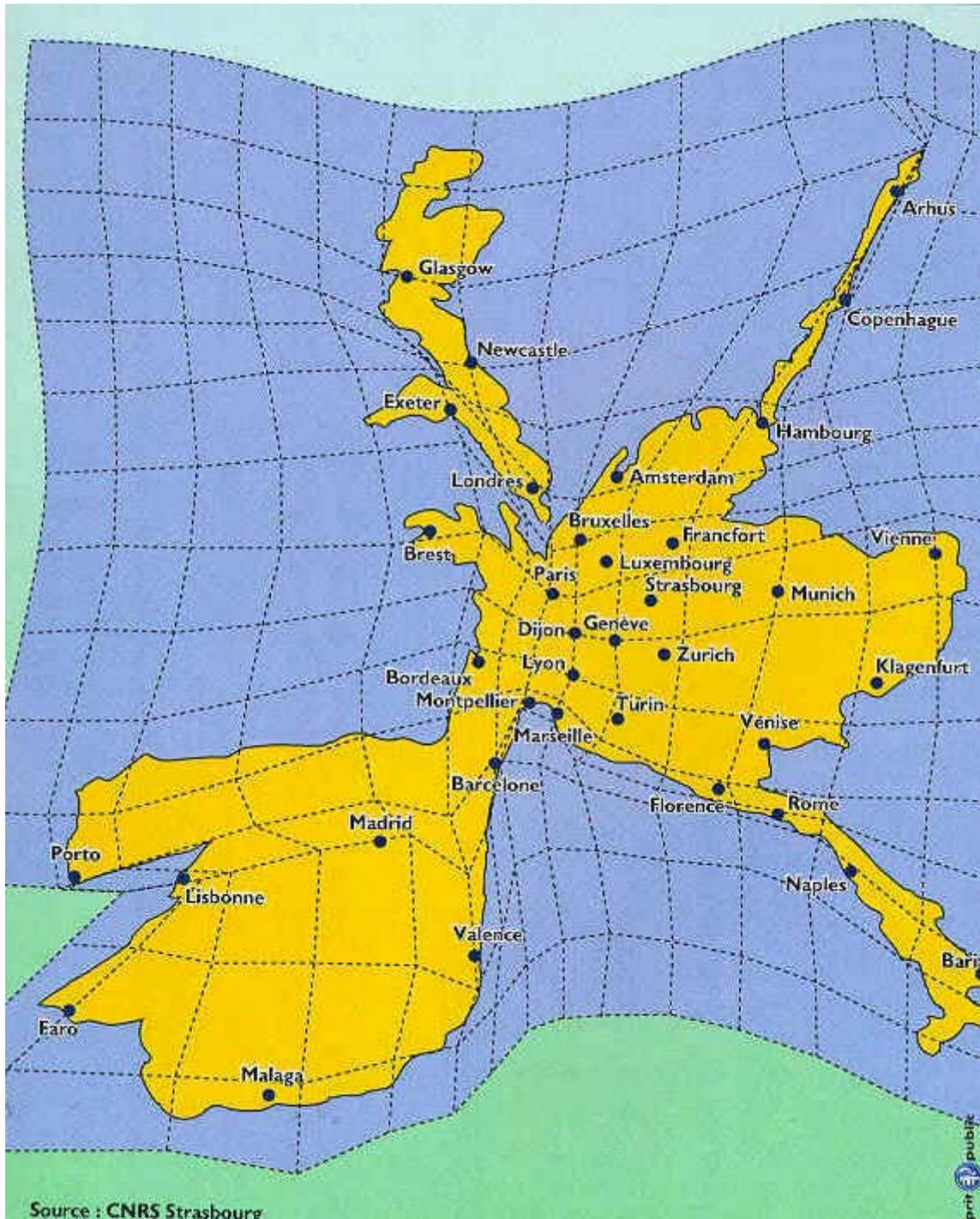


Figure 2: Déformation en 2015 de l'échelle des distances en Europe due à la très grande vitesse (Source: CNRS, Strasbourg, citée dans Guglielminetti et al., 1998)

3.2.1 Travaux du PNR 41

Les aspects méthodologiques de l'évaluation de Swissmetro sont évoqués dans l'ensemble des projets du Module F du PNR 41. Toutefois, l'essentiel de la recherche méthodologique est le fait des travaux gravitant dans la mouvance du projet F3. Le point de focalisation de ce projet

a subi un glissement en cours de travail. À l'origine, la recherche devait viser les nouvelles technologies dans les transports, avec un poids particulier porté sur l'interaction entre l'innovation et les besoins de mobilité. Pour des raisons multiples et pertinentes, la recherche s'est finalement orientée vers la très grande vitesse ferroviaire, la sustentation et le guidage magnétiques et les dynamiques d'évolution qui leur correspondent, avec - bien entendu - Swissmetro en point de mire.

Le travail principal accompli au sein du projet F3 comporte quatre volets:

- le premier volet, introductif, résume les données de base et les replace dans leur contexte;
- le deuxième volet tente une évaluation technologique de Swissmetro, sous deux aspects;
- le troisième volet dégage les conclusions factuelles et méthodologiques;
- enfin, un quatrième volet, réalisé en tant que complément⁶, se penche plus particulièrement sur l'avenir des techniques de sustentation magnétique face au développement des transports dits à haute performance.

Le premier volet, en sorte de phase préparatoire du travail, présente consécutivement:

- la grande vitesse ferroviaire, son émergence et son évolution; ce faisant il maintient un point de vue critique et constructif à la fois;
- le contexte institutionnel et politique dans lequel s'inscrit ce développement;
- le concept de Swissmetro, puis sa transformation en projet; après une présentation des éléments constitutifs et de leur montage en ensemble cohérent, les chercheurs font état des oppositions et interrogations qu'il suscite et finissent par inventorier les questions qui restent encore ouvertes.

Dans le deuxième volet, le travail procède à une évaluation de la technologie (Technology Assessment) de Swissmetro. Cette évaluation est faite en deux phases: d'abord en tant que projet, dans l'état où il se présente dans le dossier de demande de concession, puis en tant que concept, en faisant abstraction des contingences liées au projet particulier.

Les conclusions du projet, qui comportent un volet factuel sur le concept du Swissmetro, ainsi qu'un volet méthodologique sur la puissance et les limites de l'évaluation technologique, sont présentées en fin de section.

3.2.2 Pistes possibles pour la poursuite des travaux

Si le travail présenté donne une bonne vision de ce qu'il convient de regrouper sous l'appellation de *Technology Assessment*, il montre également combien grands sont encore les progrès à réaliser dans ce domaine. Ainsi, une première voie à explorer à l'issue de ce travail consiste à poursuivre les recherches dans cette discipline et plus particulièrement à établir une sorte d'état de l'art en vue de dégager les points les plus importants en la matière.

Si le nom même de *Technology Assessment* peut sembler quelque peu barbare, il convient de préciser que ce procédé d'évaluation n'est rien d'autre qu'une étude d'opportunité au sens clas-

⁶ Ce complément fait l'objet du rapport M28 du PNR 41.

sique du terme, mais réalisée à un niveau stratégique. De cette constatation peuvent être tirées trois caractéristiques essentielles d'une TA:

- **l'interdisciplinarité**; les aspects sociaux, psychologiques et culturels doivent être traités avec autant d'égards que les aspects économiques et écologiques;
- **l'ouverture**; il n'existe pas de schéma précis pour réaliser une TA, la méthode doit être choisie en fonction du problème traité et des objectifs, ce qui signifie que la TA ne doit et ne peut être réglementée ou standardisée;
- **la prise de décision**; la TA est une approche vitale pour faire ressortir les questions; elle doit être orientée vers la prise de décision, c'est-à-dire servir de base pour définir (cf Rüschi et Häfeli, 1999)
 - ◇ les stratégies en matière de politique de transport et de mesures à prendre,
 - ◇ les programmes technologiques,
 - ◇ la nécessité de fixer des lignes techniques et des normes et
 - ◇ les investissements.

Ces quelques considérations montrent que d'une part l'approche de la TA reste encore assez malléable, mais que d'autre part il est très difficile d'intégrer des dimensions autres que l'économie et l'écologie dans l'évaluation de nouvelles technologies. Ce dernier point est particulièrement remarquable lorsqu'on sait que ce sont précisément ces aspects qui permettent de juger véritablement de la durabilité en matière de transport. Ainsi donc, il est possible de cerner les principaux besoins en matière de TA en Suisse sous forme de besoins de:

- constitution des bases pour la formation des conditions-cadres techniques, légales et organisationnelles en vue du développement et de l'introduction des nouvelles technologies en transports;
- amélioration des informations critiques sur l'opportunité ou les risques des nouvelles technologies dans le transport (État, population);
- considération globale et systémique des transports, notamment lorsqu'il s'agit d'établir des bilans sur les conséquences négatives ou positives de nouvelles technologies.

Une deuxième problématique mise en évidence par ce projet, en prolongement direct de la question fil rouge n°2, concerne les difficultés liées non pas aux procédés d'évaluation, mais aux méthodes de management de ces projets à forte rupture technologique. Cette problématique a été également reprise (F.-L. Perret⁷, in Walter, 1999) lors du colloque que le PNR 41 a organisé en 1999 à Lausanne. S'il est inutile et impossible de développer dans le cadre de cette synthèse une théorie de la gestion de projet, il est par contre intéressant de relever les facteurs qui ont été identifiés à ce jour et qui peuvent jouer un rôle déterminant dans la réussite ou l'échec (Bell, 1998) de projets liés aux nouvelles technologies.

Le temps est essentiel dans la mesure où la réussite d'une nouvelle technologie ne peut être assurée que s'il existe une "synchronicité" entre son apparition et les besoins du marché. Cela signifie que c'est finalement le marché qui va décider de l'opportunité réelle et factuelle d'une nouvelle technologie. En pratique, l'échec intervient lorsque l'innovation arrive trop tôt et que les risques à prendre pour les promoteurs du projet sont trop grands, ou lorsque le projet ar-

⁷ L'auteur cite notamment divers modes de logique de conduite (des études et de la réalisation), tels que: l'organisation chaotique / opportuniste, la démarche pyrrhonienne, l'analyse économique systémique, le "stakeholders management" et la décomposition des risques en ensemble homogènes et complémentaires.

rive trop tard et que les parts du marché sont déjà prises. Un des rares éléments pouvant contrecarrer cette "sélection naturelle" est une implication massive de l'État, qui permet d'aller au delà de la rentabilité stricte du projet en lui assignant des objectifs de propagande et de prestige.

La souplesse dans l'élaboration et dans la gestion d'une innovation technologique est une des clés du succès dans le sens où une nouveauté ne doit pas être considérée comme un objet dont l'évolution est déterminée uniquement et définitivement, mais bien comme un produit négocié et flexible. Cette souplesse doit également permettre de mettre à profit toutes les externalités induites par le projet (spin-off). Cet aspect est important dans la mesure où il peut favoriser le développement d'une nouvelle technologie en attirant des investisseurs autres que ceux qui sont directement touchés par le projet. Dans le cas du Swissmetro, la maîtrise de la sustentation magnétique ou du comportement de certains matériaux dans le vide pourrait permettre aux promoteurs de viser également des marchés différents de celui des transports.

Le développement simultané intervient lorsque la conception du produit, de la nouvelle technologie se fait en même temps que la fabrication d'une version opérationnelle, définitive. Ce cas est relativement fréquent en haute technologie (Bell, 1998) et la difficulté qui lui est associée est d'intervenir soit "trop tôt pour parler des problèmes qui surgissent", soit "trop tard pour arrêter le projet". Ce risque peut entraîner d'une part des conséquences financières désastreuses et d'autre part des conséquences sur la qualité du produit livré, puisque l'apparition de problèmes techniques dans le développement peut inciter à assouplir progressivement les spécifications auxquelles le fournisseur doit se conformer. Si le développement simultané voyait le jour dans le projet Swissmetro, cela pourrait déboucher par exemple sur l'abandon d'une innovation technique du projet, soit le vide partiel ou la sustentation magnétique. L'attrait de ce nouveau moyen de transport pourrait alors en être fortement diminué.

Les contrôles durant le développement et la fabrication de produits techniquement novateurs sont primordiaux, si l'on veut garantir une parfaite maîtrise d'aspects aussi critiques que les coûts ou la sécurité. Ces contrôles doivent bien évidemment être réalisés par des instances totalement indépendantes du projet. De plus, pour assurer la sécurité et la réussite d'un projet de haute technologie, il est indispensable de présumer défaillant tout élément (matériel ou logiciel) tant qu'il n'a pas été validé à l'aide des meilleures pratiques en vigueur; ce principe est donc l'opposé de celui appliqué en justice.

De nombreux autres domaines pourraient encore être explorés à l'issue de ce travail de recherche, mais ils dépassent le cadre de la présente synthèse.

3.2.3 Apports factuels et apports méthodologiques

Le projet F3 est le point pivot du Module F. Il traite à la fois des aspects factuels (première question du fil rouge) et des aspects méthodologiques (seconde question). Ambitieux quant au champ et aux objectifs retenus, il évite avec élégance un certain risque de superficialité, inhérent à ce type de démarche.

Le projet F3 décrit l'état de l'art concernant Swissmetro. Il va même beaucoup plus loin, en replaçant la problématique dans un contexte plus général, celui de la très

grande vitesse terrestre. Ce seul fait suffit pour faire du rapport publié un outil précieux, indispensable à tous ceux qui doivent traiter de ce sujet ou que Swissmetro intéresse. De ce point de vue, le projet atteint largement les objectifs qu'il s'est fixés.

Le projet F3 souffre peut-être un peu de l'ambition de ses objectifs. Un certain schématisme, notamment dans ses parties les plus techniques, est le prix d'une simplification souvent inévitable. L'intervention d'experts ayant une connaissance fine du domaine ferroviaire, aurait certainement permis de trancher mieux certaines conclusions, mais au prix d'une prolongation d'études déjà lourdes.

Dans le domaine étudié, les contraintes méthodologiques empêchent de faire totalement abstraction de la subjectivité de la vision. Cette dernière constitue ainsi un piège permanent. Les chercheurs en sont conscients et tentent d'éviter l'écueil par le recours non pas à une seule vision d'expert, mais à la synthèse des visions de plusieurs experts. Malgré cette précaution, il convient de se demander dans quelle mesure les conclusions factuelles finales peuvent ou non être qualifiées de scientifiques dans l'acception étroite du terme, à savoir indépendantes de l'observateur et aptes à être répétées.

Analysant la demande de concession pour un tronçon Swissmetro entre Lausanne et Genève, les chercheurs du Module F font état de réserves sur la forme, essentiellement liées à la sécurité, mais aussi sur le fond; parmi ces dernières:

- le fait que les infrastructures, partie très importante du projet, doivent être prises en charge par les pouvoirs publics (les engagements existants, la complexité des reports modaux et les appréciations sur la performance environnementale jouant dès lors un rôle déterminant);
- les incertitudes pesant sur les reports modaux attendus (de la route au rail par exemple), ainsi que sur les possibilités de revitalisation du trafic voyageurs régional;
- le fait que la demande de concession ne porte que sur le seul tronçon Lausanne - Genève, alors que c'est un réseau beaucoup plus vaste qui est envisagé et son corollaire
- la brièveté du parcours, qui ne permet pas de valoriser tout le potentiel de la grande vitesse.

Force ou faiblesse ?

Selon les chercheurs, la principale différence de Swissmetro par rapport à ses concurrents (totalité du système en souterrain et sous vide partiel) constitue à la fois sa force (pas de problème d'insertion du système dans l'environnement humain ou naturel) et sa faiblesse (pas de vérification globale à ce jour des hypothèses sur lesquelles repose le projet)

Aspects à étudier...

Selon les chercheurs, les réserves face à Swissmetro (financement, estimation de la demande, effet "tunnel" et trafic induit) ont toutes un sens, mais aucune d'entre elles ne disqualifie a priori le projet...

Les conclusions du projet F3 concernant Swissmetro sont tout en demi-teinte. Sans décrier le concept, les chercheurs le questionnent, parfois avec une telle insistance, que le doute finit par transpercer et apparaître au grand jour. En prenant un peu de recul, y compris par rapport à ce projet, force est de constater que la question de

l'opportunité du Swissmetro n'est pas encore définitivement tranchée et que cette idée devra toujours compter avec l'existence de deux camps qui se font face: celui des convaincus et ce-

lui des détracteurs. Mais, n'a-t-il pas été ainsi depuis toujours de toute évolution technique majeure?

Les conclusions méthodologiques du projet F3 sont nettement plus précises et confirment la validité de l'évaluation technologique (Technology Assessment) en tant qu'approche d'aide à la décision. Il convient cependant de ne pas sous-estimer les volets non-objectivables d'une telle approche et d'éviter que le décideur politique ne devienne finalement l'otage d'une expertise technique (quelle que soit la sagesse des experts impliqués), ce qui constituerait un risque extrême pour un système démocratique.

Ils ont dit...

"Au terme de cette recherche, il convient en particulier de relever que Swissmetro, du fait de ses dimensions à la fois originales et stimulantes, devrait permettre la mise au point d'outils pour l'évaluation des systèmes de transport complexes, en particulier dans la perspective d'une comparaison entre différents modes de transport, qu'ils soient concurrents ou complémentaires, locaux ou globaux."
(Rossel et al., 1999)

3.3 Incidences spatiales de la grande vitesse

Les liens entre les infrastructures de transport, l'urbanisation et l'aménagement de l'espace ont déjà été évoqués à plusieurs reprises. Plus grands sont les apports espérés d'une nouvelle infrastructure en termes de performances techniques, plus grande sera aussi l'ampleur de ses incidences spatiales. Deux facteurs particuliers militent en faveur d'une étude poussée de ces dernières, notamment lorsqu'il s'agit d'évaluer les effets d'une opération aussi fondamentale que la grande vitesse:

- les effets sur le développement territorial portent sur le long et le très long terme et ont un caractère permanent;
- ses effets se développent à travers des mécanismes complexes; les incidences spatiales sont des incidences indirectes, mais leur concrétisation et ampleur dépendent d'autres effets - plus directs - qui se développent en relation avec le contexte socio-économique, politique, voire culturel.

Dans un tel contexte, les questions qui se posent portent sur:

- la nature des effets qui pourraient se produire;
- l'ampleur de ces effets et, si possible, leur quantification, en relation avec
- les conditions nécessaires et suffisantes pour que ces effets se produisent;
- la compatibilité de ces effets avec la politique de développement voulue et leurs conséquences sur cette politique.

3.3.1 Travaux du PNR 41

Un important pan des travaux du Module F est consacré à l'étude de ce sujet. Les incidences spatiales de la grande vitesse, et de Swissmetro plus particulièrement, sont traitées au sein du

projet F3 et sont l'objet principal (et unique) des deux volets formant le projet F5. Elles sont également évoquées et traitées, dans une certaine mesure, par plusieurs autres projets, y compris en dehors du Module F. Il convient enfin de signaler que ces études complètent et enrichissent une problématique déjà défrichée par les études menées sous l'égide de Swissmetro, en vue de la consolidation du projet et de la demande de concession déposée auprès de l'autorité fédérale.

Une des particularités des travaux du Module F est de tenter de jeter un pont entre les deux écoles polytechniques fédérales, celle de Zürich et celle de Lausanne. Le projet F5 comporte ainsi deux volets, attribués à deux équipes. L'un de ces volets, attribué à l'ORL sous la responsabilité du professeur Schmid, établit une modélisation à l'échelle de la Suisse tout entière, couvrant aussi bien les infrastructures de transport que le territoire, la population ou encore l'activité économique, afin de simuler les développements spatiaux. Cette simulation est élaborée, avec un horizon en l'an 2030, à l'aide du modèle intégré de transport et d'utilisation du territoire TRANUS⁸. Le principe consiste à comparer plusieurs états futurs basés sur des combinaisons de variantes de système de transport et de différents scénarios de conditions-cadres sociales, économiques et politiques. Cette comparaison vise à dégager les tendances les plus probables du développement de l'espace pour les trente prochaines années.

L'autre volet, mené par l'IREC sous l'égide du professeur Bassand, consiste à développer différents scénarios d'évolution possible de l'environnement social, économique et politique de la Suisse à l'horizon 2030, ce qui permet également de fournir un input pour la simulation effectuée par le groupe Schmid. À partir de ces cinq scénarios prospectifs, l'IREC quantifie l'impact spatial de Swissmetro en recourant à une analyse des processus qui sont à l'origine de la création de cet impact.

La méthodologie suivie par l'IREC consiste d'abord à formuler des hypothèses quant aux incidences spatiales d'une infrastructure de transport. Ces hypothèses émanent et reflètent l'état des connaissances les plus récentes en la matière, en tirant parti notamment des cas déjà existants, documentés et ayant fait l'objet de recherches multiples et variées. La suite du travail vise à établir dans quelle mesure ces hypothèses fondamentales sont vérifiables dans le cas de Swissmetro et à des horizons temporels relativement éloignés.

Par la suite, sur la base du débat scientifique actuel et d'enquêtes d'opinion, l'IREC esquisse des variantes d'évolution du système "territoire - transport - société" suisse. Ces évolutions possibles sont, dans une deuxième phase, synthétisées et associées à un éclairage statistique, ce qui permet finalement de formuler les cinq scénarios suivants, présentant divers contextes sociaux, institutionnels et politiques:

- scénario de **déclin**
- scénario d'une **Suisse riche et solitaire**
- scénario de **croissance dynamique et ouverte**
- scénario de **prolongement de tendance**
- scénario de **développement durable**

⁸ TRANUS a été développé par Tomás de la Barra, cf. <http://www.modelistica.com> et de la Barra (1998).

Enfin, l'IREC introduit Swissmetro dans ces scénarios ce qui permet de quantifier et de qualifier à la fois les incidences spatiales de ce projet, de valider les hypothèses fondamentales formulées en début de recherche et de comparer les résultats à ceux qu'a obtenus l'ORL suivant une méthodologie différente.

Le travail en parallèle de l'ORL accorde un poids encore plus important à l'analyse quantitative grâce au recours au modèle TRANUS, qui est un modèle de transport intégré multimodal, couvrant le transport de marchandises et de personnes. Son utilisation s'articule autour de trois éléments:

- **le zonage du territoire;** son élaboration doit tenir compte des aspects économiques régionaux, des différents types d'habitat, de la hiérarchie et de l'emplacement des centres; la taille des zones doit être à la fois suffisamment grande pour ne pas alourdir les calculs et suffisamment fine pour pouvoir négliger les déplacements intérieurs aux zones; ainsi, la Suisse a été découpée en 175 zones, auxquelles ont été rajoutées 4 zones externes pour tenir compte des exportations et des importations;
- **l'économie;** la division en secteurs économiques se réfère aux définitions classiques (secteurs primaire, secondaire et tertiaire) mais elle affine considérablement ce découpage, par la définition de 37 secteurs;
- **la population** est classée en 4 catégories de ménages, qui sont fonction du type de profession et du degré de formation de leurs membres.

À partir de cette modélisation du territoire et des activités, TRANUS estime la génération des déplacements entre les zones du champ d'étude, à l'aide de fonctions de demande pour chaque secteur économique. Ainsi, TRANUS tient compte du caractère dérivé de la demande de transport, car chaque déplacement est le fruit d'une demande pour un produit ou pour un service entre deux zones. Le modèle permet donc de distinguer le trafic pendulaire, d'achat et professionnel⁹ et de répartir les différents déplacements sur les modes de transport, soit la voiture, le bus, le train et le Swissmetro.

En vue de réaliser une simulation du développement spatial, des variantes d'évolution des infrastructures et de l'exploitation des systèmes de transport ont été élaborées. Les variables qui définissent le système de transport dans TRANUS sont les liens (nombre, types, jonctions), leurs caractéristiques (capacité, vitesse, coûts d'utilisation) et l'offre de transports publics. Les scénarios de développement des infrastructures tiennent compte des aménagements déjà décidés (Rail 2000, NLFA, ...) et de quatre variantes de réseau Swissmetro. Ces scénarios concernant les réseaux ont été combinés à deux scénarios de développement choisis parmi les 5 élaborés par l'IREC. La simulation du développement spatial a ainsi été menée pour toutes ces combinaisons de variantes de réseau de transport et de scénarios de conditions-cadres, ce qui a permis de tenter de quantifier l'impact de l'introduction éventuelle de Swissmetro en fonction des différentes variantes de développement.

⁹ Le tourisme, ou plutôt le trafic de loisirs, a été traité à part.

3.3.2 Pistes possibles pour la poursuite des travaux

Le projet F3 souligne que la question n'est pas de savoir si Swissmetro va engendrer un effet centralisateur, ce qui paraît incontestable, mais plutôt de déterminer la forme que ce processus va prendre, son ampleur et le besoin éventuel de mesures d'accompagnement. En effet, comme les recherches de l'IREC dans le cadre du projet F5 le démontrent, les incidences spatiales s'exercent à travers plusieurs processus et dépendent de la compatibilité et des effets de synergie que peut avoir (ou ne pas avoir) une nouvelle infrastructure avec le contexte socio-économique et politique dans lequel elle se réalise.

Il convient ainsi de maintenir cette question positionnée dans un débat plus large, dans une perspective évolutive de géographie politique et économique. Les multiples incertitudes liées à ce contexte appellent des travaux de recherche supplémentaires, qui s'inscrivent dans le prolongement direct des travaux du module F5. Cette tâche est d'autant plus délicate que, par l'ampleur de sa réalisation, Swissmetro pose l'horizon temporel de planification à un terme éloigné; il n'est donc pas possible d'appréhender l'évolution probable à l'aide d'un seul scénario unique.

Or les travaux tant de l'IREC que de l'ORL démontrent de manière spectaculaire le nombre élevé de combinaisons possibles entre évolutions alternatives des variables de base, ce qui pourrait conduire à l'explosion du nombre final de scénarios synthétiques.

Dans ce contexte tout élément de recherche permettant de cerner le champ possible de l'évolution future des variables de base est susceptible de faciliter la vision et les décisions politiques qui en dépendent.

Pour ce qui concerne les incidences spatiales proprement dites de la grande vitesse, nous ne sommes encore qu'au début d'exploration d'un champ vaste et complexe, notamment à cause de la longueur des chaînes qui lie à travers des mécanismes très indirects un nombre élevé de causes à un nombre non-négligeables d'effets interdépendants (dont l'incidence spatiale). Cette exploration sera rendue d'autant plus efficace que le nombre de cas existants de réalisation de lignes à très grande vitesse se multipliera. La réalisation en cours ou future de telles liaisons constitue une chance unique pour la recherche et la connaissance, qu'il serait inopportun de ne pas saisir.

Sur un plan plus technique, les expériences réalisées par l'ORL avec le modèle TRANUS, tout comme la comparaison détaillée des résultats obtenus par les deux équipes de recherche soulignent l'existence de deux besoins fondamentaux, longtemps connus des spécialistes:

- *le besoin de recherches méthodologiques fondamentales, car dans ce domaine de l'interaction entre l'organisation de l'espace et les transports il n'y a pas encore d'indices permettant de sentir l'émergence de théories d'une certaine universalité qui permettraient d'espérer des résultats dépendant peu des méthodes utilisés pour les obtenir;*
- *le besoin de recherches appliquées dans le domaine de la modélisation des interactions transports - territoire, les modèles actuels étant encore trop dépendants d'une théorie que leurs auteurs ont "câblée" à l'intérieur des processus de calcul modélisés et dont les applicateurs sont souvent prisonniers.*

3.3.3 Apports factuels et apports méthodologiques

Swissmetro centralisateur ?

Swissmetro profiterait aux centres alors que les espaces périphériques et, dans la plupart des scénarios, les petites villes, seraient au nombre des perdants. Mais l'équilibre entre les sept grandes régions suisses serait à peine modifié. En outre, les changements au niveau de la population et des emplois (de 3% au maximum) seraient nettement moins élevés que ceux qui sont induits par Rail 2000 ou le réseau autoroutier.

Les études menées sur ce thème dans le cadre du PNR 41 confirment dans une très large mesure que l'impact de nouvelles liaisons à grande vitesse sur l'organisation de l'espace n'est pas dissociable de la vision, non seulement en état mais aussi en tendance, que l'on peut avoir du monde, c'est-à-dire d'une certaine organisation politique et économique de la société.

Il est notamment souligné que l'incidence de la grande vitesse sur la répartition spatiale des activités est pour l'essentiel indirecte, seule son incidence sur les flux étant directe. L'incidence spatiale, elle, se produit à travers quatre processus:

- la compatibilité entre l'infrastructure nouvelle et la mobilité qu'elle sous-entend, d'une part, et l'organisation territoriale, d'autre part, ainsi que des effets de synergie entre les deux; c'est ce que les chercheurs ont appelé la *congruence*;
- le différentiel qu'introduit la nouvelle offre de transport par rapport à l'état existant, c'est-à-dire l'importance du saut qualitatif que représente la nouvelle offre;
- la capacité des territoires de tirer parti de la nouvelle offre;
- les stratégies des différents acteurs impliqués dans le processus, tant avant la réalisation de la nouvelle infrastructure qu'après sa mise en service.

Même si le détail des résultats, notamment quantitatifs, laisse paraître des divergences entre les différents travaux et recherches, certaines conclusions de fond sont communes et corroborées. On peut ainsi affirmer, pour ce qui concerne Swissmetro, que:

- la politique des transports et l'organisation territoriale seront décisives sur l'effet positif ou négatif de Swissmetro;
- quelques soient le scénario ou la variante de Swissmetro, ce dernier aura globalement une faible influence sur la localisation des activités; ses effets sur l'évolution de la population et des emplois restent limités dans une fourchette de zéro à trois pour cent, aussi bien au regard du type de zone (grands centres, couronnes, hors agglomération, etc..) que de région (Mittelland, Tessin, régions lémanique ou zurichoise, etc...);
- globalement il y a plus de probabilités que les grands centres et la région lémanique tirent profit de Swissmetro, plutôt que les espaces périphériques et la Suisse orientale; ainsi, d'une part, Swissmetro favorise le concept de mise en réseau des grands centres, mais, d'autre part, en relativise la vision officielle, car il a tendance à creuser l'écart entre les grands centres économiques et les autres centres (tout comme les logiques économiques, par ailleurs);
- enfin, Swissmetro est nettement plus à même de favoriser des dynamiques spatiales souhaitables lorsqu'il est placé dans le contexte de certains scénarios (croissance ouverte et dynamique, développement durable, ou déclin) que si d'autres scénarios de développement prévalent (Suisse riche et solitaire ou prolongement de tendance).

Il convient ici de reporter et de souligner les conclusions de l'IREC:

Le contexte des scénarios est plus décisif que Swissmetro lui-même sur l'organisation du territoire helvétique. Dans certains scénarios, cette nouvelle infrastructure renforce les tendances à l'œuvre; parfois elle les dessert. Quant à évaluer Swissmetro à l'aune des objectifs d'organisation du territoire, il semble que cette intention soit trop précoce.

Lorsque la prévision fait partie des objectifs d'une recherche, il convient d'en comparer les résultats à des travaux analogues, entrepris par d'autres équipes, employant d'autres méthodologies, admettant d'autres hypothèses. Or, des études analogues, ayant Swissmetro pour objet, (Güller P. & M., 1998) aboutissaient à des conclusions largement compatibles à ceux du PNR 41:

- Swissmetro contribuerait à former à l'échelle suisse un réseau de villes à l'image du Mittelland; si, pour des raisons initiales de rentabilité, seule la ligne Genève - St-Gall était réalisée, il y aurait une relative marginalisation des zones de campagne, ce qui nécessiterait des mesures compensatoires au niveau du trafic régional et du tourisme;
- les villes de seconde importance proches des villes desservies par Swissmetro seraient très avantagées; elles se développeraient en se profilant en tant que lieux d'habitation recherchés pour leur calme; dans le même sens, les banlieues des villes desservies par Swissmetro profiteraient elles aussi de sa présence, mais au prix d'une forte augmentation du coût de l'immobilier; les villes n'ayant pas accès à Swissmetro ne seraient pas touchées, si ce n'est que les petits centres régionaux seraient renforcés;
- le rapport "gain de temps¹⁰ des villes desservies par Swissmetro/gain de temps des villes non-desservies par Swissmetro" serait de 0,70/0,26 dans le cas d'une réalisation de Swissmetro, alors qu'il serait de 0,09/0,18 avec les seules réalisations déjà décidées (Rail & Bus 2000, NLFA, ...); cela montre que Swissmetro favoriserait beaucoup plus les villes qui lui sont directement liées, ce qui pourrait aller à l'encontre d'une politique qui tendrait à renforcer la mobilité des zones périphériques;
- les villes de Berne et de St-Gall ne deviendraient pas des cités-dortoirs de Zürich, bien que le marché du travail de la région zurichoise serait encore renforcé.

Du point de vue méthodologique, enfin, les scénarios socio-économiques et démographiques produits par des travaux du projet F5 constituent un outil pour l'étude prospective de la répartition régionale des habitants et des emplois en Suisse (avec et sans Swissmetro). Adaptés, ces scénarios peuvent aussi constituer une base pour évaluer l'effet d'autres projets de transports.

3.4 Bilan écologique d'un Swissmetro à l'échelle européenne

Le développement de la mobilité génère des effets négatifs sur l'environnement. L'écobilan a pour objectif d'évaluer équitablement les incidences de différents projets afin d'aider à arrêter

¹⁰ Gain de temps en proportion du temps "actuellement" nécessaire.

les options politiques en la matière. Cette sorte de bilan écologique vise en particulier à (Flamm M., 1998):

- identifier les éléments du projet étudié qui contribuent de manière dominante aux impacts environnementaux;
- élaborer des indicateurs permettant une comparaison des impacts environnementaux entre les projets de transport (énergie non-renouvelable par passager.kilomètre, contribution à l'effet de serre, écotoxicité terrestre et aquatique, ...).

3.4.1 Travaux du PNR 41

Le projet Swissmetro affichant clairement une étiquette de système de mobilité potentiellement respectueux de l'environnement, un premier écobilan (Baumgartner & Mingot, 1997) a été réalisé en vue de connaître son efficacité énergétique. Ce travail a conclu que le bilan écologique de Swissmetro ne pouvait pas a priori être considéré favorable¹¹.

Partant de ce constat, les travaux liés au projet F6 cherchent à savoir si et dans quelle mesure un système à l'échelle européenne, basé sur la technologie Swissmetro, pourrait aboutir à un bilan énergétique significativement meilleur, car un tel projet peut représenter une solution plus respectueuse de l'environnement que le transport aérien à l'échelle européenne. Plus concrètement, les recherches visent à répondre aux questions suivantes:

- 1) Quelles sont les options techniques conformes au concept Swissmetro et quelles sont les conditions-cadres pour que puisse être stabilisée (voire réduite) la charge sur l'environnement et la consommation de ressources pour les transports à haute vitesse (diamètre du tunnel, nombre de tubes, origine de l'énergie, etc...)?
- 2) Quels sont les facteurs qui influencent le plus la consommation de ressources et d'énergie, ainsi que les émissions nocives pour l'environnement?
- 3) Quel est le potentiel d'un Eurometro par rapport au développement durable sur la base des critères établis dans le cadre du PNR 41 (Ernst Basler & Partner, 1998)?

Les études entreprises ont comparé Eurometro au transport aérien à courte distance. La consommation énergétique d'Eurometro a été estimée à l'école HTA de Berthoud à l'aide d'un bilan énergétique pour Eurometro (Trottmann et al. 1998) et d'une recherche sur son alimentation en énergie (Kräupl et al. 1999). Elles ont été complétées par une analyse de sensibilité. Les calculs de consommation ont été réactualisés en mai 2000 sur la base d'une simulation numérique de la traînée aérodynamique réalisée par l'EPFL (Cassat & Bourquin, 2000).

Les autres aspects écologiques ont été étudiés à l'aide d'une comparaison entre Eurometro et le transport aérien à courte distance (Leuenberger et al., 1998). Un réseau hypothétique a été esquissé, comportant un axe Rome - Francfort et un autre axe Madrid - Budapest. Puis, une étude grossière de la demande sur ces axes a été effectuée en reprenant un travail du MIT sur la demande de transport au niveau mondial (Schäfer, 1996) et en projetant les tendances et la structure de ces prévisions à l'horizon 2020, correspondant à la réalisation hypothétique de l'Eurometro. Enfin, à l'aide de quelques hypothèses complémentaires (mais extrêmement critiques) sur la répartition modale, la capacité des véhicules et le mode d'exploitation, l'étude estime le parc de véhicules nécessaire et la cadence de circulation des convois.

¹¹ Pour le moins en l'état de planification de juin 1997.

L'écobilan a été établi en calculant l'énergie nécessaire à la fabrication des véhicules, des voies et des installations, ainsi que l'énergie nécessaire à la construction et à l'exploitation des tunnels.

La redéfinition du réseau Eurometro, les changements constants de paramètres-clefs dus à l'activité intense de recherche actuelle, ainsi que l'absence de données fiables sur les modes de transports publics concurrencés par Eurometro n'ont pas permis d'actualiser cet écobilan. Toutefois, les aspects énergétiques et l'effet de serre correspondant au trafic aérien et à un Euro-metro circulant entre Rome et Frankfurt ont été mis en évidence et comparés.

3.4.2 Pistes possibles pour la poursuite des travaux

L'estimation de la demande pour l'Eurometro et les modes de transport concurrents représente un défi redoutable. Il s'agit non seulement de définir des variantes de réseaux intéressantes sur les plans économique et politique, mais aussi d'intégrer de nombreux facteurs allant du développement économique général à la vitesse commerciale en passant par la formation des prix et l'articulation avec les modes de transport à plus courte distance.

À elle seule, l'estimation de la vitesse commerciale demande un approfondissement non seulement technique (mise en vitesse, vitesse de croisière, temps d'arrêt aux stations) mais aussi structurel (temps de correspondance, temps d'accès terminaux, etc.). La problématique de l'emplacement des stations (gares ou aéroports) doit aussi être examinée attentivement.

Sur le plan énergétique, il convient de mieux déterminer la consommation d'énergie. Cette dernière dépend notamment de la vitesse et des nombreuses autres variables intervenant dans le calcul de la résistance aérodynamique. De plus, l'impact écologique de la consommation d'énergie électrique exige de connaître la clef de répartition entre les énergies primaires ayant servi à la produire. Comment tenir compte de ces préoccupations dans un contexte de marché dit libéralisé?

Pour sa part, la valorisation énergétique et écologique des matériaux excavés demeure un sujet de recherche sensible.

Si les travaux réalisés dans le cadre de projet F6 constituent un apport important pour l'étude du projet Eurometro, il n'en demeure pas moins que cette étude doit être perçue comme un premier élément d'un vaste processus d'évaluation de technologie (Technology Assessment). En effet, l'écobilan représente une première itération, visant à saisir les principales composantes environnementales. Le besoin de poursuivre les recherches sur l'Eurometro en vue d'en prouver éventuellement l'opportunité reste donc entier.

Dans la perspective d'une telle évaluation globale, il est important de rappeler qu'Eurometro n'est pas un produit en soi, mais bien un grand système de transport qui s'insère dans un système encore plus vaste. Ces travaux doivent aussi apporter des éléments de précision dans un débat qui n'est pas clos et qui vise à nier l'opportunité même du concept. Ainsi, d'aucuns prétendent que l'évolution des systèmes de transport existants entraînerait une transformation des bases d'évaluation de la technologie Swissmetro, car plusieurs développements actuels relatifs

au transport individuel offrent d'importants potentiels de réduction des impacts environnementaux de l'automobile: d'une part, les constructeurs automobiles semblent enfin vouloir concrétiser des projets de véhicules à faible consommation de carburant et, d'autre part, des nouvelles formules de véhicules en temps partagé permettent même d'envisager des réductions volontaires du parc automobile. De même, les potentialités des systèmes ferroviaires à grande vitesse (TGV/ICE) ne sont pas épuisées, notamment dans le domaine de la consommation énergétique (passage à des véhicules à deux étages et meilleure récupération de l'énergie de freinage) et dans celui de la lutte contre le bruit. Finalement, la propagation fulgurante des nouvelles technologies de l'information porterait en elle les prémises d'importants changements dans les modes de vie et, en particulier, de la mobilité quotidienne. Selon ces thèses, même si pour l'instant la croissance des échanges immatériels d'information ne semble pas atténuer la croissance des déplacements, il paraîtrait hasardeux d'extrapoler ce constat sur le long terme. Il existerait donc d'importants champs d'incertitude quant aux besoins futurs de mobilité et, en conséquence, quant aux prévisions d'utilisation d'Eurometro (Flamm M., 1998).

Les études futures sur le volume global de la mobilité en Europe et sur la part de marché de chaque mode de transport apparaissent complexes et leurs résultats devront être approchés avec prudence.

3.4.3 Apports factuels et apports méthodologiques

Une alternative écologique à l'avion?

Selon les chercheurs du PNR 41, sur les distances moyennes et comparé au trafic aérien, un train à sustentation magnétique, sous vide partiel et optimisé sur le plan énergétique devrait permettre d'augmenter l'efficacité énergétique par un facteur de 5 à 10. Par rapport aux trains à grande vitesse actuels (ICE ou le TGV), on obtiendrait une réduction de moitié de la consommation d'énergie d'exploitation. L'infrastructure présente, elle aussi, de nombreux avantages: le réseau souterrain permet de réduire fortement la pollution par le bruit et les atteintes au paysage.

Selon les recherches du PNR 41, un atout important d'un Eurometro éventuel est lié à sa consommation énergétique. L'exploitation (qui recouvre la propulsion des véhicules, leur guidage et leur sustentation magnétique, mais également la production du vide d'air dans les tunnels) est le principal facteur de consommation énergétique. Contrairement à l'intuition, la construction des ouvrages souterrains ne représente qu'un élément secondaire dans le bilan énergétique, du fait que ces dépenses énergétiques sont rapportées à la durée de vie des installations. Cette constatation parle en faveur d'un choix d'un diamètre plus généreux pour les tunnels.

Quant aux apports concernant la pertinence d'Eurometro dans l'ensemble des transports à l'échelle européenne, les études concluent que ce système constitue une alternative au transport aérien sur des distances de l'ordre de 1'000 kilomètres. On espère un accroissement d'efficacité d'un facteur 5 à 10 par rapport au transport aérien, tout aussi bien dans le domaine de la consommation primaire que dans celui des émissions de CO₂ par personne et par kilomètre. L'actualisation de l'écobilan devrait confirmer ces résultats favorables.

Bien que les études ne portent pas directement sur la concurrence Eurometro - transports ferroviaires, elles estiment qu'un Eurometro peut être concurrentiel avec les trains TGV/ICE, en réduisant d'un facteur 2 la consommation énergétique par place offerte. Ce résultat est toutefois fortement dépendant de la vitesse de croisière retenue et ne tient pas compte du développement de trains à 2 étages.

Par rapport au Swissmetro, l'Eurometro montre que l'intérêt écologique du concept se renforce avec l'élargissement de l'échelle géographique, le transport aérien n'étant pas réputé pour ses qualités énergétiques et écologiques.

Les choix méthodologiques qui ont régi la définition du réseau étudié et l'estimation de la demande ne sont pas uniques et pourrait être remis en question sur plusieurs points, tels que: la définition des villes desservies par Eurometro, le modèle ultra-agrégé utilisé pour estimer la demande, les hypothèses de répartition modale, par exemple. Ceci restreint l'utilité directe de ces recherches si une décision immédiate devait être prise quant à l'avenir d'Eurometro.

Par contre, la méthodologie adoptée est intéressante par plusieurs aspects. Premièrement, elle lève le voile sur l'approche pas encore largement connue qu'est le bilan écologique. Si celui-ci s'insère dans un processus d'évaluation beaucoup plus global, sa réalisation présente l'immense avantage d'établir des critères de comparaison simples, fiables et surtout indépendant du projet étudié. Cette caractéristique est d'autant plus bienvenue qu'il est aujourd'hui extrêmement difficile de prouver l'opportunité d'une nouvelle technologie sur la base des seuls critères économiques et que, par conséquent, l'existence d'une méthode de comparaison juste, équitable et visant à juger de la durabilité est d'une très grande richesse. Toutefois, l'utilité d'un écobilan ne peut être effective qu'à la condition que la décomposition du projet étudié en sous-systèmes et composants se fasse dans des limites raisonnables. On pense notamment au fait que la chaîne des processus menant à l'élaboration d'un système de transport doit être restreinte aux composants ayant un lien direct avec le produit fini (par exemple énergie pour la fabrication des véhicules et non pas énergie pour la fabrication des machines servant à la fabrication des véhicules, etc.). Ainsi, la définition du système, de ses limites et de son environnement est primordiale pour la qualité d'un écobilan.

C'est l'un des mérites principaux des études entreprises dans le cadre du Module F du PNR 41 d'avoir su extraire les paramètres déterminants, même si le degré d'incertitude sur l'évaluation quantitative de ces paramètres est encore généralement élevé.

Enfin, les études du PNR 41 ont permis de mettre en évidence l'importance d'une démarche cohérente et simple intégrant la consolidation des hypothèses et les analyses de sensibilité.

Ne pas oublier de tout compter...

Les chercheurs soulignent qu'un bilan global doit prendre en considération de nombreux facteurs tels que la mobilité supplémentaire engendrée par la nouvelle offre, le mode de production d'électricité ainsi que l'impact environnemental de sa construction, entre autres. À ce sujet, ils précisent que les émissions de gaz à effet de serre issus de la construction d'un réseau européen à sustentation magnétique pourraient être aussi importantes que celles de son exploitation durant cent ans. Elles restent toutefois inférieures aux émissions dégagées en dix ans seulement par le trafic aérien pour un nombre équivalent de passagers transportés.

Cette manière de procéder doit aussi se prêter à l'usage d'itérations, la modification d'un paramètre entraînant généralement la modification en cascade de plusieurs autres. C'est à ce prix que l'écobilan d'un Eurometro pourra être actualisé en permanence en fonction des variantes de réseau envisagées, des nouveaux apports de la recherche sur le système et des progrès attendus sur les modes concurrents.

3.5 Évaluation de la demande du Swissmetro

Swissmetro combine les techniques du vide partiel, du moteur linéaire et de la sustentation et du guidage magnétiques. Le nouveau mode de transport guidé, exploité intégralement en infrastructure souterraine, permettrait ainsi de créer entre métropoles des liaisons à très grande vitesse, de l'ordre de 400 km/h.

Dans une vision qui intègre les coûts et les bénéfices d'une innovation aussi importante, il convient d'évaluer aussi, et surtout, les apports immédiats, les "produits" d'une telle opération dans le sens économique du terme, c'est-à-dire l'accroissement de la mobilité que la mise en service de Swissmetro va engendrer. Ceci passe par une étude de demande de transport.

3.5.1 Travaux du PNR 41

Swissmetro n'a pas attendu le PNR 41 pour procéder à des évaluations de la demande de transport. Une telle évaluation se heurte toutefois à la difficulté méthodologique liée à toute estimation qui ne peut se baser sur des observations de situations similaires. Ceci explique l'important besoin résiduel d'études, de façon à accroître la crédibilité des résultats à travers une richesse basée sur la variété méthodologique. C'est le projet F1 qui dans le contexte du PNR 41 a repris ce flambeau, dans le but de repousser encore plus loin les limites du domaine exploré.

Dans l'optique de la réalisation d'un tel projet, une première étape importante consiste à déterminer la demande potentielle afin, notamment, d'évaluer l'opportunité et la rentabilité du projet. La demande liée à un tel projet se décompose en deux parties:

- la demande issue du **report modal**; en effet, l'introduction d'un nouveau mode de transport change fondamentalement les termes de concurrence entre modes;
- la demande **induite** par Swissmetro.

Dans un premier temps du projet F1, la demande actuelle sur l'axe étudié Genève - St-Gall a été saisie à l'aide de statistiques, de surveillances vidéo et, finalement, au moyen de sondages auprès des utilisateurs du rail et de la route. Ces enquêtes ont été mises au point selon la méthode des préférences déclarées, qui consiste à prévoir le comportement futur en matière de transport sur la base de déclarations individuelles. Plus précisément, le principe est de proposer à la personne interviewée, à laquelle on aura demandé les renseignements nécessaires sur ses caractéristiques, le choix qu'elle ferait entre différentes variantes fictives qui lui sont préalablement décrites. Ces résultats ont ensuite été utilisés afin de développer un modèle de

choix modal, qui a lui-même permis d'évaluer les volumes de déplacements dans le corridor étudié. En dernier lieu, le trafic induit par Swissmetro a été calculé.

Les résultats de ce projet de recherche (voir à ce titre les encarts ci-après) montrent que les plus grands flux de trafic se trouvent sur les tronçons Zürich - Berne, Zürich - St-Gall et Genève - Lausanne. Il est intéressant de relever que la demande du Swissmetro est comparable sur ces tronçons à la demande actuelle des CFF. Ces derniers sentiront du reste l'impact le plus important de l'arrivée sur le marché de Swissmetro, puisque les modèles aboutissent à une diminution de près de 45% de leur trafic sur l'axe St-Gall - Genève. Quant au trafic routier, les estimations du report modal tirées des prévisions du trafic avec et sans Swissmetro s'élèvent à environ 10%.

3.5.2 Pistes possibles pour la poursuite des travaux

Toute étude de prévision de la demande constitue une pièce d'orfèvrerie, un travail d'expert. Devant traiter de phénomènes sociaux et de comportements individuels complexes, ces études doivent impérativement recourir à des hypothèses pendant certaines phases-clefs du processus: c'est pour cela que l'apport de l'expert est important. C'est aussi pour la même raison qu'il importe de comparer les résultats d'une étude particulière à d'autres études sur le même objet ou sur un objet analogue. Il serait même parfois nécessaire de traiter du même problème à des multiples reprises, en recourant à chaque fois à une méthode différente, afin de recouper les résultats. Les auteurs du projet F1 ont fait ce travail, dans les limites des ressources du projet, en procédant notamment à plusieurs contrôles et recoupements. Toutefois, face à l'ampleur du défi, qui consiste à estimer à relativement long terme les usagers probables d'un moyen de transport qui n'existe pas aujourd'hui et qui est radicalement différent de ceux que l'on pratique, il n'est pas superflu de supposer que d'autres études sur le même objet seront encore nécessaires avant d'accorder une pleine fiabilité aux résultats.

Dans le cas idéal, les prévisions de la demande devraient être faites conjointement avec l'évaluation des effets spatiaux. L'approche intégrée de traitement conjoint de l'aménagement du territoire et des transports prônée par les travaux du projet F5 trace la direction. On arrive toutefois ici aux confins de ce que nos connaissances actuelles nous permettent d'envisager. En effet, toutes les tentatives entreprises jusqu'à présent pour modéliser un ensemble de relations aussi complexe aboutissent soit à une vision macroscopique, dont les hypothèses outrancièrement simplificatrices enlèvent aux résultats toute utilité directe pour le décideur, soit à une vision plus détaillée, qui produit des modèles tellement sophistiqués que leur vérification en devienne problématique. Les recherches dans ce domaine ne sont qu'à leur balbutiement.

Il convient enfin de noter que, malgré une utilisation de plus en plus répandue¹², la méthode d'estimation de la demande fondée sur les préférences déclarées et non pas relevées doit encore être affinée. Il est vrai que dans le cas d'estimations portant sur un mode de transport non encore existant, la seule solution de rechange consiste à recourir à des variables génériques, en utilisant une modélisation dite par *modes abstraits*. Cette dernière méthode toutefois n'est pas sans inconvénients, non plus, car elle aboutit trop souvent à des modèles ayant un pouvoir

¹² Justifiée souvent par des considérations liées au coût des études.

explicatif insatisfaisant. Dans ce domaine aussi, il existe des besoins non-négligeables de recherches supplémentaires.

3.5.3 Apports factuels et apports méthodologiques

Un système bien utilisé

Si Swissmetro entrerait en service en 2015, il attirerait environ 24'000 passagers entre Genève et Lausanne et 34'000 passagers entre Berne et Zurich par jour et par sens. Sur ce nombre, près de 60% seraient des usagers du rail, 25% des usagers de la route et 15% correspondraient à du trafic induit. Quant au transport par rail conventionnel, il reculerait de moitié environ sur certains trajets.

Si le tracé Berne - Zurich passait par Lucerne, la demande totale demeurerait pratiquement inchangée.

Les apports de ce travail de recherche sont essentiellement méthodologiques, puisque au delà des chiffres ils permettent de démontrer l'intérêt et la faisabilité de la méthode des préférences déclarées. Néanmoins, les chiffres présentés dans ce travail sont intéressants d'un point de vue factuel également, puisqu'ils rejoignent de très près ceux qui sont avancés dans la demande de concession (voir Swissmetro SA, 1997). Ce projet avance même une valeur estimée supérieure à celle produite dans la demande de concession pour le tronçon Genève-Lausanne.

S'il est aujourd'hui courant d'utiliser la méthode des préférences déclarées pour estimer la demande d'un nouveau moyen de transport, quelques réserves peuvent être portées sur les hypothèses et les principes qui ont été employés pour la réalisation de cette étude.

La première d'entre elles, ponctuelle mais influant les résultats de l'étude, concerne l'offre des CFF sur le tronçon Genève-Lausanne. Le projet fait l'hypothèse d'une cadence à 60 minutes, jugeant a priori que l'utilisation du rail allait diminuer en raison de l'apparition de Swissmetro et que les CFF seraient alors amenés à réduire leur offre. Cette hypothèse, qui est raisonnable à sa base, pourrait être discutée, car l'offre actuelle suit une cadence de 30 minutes et le projet Rail 2000 (tel qu'approuvé) prévoit une offre encore supérieure.

Une demande élastique

La demande pour le Swissmetro réagit plus spécialement à des changements d'horaire et de prix. Ainsi une baisse de prix de 10% entraînerait une augmentation du nombre de passagers de 3,1%, alors qu'un rallongement du temps de trajet de 10% induirait une baisse du nombre de passagers de 3,4%. De même, un rallongement de 10% des trajets sur route (congestion) augmenterait de 2,7% la demande sur Swissmetro, et un passage de la cadence des horaires CFF de 60 à 120 minutes, augmenterait de 8,4% l'usage de Swissmetro.

La seconde réserve, d'importance moindre, est liée au fait qu'il est très difficile de tenir compte du caractère confiné de Swissmetro. Il ne fait guère de doute que plusieurs personnes apprécient le train en raison des paysages qu'ils peuvent admirer durant leur déplacement et que, par conséquent, le fait de se déplacer uniquement en tunnel diminue l'attrait du Swissmetro. Toutefois, aucune méthode d'évaluation ne permet de prendre en compte des aspects comme celui-ci. Le projet tente de compenser cet aspect par la description précise du Swissmetro qu'ont donnée les auteurs des enquêtes auprès des voyageurs, mais la difficulté qu'ont

ces derniers d'assimiler cette caractéristique pourrait avoir introduit un léger biais dans l'évaluation de la demande.

3.6 Les risques liés aux accidents en tunnel

Circulant intégralement dans un environnement souterrain confiné, Swissmetro pose aussi de nouveaux défis en termes de sécurité, défis exaspérés par la pression basse qui empêche toute évacuation immédiate et sans précautions. Divers accidents et incidents récents ont par ailleurs conféré une sensibilité toute particulière à la question de la sécurité dans les tunnels, qui mérite encore des études et analyses approfondies.

3.6.1 Travaux du PNR 41

Dans le cadre du Module F du PNR 41, cette question est traitée par le projet F2. Cette étude procède à une énumération de plus de 170 accidents dans des tunnels, basée sur des documents essentiellement à accès public. Il en ressort que la première cause de risque est la déclaration d'un feu. Six accidents ont été analysés, parmi ceux justement pour lesquels l'information publique est abondante, en décomposant chacun d'eux en une séquence multilinéaire d'événements selon la méthode STEP (Sequentially Timed Events Plotting). Cette analyse sert de base pour relever les aspects généraux liés à la sécurité en tunnel.

L'étude explore par la suite une approche originale, ayant pour objectif la génération de scénarios d'accidents en tunnel au moyen de réseaux de Petri colorés. L'usage de tels réseaux est destiné à la simulation dynamique de systèmes fonctionnant en parallèle et en conflit. Le modèle retenu permet de prendre en compte des relations logiques et temporelles complexes. Les chercheurs montrent l'intérêt de l'approche adoptée, sa pertinence et ses limites.

Enfin, la recherche se termine par la formulation de recommandations susceptibles de relever le niveau de sécurité dans les tunnels.

3.6.2 Pistes possibles pour la poursuite des travaux

Le projet corrobore un certain nombre d'éléments identifiés. La difficulté du domaine, malgré une liste de cas qui peut paraître suffisamment fournie, est que les données manquent en nombre pour une vraie analyse statistique. En effet, la typologie des cas est à tel point variée que, pour un type donné d'accident, le nombre très faible de cas représentatifs interdit de facto une approche statistique. Sous ces conditions, tout travail dans ce domaine est condamné à chercher la richesse d'information à l'intérieur de chaque cas et non pas à travers les cas.

C'est pour cette raison que les pistes qui se dessinent en vue de la poursuite de la recherche dans ce domaine s'orientent plutôt vers des analyses extrêmement approfondies de cas particuliers. Il reste encore un effort important à fournir en la matière, effort que la difficulté d'accès aux documents et aux témoignages complique singulièrement.

Une des conclusions invariantes auxquelles on aboutit lorsque l'on entreprend de telles analyses approfondies est le poids énorme des facteurs organisationnels et institutionnels. Des défaillances dans ce domaine influent à la fois sur la capacité de prévention et sur l'efficacité de l'intervention en cas d'accident. Il s'agit probablement d'un axe prioritaire pour la recherche dans ce domaine, étant entendu que les mesures nécessaires au niveau de l'infrastructure et des équipements sont maintenant relativement bien établies; les défauts de ce côté résultent surtout d'impératifs d'économie et non pas d'une méconnaissance des mécanismes ou des phénomènes.

3.6.3 Apports factuels et apports méthodologiques

Le projet F2 comporte deux volets, largement indépendants l'un de l'autre: un volet méthodologique, explorant des voies d'évaluation préalable de la sécurité d'un système nouveau, comme le Swissmetro, n'existant même pas encore au stade du prototype, ainsi qu'un volet factuel, qui profite de l'analyse de cas documentés et dont la finalité pourrait être d'aboutir à des recommandations susceptibles d'améliorer la sécurité des tunnels déjà en exploitation.

Ainsi l'étude relève que lors d'un feu dans un tunnel les événements clés surviennent pendant ses 10 premières minutes, ce qui pousse les chercheurs à formuler les recommandations suivantes:

- développer les possibilités de sauvetage autonome des voyageurs, qui sont d'une importance capitale;
- améliorer l'information, la communication et la formation des différents acteurs;
- prévoir des accès vers le lieu de l'accident non affectés par l'accident même (par un tunnel parallèle, par exemple);
- séparer les trafics de personnes et de marchandises.

Sauvetage autonome décisif

Lors d'un incendie, les dix premières minutes sont décisives pour la survie des voyageurs car la fumée envahit rapidement le tunnel, et ceci bien avant que les équipes de secours ne parviennent sur les lieux de l'accident. Il faut améliorer les possibilités pour les passagers d'organiser eux-mêmes leur évacuation (sauvetage autonome ou self rescue).

Ces recommandations confirment des éléments déjà établis, largement connus et reconnus, mais pour lesquels les solutions existantes laissent souvent encore apparaître des lacunes. Ainsi, les recommandations du projet F2, tout en confirmant les recherches antérieures, ont également le mérite de jalonner avec une certaine précision le champ de la recherche future.

Pour ce qui concerne ce volet factuel de la recherche, il convient enfin de remarquer que les limites de l'analyse entreprise fixent les limites de validité des recommandations qui en résultent. Il n'est pas pertinent de se déterminer ici si des experts en la matière ou ceux qui auraient une connaissance plus approfondie et plus fine des cas analysés seraient en mesure ou non de questionner plusieurs des conclusions factuelles avancées par les chercheurs. Ceci n'est pas le propos premier du projet qui, à l'appui des cas analysés, tente de démontrer la faisabilité méthodologique d'une démarche. En cela, l'exactitude des cas utilisés n'est pas une condition né-

cessaire. Ces cas servent de cas d'école: ils sont avant tout utilisés dans une recherche de méthode et non pas de faits.

De fait, l'apport le plus significatif de ce travail est d'avoir procédé à une application scientifiquement intéressante de techniques et de méthodologies innovatrices dans l'analyse du risque dans les tunnels. Les résultats obtenus sont encore de nature expérimentale, mais la méthode elle-même est prometteuse. L'intérêt de la méthode est encore plus important dans le contexte du Swissmetro: à technologie innovatrice, méthode innovatrice d'analyse de la sécurité!

La communication, un point faible...

Une grave faiblesse révélée par les accidents analysés porte sur les difficultés de communication entre différents acteurs (notamment entre l'exploitant du tunnel et le personnel d'intervention) qui doivent pouvoir s'entendre dans les conditions difficiles d'un tunnel enfumé et en dépit d'éventuelles différences culturelles.

4. LES ENSEIGNEMENTS

4.1 Pour le décideur

4.1.1 L'empreinte Swissmetro et les limites du PNR 41

Malgré la portée très générale du titre de ce module, les travaux entrepris ont été très fortement marqués par le poids de Swissmetro. Un opportunisme inévitable, au bon sens du terme, a fait que tant les travaux proposés que ceux qui ont été retenus pour ce module, portent une empreinte très forte laissée par Swissmetro. Ceci s'explique aisément par l'importance que relève ce projet sur un plan national, ainsi que par la mobilisation très forte de l'opinion publique, des chercheurs et des décideurs pendant la période où le PNR 41 a été conçu et entrepris. Ce module a en quelque sorte saisi l'opportunité du moment et reflète ce qui pourrait être qualifié par certains de biais de vision nationale et qui tend à réduire au seul Swissmetro le développement technologique des transports dans un avenir palpable. Ce faisant, le module F du PNR 41 a peut-être manqué l'occasion de se consacrer à d'autres développements techniques en cours ou pressentis, mais il est en cela la preuve - si besoin en était - que la recherche n'est pas insensible au contexte social du moment.

Au terme de ces travaux il y aura des déçus et c'est inévitable. Ils appartiennent au groupe de ceux qui espéraient que le PNR 41 aurait été en mesure de trancher définitivement la question de l'opportunité de Swissmetro: il ne le permet pas. Ils appartiennent aussi au groupe de ceux qui ont placé des exigences trop ambitieuses quant aux objectifs des recherches et aux résultats que l'on peut obtenir dans un contexte de moyens limités en temps et en argent.

Nonobstant ces déceptions, qu'on eut été en mesure de prévoir avant même le lancement du PNR 41, les différents travaux entrepris apportent une foule de contributions intéressantes et posent de nouveaux jalons pour la recherche future.

4.1.2 Swissmetro

Comme déjà mentionné, les travaux entrepris ne permettent pas de trancher la question de l'opportunité de Swissmetro. Ils apportent toutefois de nouveaux éléments qui enrichissent le débat de manière significative, des nouveaux éclairages qui permettent de mieux en saisir les enjeux. Il serait cependant inexact d'affirmer qu'au bout de ces analyses ou qu'à l'aide de ces apports les chances de progression en avant du dossier Swissmetro s'en trouvent augmentées ou réduites. Ainsi, le responsable politique, le décideur porte toujours l'entier du poids quant au devenir de Swissmetro; plus éclairé, mieux informé aux termes des travaux du PNR 41, il sera peut-être encore plus convaincu de l'intérêt de Swissmetro, s'il l'était déjà auparavant, ou - au contraire - plus convaincu de son inutilité, si telle était sa conviction antérieure.

Ce que les travaux de ce module montrent par contre clairement - et on touche ici une question qui sera reprise dans les conclusions méthodologiques - c'est que, lorsqu'il s'agit de traiter de dossiers complexes, le chercheur est pris, comme le citoyen, dans le piège de ses opinions a priori. Car, souvent dans les dossiers complexes, une partie de l'évaluation ne peut être ob-

jectivée que moyennant certaines hypothèses de travail, dans lesquelles l'a priori idéologique de l'être humain exerce une inévitable influence.

Les recherches liées à Swissmetro ne s'achèvent pas avec le PNR 41. Parmi les nombreux axes de recherche qui se dégagent, il convient de souligner l'importance que prendra la recherche technologique pure, celle qui permettra de certifier les composants techniques du concept, individuellement et dans leur détail, d'une part, conjointement et en tant que système, d'autre part. Les travaux menés par Swissmetro actuellement en augurent: prototype à échelle réduite et, plus tard, ligne-pilote, de façon non seulement à apporter la preuve formelle de la faisabilité du concept, mais à mettre en évidence également les aspects sectoriels encore perfectibles. Parallèlement à cette recherche technologique, les axes de recherche explorés par le PNR 41 demandent encore des efforts notables. C'est le cas, notamment, de l'insertion du concept dans une échelle européenne, en allant nettement au delà des prémices de l'écobilan du PNR 41, ainsi que de tous les travaux visant à l'optimisation du concept en tant que système de mobilité, faisant le lien entre l'aménagement du territoire et les besoins sociétaux fondamentaux.

4.1.3 Transports et nouvelles technologies: un observatoire?

Le titre du module F évoque à la fois le potentiel et les effets des nouvelles technologies. S'il paraît impossible de traiter de manière générique du potentiel des nouvelles technologies, l'analyse de leurs effets semble, elle, permettre de dégager quelques conclusions qui se confirment à travers les travaux de recherche et pas seulement au sein du PNR 41. Ce qui est important de relever ici, ce ne sont pas les conséquences en tant que telles de l'introduction d'une nouvelle technologie: il y en a en général des positives et des négatives, dont la nature dépend de la technologie même. Le point important est que l'introduction d'une nouveauté risque d'engendrer des effets non prévus et non désirés, des conséquences que la société n'a pas anticipées et face auxquelles elle est acculée à envisager après coup des stratégies de riposte, souvent dans l'urgence¹³.

Ce risque d'effets indésirables et non prévus interpelle le politique surtout lorsqu'il concerne la sécurité au sens large (sécurité des êtres et des biens, de l'environnement social et physique). Il est évident que des meilleures études préalables, précédant l'introduction d'une nouvelle technologie, permettent de limiter ce risque. Or souvent, ceci exige une attitude conservatrice et un peu prudente, ce qui est antinomique au climat d'euphorie qui accompagne en général la réalisation d'une percée technique. Des exigences de coût ajoutent, elles aussi, une pression complémentaire qui parfois limite le temps ou l'espace de la réflexion.

Toutefois, quelle que soit la prudence initiale, quel que soit l'effort de prévision de l'ensemble des conséquences d'une nouvelle technologie non encore appliquée, le risque de devoir compter avec des effets imprévisibles ne peut être réduit à zéro. C'est pour cela qu'il convient d'envisager, dans une période où le développement technique foisonne, la possibilité d'**institutionnaliser une veille technologique, une sorte d'observatoire** capable d'anticiper les ten-

¹³ Ce fut par exemple le cas de la popularisation de l'automobile qui a entraîné des conséquences profondes sur l'aménagement du territoire et qu'il a fallu contrer par des dispositions légales conçues et appliquées avec un retard certain par rapport à l'événement.

dances, de synthétiser l'expérience d'ailleurs et d'orienter le législateur avant que ce dernier ne soit mis au pied du mur.

Ceci exige aussi une certaine **souplesse dans le processus législatif et normatif**, de façon à être en mesure de fixer des limites approximatives à temps, c'est-à-dire avant que le système ne se voie débordé par une prolifération de conséquences indésirables qu'il est toujours plus difficile de maîtriser après coup.

Dans le contexte helvétique, ce besoin de veille technologique et de souplesse législative est probablement plus aigu pour la route que pour les autres moyens de transport. Le transport maritime et fluvial, le transport par conduites, par leur nature et par les volumes transportés, ne semble en effet pas susceptible d'être à l'origine d'effets à large échelle. Il en est de même du transport ferroviaire qui, malgré la privatisation et l'accès libre aux infrastructures, restera sous le contrôle d'opérateurs suffisamment peu nombreux pour éviter le développement de conséquences en chaîne. Un raisonnement analogue peut être tenu pour le transport aérien: les impératifs de sécurité le placent et le maintiendront sous un contrôle serré à l'échelle internationale. Par contre, l'évolution de la motorisation individuelle est plus volatile et l'introduction de nouvelles technologies peut se produire de manière beaucoup plus informelle, parfois à un rythme très rapide¹⁴. Dans ce domaine, le dispositif essentiel de contrôle actuel, l'homologation de type, peut être débordé par des installations d'appareillages après coup.

Il n'appartient pas à la présente synthèse des recherches entreprises dans le cadre du Module F du PNR 41 de spécifier les formes qu'une telle veille technologique peut prendre, ni les modalités pour la mise en place d'un observatoire. Ceci d'autant plus que ce terrain est passablement défriché par le *Conseil suisse de la science et de la technologie (CSST)*, auquel est rattaché un *Centre d'études de la science et de la technologie (CEST)*, et qui a déjà mis sur pied un *Programme TA Suisse*, comportant un volet *Énergie et mobilité*. Convient-il de compléter le mandat du CSST pour conférer le caractère de permanence requis par cette fonction de veille technologique, ou bien est-il plus opportun de créer une structure ad hoc en découplant les fonctions de veille et d'évaluation? La réponse à cette dernière question, notamment, n'est actuellement pas acquise.

4.2 Pour la recherche

4.2.1 Évaluation technologique (Technology Assessment)

Tout comme Swissmetro marque d'une empreinte solide les travaux du module F, l'évaluation technologique, les méthodes et les techniques qui lui sont associées constituent le plat de résistance de ce module en matière de méthodologie. Les approches liées à l'évaluation technologique ont le mérite indéniable de viser explicitement à obtenir une vue d'ensemble d'un développement, seule garante d'absence de partialité dans l'appréciation des avantages et des inconvénients d'un projet particulier, donc - in fino - de son opportunité.

¹⁴ Il existe déjà sur le marché des véhicules équipés d'un récepteur TV à l'avant et il incombe pour le moment à la sagesse du constructeur de faire en sorte que le système ne soit pas activable lorsque le véhicule est en marche et au civisme du détenteur de ne pas essayer de contourner ce blocage.

Cette recherche d'exhaustivité engendre paradoxalement une antinomie qui peut, dans des cas extrêmes, produire l'inverse du résultat escompté (qui devrait être une évaluation aussi objective que possible). Car un projet complexe comporte forcément des parties ou des aspects qui sont parfois très difficilement et parfois pas du tout évaluables de manière objective. Prétendre le contraire serait se montrer imprudemment présomptueux quant à l'absence de limites à nos connaissances. Ces aspects exigent alors une évaluation d'expert qui, quel que soit l'effort de codification, comporte des hypothèses de travail et des comparaisons par rapport à un système de valeurs qui par définition n'est pas universel.

Lorsque l'évaluation est faite de manière hautement précautionneuse, il est généralement facile de distinguer ceux de ses éléments qui ont une validité scientifique (donc susceptibles d'être répétés et de produire des conclusions identiques indépendamment de l'expérimentateur) et ceux qui sont assimilables à une opinion d'expert (et donc façonnés plus ou moins partiellement par l'idéologie et les opinions a priori de l'expérimentateur, ainsi que par les conditions d'expérimentation). Une telle séparation n'est toutefois souvent pas possible: la négligence du chercheur peut en être la cause, mais d'autres facteurs sont généralement à l'origine d'une telle difficulté. La raison principale est que le chercheur ne perçoit même pas la subjectivité de certains éléments de sa recherche, étant lui-même convaincu de l'universalité de certaines de ses positions. Une autre raison majeure est que le poids de l'opinion passe inaperçu, caché derrière une structure technique d'évaluation qui, elle, est parfaitement objectivable (ceci est souvent le cas des analyses multicritères). Ainsi, la zone grise de transition entre le parfaitement objectif et le purement subjectif est large et les limites ne sont pas toujours aisées à tracer.

Ces constatations ne sont en réalité pas une nouveauté. Les mêmes difficultés font par exemple qu'une contre-expertise judiciaire aboutisse à des conclusions passablement différentes de l'expertise initiale, sans pour cela que l'un ou l'autre des experts ait fait preuve de malhonnêteté délibérée. Il en est de même de l'évaluation technologique de projets complexes qui risque d'aboutir à des conclusions qui ne sont pas indépendantes de l'identité de l'expert (au sens large) qui en a assumé la charge.

Ceci explique également les raisons pour lesquelles, malgré son intérêt manifeste, l'évaluation technologique n'est pas encore devenue la norme lorsqu'il s'agit de se prononcer sur l'opportunité de continuer dans la voie que trace un développement technique particulier.

4.2.2 Une richesse de résultats

Sans prétendre à des percées significatives en matière méthodologique, les projets du module F comportent une multitude de contributions de valeur. Il en est ainsi, par exemple, de la modélisation conjointe des aspects liés à l'aménagement du territoire et les transports¹⁵, de la tentative d'utiliser les réseaux de Petri pour évaluer la sécurité, de l'utilisation des préférences déclarées pour estimer une demande pour un produit qui n'existe pas encore, des différentes enquêtes Delphi et mini-Delphi, etc.

¹⁵ Même s'il s'agit d'une première tentative qui essuie tous les déboires associés à des travaux de pionnier.

Les experts dans un domaine particulier parmi ceux qui sont touchés par les projets de ce module trouveront dans les différents projets des éléments significatifs qui permettent d'enrichir le débat, de compléter l'éclairage et, donc, de faire avancer la recherche.

4.3 Questions ouvertes

Constater qu'au terme d'efforts de recherche remarquables, mais forcément limitées dans le temps, la plupart des questions abordées restent ouvertes constitue une tautologie. C'est particulièrement vrai pour le module F du PNR 41.

Ainsi, la question de l'opportunité de Swissmetro n'est définitivement pas tranchée, mais devrait-on s'attendre à ce qu'elle le soit par de seuls travaux de recherche?

De même, l'évaluation de l'évaluation technologique ne donne - au mieux - que des réponses mitigées. L'approche est risquée, mais où sont-elles les solutions alternatives?

Enfin, un faisceau cohérent de résultats montre que c'est le contexte de l'organisation territoriale qui déterminera en grande partie les incidences spatiales d'un Swissmetro éventuel, et non pas l'inverse.

Le fait que ces questions restent ouvertes est normal et était, dans une très large mesure, prévisible avant même le début des travaux. C'est par l'apport de petites pierres que se construit l'édifice de la connaissance.

*

**

5. REFERENCES

5.1 Publications du PNR 41

Nr.	Titre	Sous-titre	Date	Auteur(s)	N° OCFIM
A1	Mobilitätsmanagement als neue verkehrspolitische Strategie	Konzepte - Stand in Europa - Pilotversuche und Perspektiven in der Schweiz - Schweizer Bericht zum europäischen Forschungsprojekt MOMENTUM - Mobility Management for the Urban Environment	2000	de Tommasi Roberto, Flamm Michael, Wagner Conrad, Kipourous Antonios, Güller Peter	801.632.d
A2	Autofreie Haushalte	Ihre Mobilität und die Folgen für Verkehrsplanung und Verkehrspolitik	1999	Müller & Romann IPSO Sozial-, Marketing- und Personalforschung Metron Verkehrsplanung und Ingenieurbüro AG Landert, Farago, Davatz und Partner	801.619.d
A3	Neue, integrierte Mobilitätsdienstleistungen		1999	Schad Helmut, Flamm Michael, Wagner Conrad, Frey Thomas et al.	801.617.d
A4	Entre rupture et activités: vivre les lieux du transport		2000	Vincent Kaufmann, Christophe Jemelin, Dominique Joye	801.635.f
A5	Die Chancen soziokultureller Innovation für Neuansätze im Freizeitverkehr		1999	Institut cultur prospectiv	801.631.d
A6	Carpooling: Massnahmen zur Erhöhung des Besetzungsgrades von Fahrzeugen	Bericht zur Schweizer Beteiligung am EU-Forschungsprojekt „Increase of Car Occupancy (ICARO)“	2000	Data Science AG	801.633.d
A7	Neue Kommunikationsmedien: Einsatz in Unternehmen und Auswirkungen auf den Verkehr		2000	Rangosch Simone	801.656.d
A8	Nouvelles formes de communication et de coopération des entreprises: conséquences pour les transports		2000	Buser Martine, Rossel Pierre, Bosset Frédéric	801.657.f
A9	Die Zukunft gehört dem Fussgänger- und Veloverkehr - L'avenir appartient aux déplacements à pied et à vélo	Stand des Wissens - Massnahmen - Potentiale - Schritte zu einer verkehrspolitischen Neuausrichtung / Etat des connaissances, mesures et potentiels - Vers une réorientation des politiques de transport	1999	Netzwerk Langsamverkehr (Hg.) / Réseau piétons-vélos (Ed.)	801.610.d
A10	Daten für die Zukunft	Anforderungen an die Erneuerung der schweizerischen Verkehrsstatistik	1999	Kooijman Gustaaf, Meyer-Rühle Olaf, Hitz Peter, Schad Helmut, Rommerskirchen Stefan	801.623.d
A11	Indicateurs d'accès pour une mobilité durable		2000	Martinelli Alberto, Pini Giuseppe, Torricelli Gian Paolo, Gérard Widmer	801.679.f
B1	Verladerverhalten		2000	Kaspar Claude, Laesser Christian, Meister Jürg	801.655.d
B2	Standort- und Transportkonzepte für den kombinierten Ladungsverkehr	Verlagerungspotentiale und Umsetzungsstrategie für den Import-/Export- und Binnenverkehr	2000	Ruesch Martin, Paras Milan, Kettner Simon	801.681.d
B3	Unternehmensstrategien und Güterverkehr	Wirkungen und Zusammenhänge - gezeigt am Beispiel der Region Zug	1999	Thierstein Alain, Schnell Klaus-Dieter, Schwegler Urs	801.616.d

B4	Multimodale Potenziale im transalpinen Güterverkehr		1999	Maggi Rico, Bolis Simona, Maibach Markus, Rossera Fabio, Rudel Roman, Schreyer Christoph	801.640.d
B5	Zukunftsgüterbahn	Vorstudie	1998	Maibach Markus, Schreyer Christoph, Lebküchner Matthias, Mauch Samue	801.602.d
B5+	Zukunftsgüterbahn	Synthesebericht	2000	Lebküchner Matthias, Schreyer Christoph, Maibach Markus	801.684.d
B6	Einbindung der Schweiz in die Transeuropäischen Verkehrsnetze: Personenverkehr		1999	Metron AG/EURES	801.639.d
B7	Europäischer Güterverkehr - Einbindung der Schweiz		1999	Wagner Stefano, Güller Peter, Pillet Gonzague	801.627.d
B8	European Sea Transport and Intermodalism	Consequences for Switzerland	1999	Roman Rudel, John Taylor	801.625.e
B9	Plates-formes logistiques multimodales et multiser-vices		2000	Poschet Lena, Rumley Pierre-Alain, De Tilière Guillaume	801.682.f
C1	Kosten und Nutzen im Natur- und Landschaftsschutz	Monetarisierungs- und Beurteilungsmo-dell für Schutzmassnahmen im Verkehr	1999	Infraconsult AG	801.614.d
C2	MODUM: Modell Umwelt - Mobilität	Ein systemdynamischer Ansatz für die Schweiz	2000	Keller Mario, Mauch Corine, Heeb Johannes, Huber Felix	801.685.d
C3	The Dynamics of Freight Transport Development	Explanations and Perspectives	2000	Ph. Thalmann	801.662.e
C4	Anteil des Strassenverkehrs an den PM10- und PM2.5-Immissionen	Chemische Zusammensetzung des Feinstaubes und Quellenzuordnung mit einem Rezeptormo-dell	2000	Hügli Christoph	801.683.d
C5	Nachhaltigkeit: Kriterien im Verkehr		1998	Ernst Basler + Partner AG	801.604.d
C6	Nachhaltigkeit im Verkehr: Planungs- und Prüfinstrumente		2000	Ernst Basler + Partner AG	801.654.d
C7	Strategie Nachhaltiger Verkehr		2000	IKAÖ Ernst Basler + Partner AG, Wuppertal Institut	801.672.d
C9	Weiterbildung für eine nachhaltige Mobilität	Bestandesaufnahme der Angebote und Bedürfnisse sowie Empfehlungen für gezielte Verbesserungen	2000	Mazenauer-Kistler Vroni, Leuenberger Christian	801.666.d
D2	Wettbewerb und Grundversorgung auf der Schiene	Grundlagen und Empfehlungen für künftige Bahnreformen in der Schweiz	1999	Lundsgaard-Hansen Niklaus, Knieps Günter, Bietenhard-Ritter Sonja, Oetterli Jörg	801.618.d
D3	Faire und effiziente Preise im Verkehr	Ansätze für eine verursacher-gerechte Verkehrspolitik in der Schweiz	1999	Maibach Markus, Schreyer Christoph, Banfi Silvia, Iten Rolf, de Haan Peter	801.629.d
D4	Externe Kosten im Verkehr: Regionale Verteilungswirkungen	Regionale Lasten - Auswirkungen von Internalisierung und Mittelverwendung	1999	Ott Walter, Seiler Benno, Kälin Roland	801.636.d
D5	Freizeitverkehr	Analysen und Strategien	2000	Meier Ruedi	801.658.d
D6	Verkehrsmanagement in Ferienorten	Lenkungs-massnahmen, Akzeptanzprobleme, Implementierung-sprozesse	1999	Forschungsinstitut für Freizeit und Tourismus der Universität Bern (FIF) und Metron Verkehrsplanung und Ingenieurbüro AG	801.612.d
D7	Politique des transports et régions frontalières	Rapport de synthèse	1999	Mettan Nicolas, Erlanger Jacques	801.649.f
D8	Liberalisierung im Luftverkehr: Folgen f. d. Schweiz		2000	Oliva Carl, Hüttenmoser Cornelia, Lüking Jost	801.651.d
D9	Finanzierung des Verkehrs von morgen	Analysen un Reformen	1999	Blöchliger Hansjörg, Herrmann Sabine, Kux Stephan, Heitmann Seraina	801.637.d

D11	Road-Pricing in der Schweiz	Akzeptanz und Machbarkeit möglicher Ansätze im Spiegel von Umfragen und internationaler Erfahrung	2000	Güller Peter, Neuenschwander René, Rapp Matthias, Maibach Markus	801.665.d
D12	Akzeptanz der schweizerischen Verkehrspolitik bei Volksabstimmungen und im Vollzug		2000	Vatter Adrian, Sager Fritz, Bühlmann Marc, Maibach Markus	801.688.d
D13	Akzeptanz einer nachhaltigen Verkehrspolitik im politischen Prozess	Deutschland, Niederlande und Schweiz im Vergleich	2000	Widmer Thomas, Schenkel Walter, Hirschi Christian	801.689.d
D14	Evaluationskonzept für die schweizerische Verkehrspolitik	Bestandesaufnahme bisheriger Ex-Post-Evaluationen und Eckpfeiler für die Weiterentwicklung	2000	Balthasar Andreas, Bächtiger Christine	801.690.d
E1	Intelligente Kundeninformation im öffentlichen Verkehr	Überblick und Grundlagen	1998	Arnet Oliver, Holzinger Stefan, Maissen Stefan	801.603.d
E2	Möglichkeiten und Grenzen zusätzlicher Anwendungen des LSVA-Erhebungssystems		1999	Rapp Matthias, Liechi Markus	801.624.d
E3	Banques de données routières et mobilité	Apports des banques de données routières aux instruments de la gestion de la mobilité	1999	Robert-Grandpierre et Rapp SA, EPFL - Centre Informatique Génie Civil, Institut de Recherches Robert Bosch SA, INSER SA, Rosenthaler + Partner AG	801.638.f
E4	Verkehrsinformationssystem und Umweltmanagement (VISUM)	Wirkungsanalyse am Beispiel des Verkehrssystem-Managements (VSM) Bern	1999	B+S Ingenieur AG	801.621.d
E5	Perspektiven der Verkehrstelematik		1998	ASIT	801.607.d
F1	Nachfrageabschätzung Swissmetro	Eine Stated-Preference-Analyse	1999	Abay Georg	801.622.d
F2	Analyse de risques lors d'accidents en tunnels		1999	Trottet Yves, Vernez David, Jufer Marcel	801.620.f
F3	Les enjeux des transports à grande vitesse	Des méthodes pour l'évaluation des innovations technologiques, l'exemple de Swissmetro	1999	Rossel Pierre, Bosset Frédéric, Glassey Olivier, Mantilleri Roland	801.626.f
F4	Technische Möglichkeiten im Personenfernverkehr auf der Schiene	Übersichts- und Perspektivstudie	1998	Dasen Stefan, Engel Michael	801.606.d
F5a	Swissmetro et la Suisse en prospective	Les incidences spatiales de la grande vitesse - partie IREC-EPFL du projet F5	2000	Katell Daniel, Martin Schuler Michel Bassand, Pierre-Alain Rumley	801.673.f
F5b	Räumliche Effekte von Swissmetro	Modellsimulation der Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturänderungen; Teil ORL-ETHZ von Projekt F5	2000	Gruber Ricardo, Zbinden René, Schmid Willy A.	801.674.d
F6	Energie- und Umweltbilanz einer Eurometro		2000	Ernst Walter, Geisel Jens, Graf Hanspeter, Leuenberger Christian, Schöbi Daniel	801.680.d
M1	Leitfaden Nachhaltigkeit im Verkehr	Hinweise zur Beurteilung von Forschungsprojekten	1998	Ernst Basler + Partner AG	801.605.d
M2	Mesure de la durabilité des transports - Résumé du projet C5 et Fil rouge pour la réalisation de projets		1998	Ernst Basler + Partner AG	801.608.f
M3	Measuring the Sustainability of Transport - Summary of Project C5 and Guide to Application in Projects		1998	Ernst Basler + Partners Ltd.	801.609.e
M4	Vision Fahrplanauskunft Schweiz - Machbarkeitsstudie für eine flächendeckende Fahrplaninformation		1999	Arnet Oliver, Holzinger Stefan, Maissen Stefan	801.615.d

M5	Anhänge zu Bericht D3 „Faire und effiziente Preise im Verkehr“		1999	Maibach Markus, Schreyer Christoph, Banfi Silvia, Iten Rolf, de Haan Peter	801.630.d
M6	Schweiz. Verkehrspolitik im Spannungsfeld der Aus-senpolitik - Beispiel 28-T-Limite (<i>aus dem NFP 42</i>)	Eine Policy-Netzwerkanalyse am Fallbeispiel der 28-Tonnen-Limite	1999	Maibach Markus, Vatter Adrian, Sager Fritz, Peter Daniel	801.628.d
M7	The supply of combined transport services	Increasing their market penetration	1999	Rossera Fabio, Rudel Roman	801.641.e
M8	Modelling the transport and logistics choice of a shipper		1999	Maggi Rico, Bolis Simona, Maibach Markus, Rossera Fabio, Rudel Roman, Schreyer Christoph	801.642.e
M9	Politikstrategien zur Förderung des Kombinierten Verkehrs		1999	Maggi Rico, Bolis Simona, Maibach Markus, Rossera Fabio, Rudel Roman, Schreyer Christoph	801.643.d
M10	Gestion de la mobilité et prestations intégrées de mobilité en Suisse romande		2000	Flamm Michael; Schad Helmut; De Tommasi Roberto	801.634.f
M11	Grenzüberschreitender Verkehr in der Region Oberrhein	Fallstudie Regio-S-Bahn: Grüne und Rote Linie des Projekts D7 „Verkehrspolitik und Grenzregionen“	1999	Würmli Peter, Plattner Rolf M.	801.644.d
M12	Grenzüberschreitender Verkehr in der Region Konstanz-Kreuzlingen	Fallstudie Stadtbuslinie 8 und Mittelthurgaubahn des Projekts D7 „Verkehrspolitik und Grenzregionen“	1999	Schnell Klaus-Dieter, Thierstein Alain	801.645.d
M13	Les transports transfrontaliers dans la région insubrienne	Etude de cas de la gare Como-Chiasso et de la Ligne Lugano-Mendrisio-Varese du projet D7 „Politique des transports et régions frontalières“	1999	Fischer Claire, Torricelli Gian-Paolo	801.646.f
M14	Les transports transfrontaliers dans la région de Genève	Etude de cas du projet de transport collectif en site propre (TCSP) du projet D7 „Politique des transports et régions frontalières“	1999	Widmer Gérard, Pini Giuseppe	801.647.f
M15	Les transports transfrontaliers dans la région du Chablais	Etude de cas de la ligne du Tonkin et du Mont-Blanc-Express du projet D7 „Politique des transports et régions frontalières“	1999	Mettan Nicolas, Erlanger Jacques	801.648.f
M16	Handbuch Mobilitätsmanagement	Deutsche Version des Handbuchs aus den EU-Projekten MOMENTUM und MOSAIC	2000	Konsortien MOMENTUM und MOSAIC	801.650.d
M17	Legislaturperspektiven in der Verkehrspolitik	Diskussionspapier zu Handen der Kommissionen für Verkehr und Fernmeldewesen (KVF) des National- und des Ständerates	1999	Walter Felix, Neuenschwander René, Suter Stefan	801.652.d
M18	Perspectives pour la législation en politique des transports	Dossier à l'attention des Commissions des transports et des télécommunications (CTT) du Conseil national et du Conseil des Etats	1999	Walter Felix, Neuenschwander René, Suter Stefan	801.653.f
M19	Daten zum Freizeitverkehr	Methodische Analysen und Schätzungen zum Freizeitverkehr	2000	Meier Ruedi	801.659.d
M20	Technische und betriebliche Möglichkeiten der Gebührenerhebung im Strassenverkehr		2000	RAPP AG Ingenieure + Planer	801.664.d
M21	Vers un urbanisme de la proximité	Coordonner développement urbain et transports	2000	Bonanomi Lydia	801.667.f
M22	Das Gute liegt so nah	Bausteine für einen gemeinsamen Weg von Siedlungs- und Verkehrsentwicklung	2000	Bonanomi Lydia	801.668.d

M23	Les gares, atouts des transports publics	Quels nouveaux services pour quelles attentes?	2000	Vincent Kaufmann, Christophe Jemelin, Dominique Joye,	801.669.f
M24	Bahnhöfe: Trümpfe des öffentlichen Verkehrs	Neue Dienstleistungen für neue Bedürfnisse?	2000	Vincent Kaufmann, Christophe Jemelin, Dominique Joye,	801.670.d
M25	Luftverkehr - eine wachsende Herausforderung für die Umwelt	Fakten und Trends für die Schweiz	2000	Kaufmann Yvonne, Meier Ruedi, Ott Walter	801.671.d
M26	Der Weg zu mehr Nachhaltigkeit im Verkehr		2000	Ernst Basler + Partner Ag, IKAÖ	801.675.d
M27	La voie vers une mobilité plus durable en Suisse		2000	Ernst Basler + Partner AG IKAÖ	801.676.f
M28	Quel avenir pour les technologies maglev dans le contexte du transport terrestre à hautes performances?		2000	Rossel Pierre, Bosset Frédéric	801.677.f
T1	20 Jahre Gesamtverkehrskonzeption - wie weiter? La CGST a 20 ans./Tagung / colloque du 27.11.1997		1998	Walter Felix (Hrsg./Ed.)	801.601.df
T2	Fussgänger- und Veloverkehr / Les déplacements à pied et à vélo, Tagung vom / colloque du 6.11.1998	Potentiale - Massnahmen – Strategien / Potentialités - mesures - stratégies	1999	Netzwerk Langsamverkehr (Hg.) / Réseau piétons-vélos (Ed.)	801.613.df
T4	I trasporti e la mobilità / Verkehr und Mobilität / Les transports et la mobilité (Tagung Lugano '99)	Una minaccia e una sfida per le Alpi del XXI secolo / Bedrohung und Herausforderung für die Alpen des 21. Jahrhunderts / Une menace et un défi pour les Alpes du XXIe siècle	2000	G. P. Torricelli, Th. Scheurer (Hg.)	801.663.idf

5.2 Bibliographie et autres références

Apas, Strategic Transport N° 21, 1996, Methodologies for transport impact assessment

Badoe D., Miller E., 2000, Transportation - land-use interaction: empirical findings in North America, and their implications for modelling, Transportation Research, Part D, pp. 235-263

Baranowski F., 1990, Définition des objectifs de sécurité dans les transports terrestres, INRETS, rapport N° 133

Batisse F., 1997, Une recherche ferroviaire en cours d'aggiornamento, Le Rail, N° 64

Baumgartner Th., Mingot S., 1997, Ökobilanz Swissmetro, Institut für Energietechnik, ETHZ, Zürich

Bell R., 1998, Les péchés capitaux de la haute technologie, Éditions du Seuil, Paris

Bieber A., Offner J-M., 1987, Les grands projets de transports. Langages de l'évaluation, discours de la décision, INRETS, synthèse N° 10

Bonnafous A., Crozet Y., 1997, La grande vitesse ferroviaire: vers une nouvelle donne, Les cahiers scientifiques du transport, N° 32

Boutte C., 1997, Report on the impact of directive 91/440 in European Union associate states, UIC

Bundesministerium für Verkehr, 1996, FORCE-enhanced field projects for large scale introduction and validation of RDS/TMC services in Europe, EC transport research programme, 4th RTD framework programme

Burke J., 1998, How R&D is shaping the 21 century railroad, Railway Age, N° 8

Cahill E., Scapolo F., 1999, The Futures Project; Technology Map, European Commission, Directorate-General, JRC - Joint Research Centre, IPTS - Institute for Prospective Technological Studies, Seville

CEMT 1997, Quels changements pour le transport au siècle prochain?, 14ème Symposium international sur la théorie et la pratique dans l'économie des transports, Innsbruck, 21-23 octobre 1997

- CEMT 2000, Sustainable Transport Policies, Prague, May 2000
- Chatelus G., 1997, Accessibilité interrégionale: théorie et exemple d'application à l'échelle européenne, INRETS, rapport N° 217
- Clark S.D., Toner J.P., 1996, Application of advanced stated preference design methodology, ITS publications (UK)
- Costa G., Gouvernal E., Hanappe P., Bredeloup E., 1989, Enquête auprès des chargeurs, INRETS, rapport N° 92
- Costa G., Gouvernal E., Hanappe P., Bredeloup E., 1986, Enquête auprès des chargeurs, INRETS, rapport N° 13
- De la Barra, T., 1998, Improved logit formulations for integrated land use, transport and environmental models, in *"Network Infrastructure and the Urban Environment; Advances in Spatial Systems Modelling"*, Springer-Verlag, Berlin
- EC Transport Research Programme, 4th RTD Framework Programme, 1999, TASTe-analysis and development of tools for assessing traffic demand management strategies (TASTe)
- Ellwanger G., Lindeke S., 1998, Sustainable development using environmental indicators, Japan Railway and Transport Review, N° 17
- Ernst Basler + Partner AG, 1998, Mesure de la durabilité des transports; Résumé du projet C5 et fil rouge pour la réalisation de projets de recherché, Rapport M2 du PNR 41, Bern
- Faivre d'Arcier B., Clément L., 1994, Évaluation des projets de transport en commun en site propre. Cohérence et intégration dans une politique globale, INRETS, rapport N° 193
- Ferrandez F., 1989, Sécurité en situation d'urgence, INRETS, synthèse N° 15
- Fleury D., 1985, Genèse des accidents et perspectives de recherche en sécurité: étude pilote de Salon-en-Provence, INRETS, Acte N° 4
- Flamm M., 1998, L'écobilan, un outil au service d'un Technology Assessment de Swissmetro - conclusions et pistes de recherche, ESST - IREC, École polytechnique fédérale de Lausanne, octobre
- Gavigan J.P., Cahill E., 1997, Overview of recent European and Non-European national technology foresight studies, IPTS Technical Report TR97/02, Institute for Prospective Technological Studies, Seville
- Geerlings H., 1996, Technological innovation in the transport sector: the need for cooperation to meet environmental interest, Transportation planning and technology, Vol. 19
- Guglielminetti P., Tzieropoulos P., 1998, HINT WP7: Broad Review of Human and Organisational Implications of New Transport Technologies - Railways; Human, organisational, and social impacts of high speed railway lines, document ITEP N° IT 323/7_02
- Gustafsson G., 1997, Infrastructure management and financing sustainable transport, Rail international N° 9
- Güller P. & M., 1998, Grundlagen zur Beurteilung der räumlichen Effekte der Swissmetro, Synergo, Zürich
- Hadj-Mabrouk H, Dogui M., 1999, Approche d'intégration des facteurs humains dans la sécurité des transports ferroviaires guidés: projet "FACTHUS", Revue générale des chemins de fer, n° 11/99
- Héraud J.-A., Munier F., Nanopoulos K. (1996), Enquête sur les technologies du futur par la méthode DELPHI: un outil d'analyse pour la mise en oeuvre des politiques industrielles et publiques en matière technologique, in *"Actes Journées AFSE 1996 L'empirique en économie industrielle"*, Faculté des Sciences Économiques, Caen, 25-26 avril
- Hugues M., 2000, Painful birth of the intelligent railway, in *Railway Gazette International*, Vol. 156, N° 1, January 2000
- Industrieanlagen Betriebsgesellschaft mbH, 1997, FANTASIE - Assessment of new technologies and environmental issues, EC transport research programme, 4th RTD framework programme
- INFRAS, 1999, Internalisation of external costs: Instruments, Zürich, February
- INFRAS, IWW, 2000, External costs of transport (accident, environmental and congestion costs) in Western Europe, Zürich and Karlsruhe, March

- Istituto di studi per l'informatica ed i sistemi (IT), 1996, QUITST - Design and testing of an integrated methodology for the valuation of the quality of transport and systems and services in Europe, EC transport research programme, 4th RTD framework programme
- Julien R., 1996, Sécurité routière dans les tunnels: les besoins des usagers en situation de conduite, rapport PREDIT
- Kinnock N., 1997, The white paper on revitalising railways, Rail international N° 5
- Kräupl S., Leuenberger C., 1999, Energieversorgung für die Eurometro, Diplomarbeit im Nachdiplomstudium Energietechnik, HTA Burgdorf, Berner Fachhochschule, Burgdorf
- Leopold-Franzens Universität, 1997, TEST-technologies for European surveys of travel behaviour (TEST), EC transport research programme, 4th RTD framework programme
- Leuenberger C., Mombelli T., Savodelli P., 1998, Ökobilanz; Vergleich Eurometro - Kurzstreckenflugzeug, Semesterarbeit im Nachdiplomstudium Energietechnik, HTA Burgdorf, Berner Fachhochschule, Burgdorf
- Lundgren J., 1997, Selecting technology for business success in the 21 century, Railway gazette international, Vol. 153, N° 11
- Martino J.-P., 1993, Technological Forecasting for Decision Making, 3rd Edition, McGraw-Hill Inc
- Mayer J., Trappmann F., 1998, Forschungsschwerpunkt bei der DB AG, Eisenbahningenieur, Tetzlaff N° 10
- Moreau M., 1999, Alstom, sa vision du futur et ses projets clés, entrevue parue in *UITP Express*, N° 4, Bruxelles, août
- Neyrinck J., Nieth R., Jufer M., 2000, Swissmetro; l'avion sans ailes, Éditions Favre SA, Lausanne
- Offner J.-M., 1998, Évaluer et décider dans les transports, Revue Metropolis, N° 106/107
- Ptok B., Nitschke E., 1997, ERTMS: Einführung moderner Betriebsleit- und Steuertechnik bei der DB AG, Eisenbahningenieur, Tetzlaff N° 10
- Railway Gazette International, 1998, Facing up to fresh challenges, Vol. 154, N° 10
- Rizet C., 1989, Enjeux de la télématique dans le transport, INRETS, Acte N° 13
- Rossel P., Bassand M., Roy M.-A. (éd.), 1998, Au-delà du Laboratoire; les nouvelles technologies à l'épreuve de l'usage, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne
- Rossel P., Bosset F., Glassey O., Mantilleri R., 1999, Les enjeux des transports à grande vitesse; Des méthodes pour l'évaluation des innovations technologiques, l'exemple de Swissmetro, Rapport F3 PNR 41, Berne
- Ruesch M., Haefeli U., 1999, Technology Assessment im Verkehrswesen; Vorstudie, Forschungsauftrag 41/98 auf Antrag der Vereinigung Schweizerische Verkehrsingenieure (SVI), Schweizerische Wissenschaftsrat - TA Programm, Bern & Zürich
- Schäfer A., 1996, Demand scenarios worldwide, Massachusetts Institute for Technology, Boston
- Swissmetro SA, 1997, Demande de concession, Genève
- Technicatome SA (FR), 1998, PROTÉE - Procédure dans les transports d'évaluation et de suivi des innovations technologiques considérées comme des expérimentations collectives, EC transport research programme, 4th RTD framework programme
- Tetard C., Quincy R., Roumegoux J.-P., Vulin D., 1992, L'insécurité des poids lourds dans les longues descentes: l'exemple de la route express du tunnel du MT-Blanc, INRETS, rapport N° 152
- Thompson L. S., 2000, Railways in the first decades of the 21st century, in Railway Gazette International, Vol. 156, N° 1, January 2000
- Trottmann B., Kronenberg S., Balmer M., 1999, Energiebilanz Eurometro; Energetische Untersuchung und Energiebilanzierung, Diplomarbeit im Nachdiplomstudium Energietechnik, HTA Burgdorf, Berner Fachhochschule, Burgdorf
- Tzieropoulos P., 1997, HINT WP1: Identification of New Transport Technologies - Railways; Inventory of Impending New Technologies, document ITEP N° IT 323/1_01

Tzieropoulos P., 1998, HINT WP6: Transport Services and Intermodality - Railways; Methodology: Analysis and Choices, document ITEP N° IT 323/6_01

Van Elslande P., Alberton L., Nachtergaele C., Blanchet G., 1997, Scénarios-types de production de l'erreur humaine dans l'accident de la route: problématique et analyse qualitative, INRETS, Rapport N° 218

Van Zuylen H., 2000, Transforming economic and institutional structures and technological trends: Experience and prospects, CEMT, 15th International Symposium on Theory and Practice in Transport Economics, Salonica, 7-9 June 2000

Walrave M., 1998, Le développement de la grande vitesse en Europe: réalisations, perspectives, aspects techniques, commerciaux, économiques et financiers, Les cahiers scientifiques du transport, N° 33

Walter F. (éd.), 1999, Nouvelles technologies de transport: quelles perspectives pour Swissmetro / Verkehrstechnologien der Zukunft: Perspektiven für Swissmetro, Colloque organisé par le PNR 41 et le cast-EPFL, Lausanne

Widmer P., 2000, Enquête Delphi - L'avenir des transports en Suisse, MR 45/97, Mandat GVF N° 321, SVI - Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure, Zürich

ANNEXE: LISTE DE PROJETS DE L'UNION EUROPEENNE

4th Framework, Transport Research Programme

Il s'agit ici de présenter non pas la totalité des projets de recherche en transports financés par le 4^{ème} programme cadre de l'Union, mais d'une liste triée de projets touchant les questions soulevées soit par les projets du Module F du PNR 41, soit par la thématique que couvre la synthèse partielle de ce module.

Cette liste illustre, si besoin en était, l'effort de recherche consacré par l'Union dans le domaine concerné.

A1 Strategic

ACCEPT: Action concerning aCCEptance of new technologies and Procedures in Transport

ASSEMBLING: Assembling a European network of monitoring centers for transport infrastructures

ASTRA: Assessment of Transport Strategies

CANTIQUÉ: Concerted Action on Non Technical measures and their Impact on air Quality and Emissions

CAPRI: Concerted Action for Transport Pricing Research Integration

CODE-TEN: Strategic Assessment of Corridor Developments, TEN Improvements and Extensions to the CEEC/CIS

COMMUTE: Common Methodology for Multimodal Transport Environmental Impact Assessment

CONCERTO: Concerted Action for European Transport Information Systems

ECONOMETRIST: Economic evaluation of transport activities impacts on Member States

ECOPAC: Economics of impacts

EMOLITE: Evaluation Model for the Optimal Location of Intermodal Terminals in Europe

EUNET-SASI: Socio-Economic and spatial Impacts of transport infrastructure investments and transport system improvements

EUROSIL: European Strategic Intermodal Links

FANTASIE: Assessment of new technologies and environmental issues

HINT: Human implications of new technologies

INFOSTAT: Information systems

INFRAFIN: Financing of Infrastructure Investments

INFREDAT: Methodology for Collecting Intermodal Freight Transport Data

INTERNAT: Integrated Trans European Network Assessment Techniques

MAESTRO: Monitoring Assessment and Evaluation Scheme for Transport Policy options in Europe

MEET: Methodologies for estimating air pollutant emissions from transport.

MEST: Methods for European Surveys of Travel Behaviour

MESUDEMO: Methodology for establishing a database on transport supply, demand and modelling in Europe
MINIMISE: Managing Interoperability by Improvements in Transport System Organisation in Europe
MYSTIC: Methodology for Statistical Analyses, Modelling and Data Collection
OD-ESTIM: Cost-Efficient Origin/Destination Estimator
PASTEUR: Policy Assessment, Scenarios and Transport Economic Research in Europe
PATS: Pricing acceptability in the transport sectors
PETS: Pricing European transport systems.
POSSUM: Policy scenarios for sustainable mobility
PROFIT: Private Operation and Financing of Trans-European Networks
PROTEE: PROCédure dans les Transports d'Évaluation et de suivi des innovations technologiques considérées comme des Expérimentations collectives
QUITS: Design and testing of an integrated methodology for the valuation of the quality of transport and systems and services in Europe
RECONNECT: Reducing Congestion by Introducing New Concepts of Transport
SCENARIOS: Scenarios for trans-European network
SCENES 10 - 11 - 12: Modelling and Methodology for analysing the interrelationship between external developments and European transport
SITPRO: Study of the Impacts of the Transport RTD Programme
SORT-IT: Strategic Organisation and Regulation in Transport
STEMM: Strategic European Multi-Modal Modelling
STREAMS 11-12: Strategic Transport Research for European Member States
TENASSESS: Policy Assessment of trans-european Networks & Common Transport Policy
TEST: Technologies for European Surveys of Travel Behaviour
TRANSINPOL: Transport Information Systems Policies
TRENEN II-STRAN: Models for Transport Environment and Energy - version 2 Strategic Transport Policy Analysis
VAST: GNSS - Value added Services for Transport
WORKFRET: Working Cultures in the Face of Intermodal Freight Transport Systems

A2 Rail

ACRUADA: Assessment and Certification Rules for Digital Architecture
CRMA: Cost, Reliability, Maintenance and Availability
EUFNET: European Freight RAILway NETwork
EUROPE-TRIP: European Railways Optimisation Planning Environment - Transportation Railways Integrated Planning
EUROSIG: Development of the complete ERTMS concept
FIRE: Freight Information in the Railway Environment
HISPEEDMIX: High Speed Freight on the European High Speed Railway Network

HUSARE: Human Safe Rail in Europe Managing the Human Factor in Multicultural and Multilingual Rail Environments

INTELFRET: Intelligent Freight Train

LIBERAIL: Liberalised and Interoperable Railways

METARAIL: Methodologies and Actions for Rail Noise and Vibration Control

MORANE: MOBILE RADIO for railway Networks in Europe

OPTIRAILS: Optimisation of traffic through the European Rail traffic management systems

PRORATA: Profitability of rail transport and adaptability of railways

REMAIN: Modular Sys. for Reliability and Maintainability Management in European Rail Transport

SONERAIL: Socially Necessary Railways

A3 Integrated Transport and Intermodality

ARTEMIS: Advanced Road Transport Electronic Management Information Systems

CESAR: Co-operative European System for Advanced Information Redistribution

FACTEUR: Freight-Aware Consignments using Telematics in EUROPE

FREIA: Towards the networking of European Freight Villages

IDIOMA: Innovative Distribution with Intermodal Freight Operation in Metropolitan Areas

IMPULSE: Interoperable Modular Pilot plants Underlying Logistic System in Europe

INTRARTIP: Intermodal Transport Real Time Information Platform (INTRARTIP)

IQ: Intermodal Quality

IRIS: Innovative Rail Intermodal Services

ITESIC: Integration of Technologies for European Short Intermodal Corridors

LOGICAT: Concerted Action on logistic, Supply and Demand Chain Management in Europe

LOGIQ: Intermodal Decision. The Decision-Making Process in Intermodal Transport

PROMOTIQ: Conditions for the Promotion of a new Generation of Intermodal Transport Services and Operators

A4 Urban Transport

ADONIS: Analysis and development of new insight into substitution of short car trips by cycling and walking

AIUTO: Models and methodologies for the assessment of innovative urban transport systems and policies options

CAMPARIE: Campaigns for Awareness using Media and Publicity to assess the responses of individuals

CAPTURE: Cars to public transport in the urban environment

CARISMA: Co-ordinated ARchitectures for the Interconnection of Networks for Suitable Mobility with Telematics Applications

EQUIP: Extending the Quality of Public Transport

EU-SPIRIT: European System for Passenger Services with Intermodal Reservation, Information and Ticketing

HSR-COMET: Interconnection of the high-speed rail network with other transport modes: Connection in metropolitan areas of HSR terminals

ICARO: Increase of Car Occupancy through innovative measures and technical instruments

INPHORMM: Information and publicity helping the objective of reducing motorised mobility

INTERCEPT: Intermodal Concepts in European Passenger Transport

LEAN: Integration of LEAN LOGISTICS in urban multimodal transport management to reduce space demand and optimise use of transport mode

LEDA: Legal/regulatory measures to influence the use of the transport system

MIMIC: Mobility Intermodality and Interchanges

MOMENTUM: Mobility management for the urban environment

MOSAIC: Mobility Strategy Applications in the Community

OPTIMA: Optimisation of policies for transport integration in metropolitan areas

PIRATE: Promoting Interchange Rationale, Accessibility and Transfer Efficiency

SESAME - Derivation of the relationship between land use, behaviour patterns and travel demand for political and investment decisions; construction of an european database

SWITCH: Sustainable Workable Intermodal Transport Choices

TRANSLAND: Integration of TRANSport and LAND-use planning

TRANSPRICE: Trans modal integrated urban transport pricing for optimum modal split

UTOPIA: Urban Transport options for propulsion systems and instruments for analysis

WALCYNG: How to enhance walking and cycling instead of shorter car trips and to make these modes safer

A5 Road

DANTE: Designs to avoid the need to travel in Europe

DUMAS: Developing urban management and safety

ESCAPE: Enhanced Safety Coming from Appropriate Police Enforcement

EUROMOS: European Road Mobility Scenarios

EUROTOLL: European Project for Toll Effects and Pricing Strategies

EXTRA 2: Euromethodologies X Travel Assessment

FORCE: Enhanced Field Projects for Large Scale Introduction and Validation of RDS/TMC Services in Europe

GADGET: Guarding Automobile Drivers through Guidance Education and Technology

POLMIT: Pollution of Groundwater and soil by Road and Traffic sources: dispersal mechanisms, pathways and mitigation measures

RECONNECT: Reducing Congestion by Introducing New Concepts of Transport

SOFTICE: Survey on Freight Transport including a cost-comparison for Europe

START: Development of strategies designed to avoid the need for travel

TASTE: Analysis and development of tools for assessing traffic demand management strategies

TRACE: Costs of private road travel and their effects on demand, including short and long term elasticities

TROPIC: Traffic optimisation by the integration of information and control