

<b>Zeitschrift:</b>	Ingénieurs et architectes suisses
<b>Band:</b>	114 (1988)
<b>Heft:</b>	21
<b>Artikel:</b>	Transport interurbain à grande vitesse: le "Swissmétro"
<b>Autor:</b>	Nieth, Rodolphe
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-76840">https://doi.org/10.5169/seals-76840</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Transport interurbain à grande vitesse : le « Swissmétro »

**Swissmétro est de ces projets qui ne laissent pas indifférent. Accueilli avec enthousiasme par ceux que Rail 2000 déçoit, faute d'apporter un accroissement spectaculaire de la vitesse de nos trains, il donne l'urticaire aux tenants du chemin de fer en tant que système universellement compatible, qui voit le TGV rouler à 300 km/h en France avant de se traîner jusqu'à Berne et permet à chaque mètre de voie d'être parcouru par n'importe quel wagon de marchandises européen.**

**Dans l'optique traditionnelle, Swissmétro est une conception utopique et démesurée. Elle recourt à un ensemble de techniques qui sont loin d'avoir toutes fait leurs preuves en service quotidien. Mais l'utopie d'aujourd'hui n'est-elle pas la routine de demain ?**

**Le fait que l'auteur de l'étude Swissmétro soit l'ingénieur qui a mené à chef la réalisation du raccordement ferroviaire de Genève-Aéroport montre qu'il ne s'agit pas d'une élucubration de pure fiction et qu'il serait déplacé de l'écartier d'un simple haussement d'épaules sans en avoir pris connaissance. C'est pourquoi nous la présentons ici sans prendre de position.**

**Rédaction**

## Introduction

Depuis ses origines, l'homme a été appelé à se mouvoir et sa mobilité n'a fait qu'augmenter avec le temps. Au début, l'homme émigrat en quête de nourriture ou d'un meilleur climat. Il y a eu des nomades, des commerçants, des conquérants et, plus tard, pour satisfaire sa soif de connaissances et

**PAR RODOLPHE NIETH,  
LAUSANNE**

son plaisir au changement, l'homme s'est mis à voyager. Les voyages ont augmenté considérablement dans la 1<sup>re</sup> moitié de notre siècle avec le développement des moyens de transport et l'octroi de vacances payées aux salariés. Toutefois, cette notion du voyage s'est modifiée depuis la dernière guerre. Le plaisir d'aller à la découverte qui prévalait auparavant a fait place de plus en plus à l'obligation de se déplacer. Le développement et la concentration en des lieux distincts toujours plus éloignés les uns des autres de l'industrie, du commerce, de l'habitat et des loisirs obligent l'homme à une mobilité sans cesse accrue.

Les déplacements sont ressentis de plus en plus comme une contrainte. Les désagréments qui en résultent - embouteillages sur nos routes, dangers encourus, inconfort des transports publics bondés aux heures de pointe, temps perdu, nuisances, emprise des voies de circulation sur le territoire - représentent une diminution importante de la qualité de vie. La prise de conscience qui a lieu à ce sujet dans notre pays entraînera inéluctablement une amélioration, qui passera par un développement des transports publics

locaux et régionaux, d'une part, et par un développement des transports interurbains et interrégionaux, d'autre part.

L'essor des transports publics locaux et régionaux est notoire en Europe. En Suisse, il a été amorcé à Zurich, Bâle et Genève. Les autorités politiques sont contraintes de promouvoir les transports en commun principalement pour remédier à l'engorgement croissant du trafic automobile. Avec cet essor, de nouvelles techniques sont apparues. Les métros automatiques de Lille et de Berlin sont deux exemples parmi les plus marquants.

Le développement des transports interurbains est aussi manifeste. On s'applique surtout à améliorer les transports ferroviaires afin de réduire la durée des trajets. C'est le cas en Suisse avec Rail 2000 dont l'idée consiste, pour l'essentiel, à diminuer les temps d'attente des correspondances aux points de jonction.

Nos voisins français et allemands ont opté, dans le même but, pour de hautes vitesses qui s'élèvent jusqu'à 300 km/h. La technique ferroviaire a toutefois ses limites. La vitesse des trains coûte cher : les investissements, les frais d'entretien et d'exploitation, la consommation d'énergie ainsi que les nuisances qui en découlent sont augmentés considérablement, souvent de façon disproportionnée par rapport au gain de temps réalisé et à l'intérêt qu'il suscite. En conséquence, il est vraisemblable que de nouvelles techniques répondant mieux aux exigences d'aujourd'hui et, surtout, à celles du siècle prochain, verront le jour à plus ou moins brève échéance.

Dans cette optique, l'auteur de ce rapport a recherché, dès les années septante, un nouveau moyen de transport complémentaire à ceux existants, qui soit rapide, sûr, économique et qui

satisfasse aux impératifs de la politique concernant notamment la protection de l'environnement, l'indépendance énergétique, la mobilité géographique et le marché du travail. Ces recherches ont abouti en 1980 au lancement de l'idée « Swissmétro » dans notre pays. Cette idée a été soutenue et développée depuis lors par des professeurs de l'EPFL, MM. Willy Benoît, François Descoedres, Marcel Jufer et Francis-Luc Perret.

## Swissmétro

Il s'agit d'un système de transport des voyageurs pour moyennes et grandes distances, nouveau par sa conception et sa technique ; entièrement souterrain, il est autonome, mais suffisamment intégré au réseau des transports publics existants pour améliorer, grâce à des vitesses élevées, les liaisons voyageurs interurbaines et interrégionales dans l'ensemble du pays.

Bien que l'idée ait été développée pour le transport des voyageurs, il convient de noter qu'un tel système pourrait être envisagé de la même manière, voire plus simplement, pour le transport des marchandises.

## Caractéristiques techniques

Le système préconisé repose sur l'application de quatre techniques :

- une infrastructure entièrement souterraine comprenant deux tunnels d'un diamètre de 4,5 m
- un vide d'air partiel dans les tunnels
- un mode de propulsion par moteurs électriques linéaires
- un mode de sustentation magnétique des véhicules.

Il ne s'agit pas d'innovations à proprement parler, mais d'applications combinées, mais à plus grande échelle, de techniques connues (fig. 1).

## Infrastructure

La solution souterraine est idéale pour la protection de l'environnement et elle est favorable à l'aménagement du territoire. Cette solution s'impose au projet. En effet, il ne sera bientôt plus possible en Suisse de construire de nouveaux tracés à l'air libre pour les transports quels qu'ils soient, étant donné la topographie du pays, le taux d'occupation du sol et l'évolution politico-sociale concernant la protection de l'environnement.

Lors de l'étude préliminaire qui a été effectuée en 1982 et 1983, nous avons considéré un tracé allant de Genève à Saint-Gall.

Les tunnels étaient situés à une quarantaine de mètres de profondeur afin d'être le plus possible forés dans la molasse et bénéficier ainsi d'un coût de construction moins onéreux, résultant d'un meilleur rendement à l'avant-

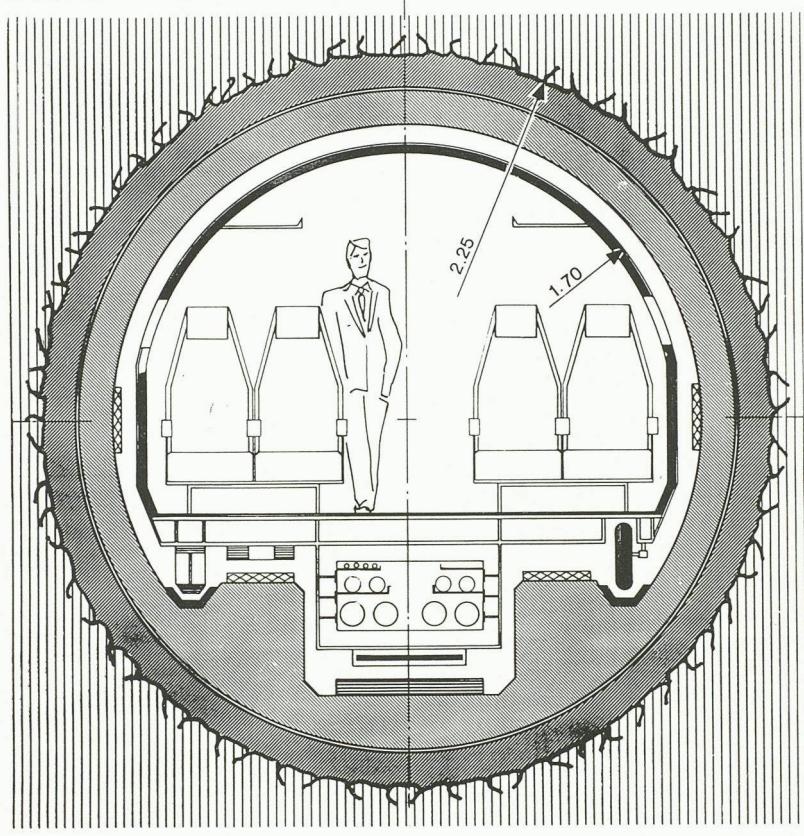
**COUPE TYPE**

Fig. 1. — Coupe type du Swissmetro.

cement par rapport à d'autres conditions géologiques. En outre, à cette profondeur, la pénétration au cœur des villes doit être beaucoup moins problématique compte tenu des techniques de creuse prévues, à savoir une méthode hautement mécanisée avec forage au tunnelier en rocher et au bouclier en terrain meuble. La pose d'un soutènement préfabriqué en voussoirs de béton a été prise en compte.

Etant donné le petit diamètre du tunnel Swissmetro, comparativement aux tunnels ferroviaires et routiers ordinaires, le volume des déblais n'est pas exceptionnel. A titre d'exemple, le double tunnel entre Genève et Saint-Gall représenterait une excavation de 10 millions de mètres cubes alors que l'ensemble des tunnels des routes nationales totalisera 20 millions de mètres cubes, une fois le réseau achevé.

Le choix du revêtement des tunnels a une influence directe sur la réalisation et l'entretien du vide d'air. Sur ce point nous nous sommes fondés, dans notre étude préliminaire, sur des expériences réalisées au CERN notamment. Nous avons considéré un revêtement constitué d'une peau métallique prise en sandwich entre deux anneaux de béton armé, tout en étant conscients que d'autres variantes devraient être analysées.

**Vide d'air**

En ce qui concerne le vide d'air, il importe de préciser d'abord qu'il s'agit d'un vide partiel nécessaire à la propulsion économique des véhicules. Le transport sous vide présente en effet l'avantage d'économiser l'énergie puisque la plus grande partie de la consommation énergétique des transports de type TGV<sup>1</sup> actuel est utilisée à vaincre la résistance de l'air. Dans notre projet, la pression de l'air est réduite à une dizaine de torrs. Cette pression correspond à celle que trouve un avion volant à 15 000 mètres d'altitude.

La réalisation et l'entretien du vide sont effectués au moyen de pompes déjà commercialisées. Le nombre de pompes et leur puissance, nécessaires dans un premier temps pour faire le vide, dépendent notamment de la durée que l'on veut consacrer à cette opération. L'entretien du vide est fonction, quant à lui, des pertes aux sas d'accès, mais surtout de la perméabilité des parois. Etant donné les options prises dans notre étude, on pourrait, à la mise en service, réaliser le vide en une semaine au moyen de deux pompes de 8,8 kW alimentées sur le réseau (50 Hz-380 V) et placées tous les 5 kilomètres dans chaque tunnel. Une seule pompe suffirait ensuite pour entretenir le vide, la deuxième restant en place comme pompe de réserve.

**Propulsion**

Des véhicules propulsés par moteurs linéaires et maintenus au-dessus de leur support par une force magnétique sont déjà réalisés en Allemagne et au Japon.

Si, techniquement, ces véhicules sont quasiment prêts à circuler comme moyen de transport à des vitesses de l'ordre de 500 km/h, ils ne connaîtront probablement pas un développement important étant donné qu'ils nécessitent une consommation d'énergie très élevée et une occupation au sol non négligeable. Avec le vide partiel prévu dans le cas de Swissmetro, le problème énergétique est résolu et, bien que les principes de base de la propulsion et de la lévitation soient les mêmes, les applications sont de ce fait notablement différentes.

En réalité, le système Swissmetro serait propulsé par des moteurs linéaires fixés au tunnel, les induits étant quant à eux liés aux véhicules. La disposition des moteurs et leur puissance dépendent de facteurs économiques et relatifs au confort des voyageurs. Si l'on veut par exemple accélérer et obtenir une vitesse élevée sur une courte distance, il faudrait des moteurs puissants, donc coûteux et impliquant un investissement important pour la distribution d'énergie. En outre, l'accélération pourrait être ressentie désagréablement par l'usager. Il y a donc un optimum à trouver. Il est évident que la vitesse dépendra de cette optimisation et que plus la distance entre deux arrêts sera grande plus la vitesse pourra être élevée.

L'étude préliminaire a montré que, pour les distances qui séparent les grands centres urbains de notre pays, des vitesses maximales de l'ordre de 400 à 500 km/h sont réalisables, la consommation d'énergie par voyageur étant 8 fois plus faible que celle nécessaire au transport à 250 km/h par TGV. Afin d'améliorer notamment cette «performance», nous pouvons envisager aujourd'hui, de façon réaliste, la récupération de l'énergie au freinage. Nous n'en n'avions pas tenu compte lors de notre étude préliminaire.

Ainsi, le Swissmetro consommerait peu d'énergie comparé aux autres moyens de transport. De surcroît, dans la mesure où, par son attrait supérieur à celui de la route, il ferait diminuer le trafic routier, il améliorerait le bilan énergétique de notre pays en diminuant notre dépendance à l'égard du pétrole.

Il convient de noter encore que des systèmes de transport avec moteurs linéaires comme nous l'envisageons fonctionnent déjà, mais à une plus petite échelle et sans vide, notamment

<sup>1</sup>Train grande vitesse.

aux PTT, pour le transport de sacs postaux dans des centres de tri, et dans plusieurs fabriques de verre d'Europe pour le transport des vitres dans les chaînes de production.

### Sustentation

Seule la sustentation magnétique permet d'assurer un guidage économique à des vitesses supérieures à 300 km/h. De plus, elle supprime toute usure, ce qui entraîne des économies importantes sur les coûts d'entretien et de renouvellement du matériel. Autre avantage à signaler : il n'y aura pratiquement pas de bruit.

Les études ont mis en évidence deux solutions pour cette sustentation : par répulsion ou par attraction.

Dans la technique à répulsion, la sustentation est réalisée par l'interaction entre des bobinages excités à courant électrique continu sans réglage, fixés au véhicule, et une bande de métal conductrice (aluminium) fixée au sol. L'alimentation électrique peut être assurée par des batteries ou par le recours à des bobines supraconductrices. Le véhicule « décolle » lorsque la vitesse s'accroît. Il « atterrit » lorsqu'elle descend au-dessous d'une certaine limite.

La technique à attraction combine l'interaction d'électro-aimants réglés, également alimentés en courant continu, mais interagissant avec des rails métalliques placés au-dessus des aimants. Le choix de l'une ou de l'autre technique dépendra du bilan énergétique (effet de traînée minimal) et de la fiabilité.

Une panne du système de propulsion n'affectera pas la sustentation, la source d'alimentation étant différente. Dans un tel cas, le véhicule sera freiné

mécaniquement par frottement et il atterrira normalement. La probabilité que les aimants du système de sustentation soient défectueux d'un seul coup est très faible. Toutefois, si cela arrivait, le véhicule tomberait de quelques centimètres sur son support. Muni de patins, il serait freiné et guidé. Une telle expérience a déjà été réalisée en France lors d'une course d'essai du turbotrain. L'atterrissement correspond à peu près à celui d'un avion. Les progrès récents dans le domaine des matériaux supraconducteurs ne peuvent qu'influencer favorablement les possibilités techniques en matière de propulsion et de sustentation.

### Le véhicule

Le véhicule Swissmetro présentera des analogies avec une cellule d'avion. Un diamètre de 3,4 m est prévu et sa longueur pourrait être de 200 m. L'inté-

rieur pressurisé et confortable aurait alors une contenance de 800 places assises. Aux arrêts, des sas et portillons automatiques permettront l'entrée et la sortie des voyageurs. Le véhicule sera équipé d'installations de sécurité qui ne seront utilisées qu'exceptionnellement ; il s'agit de patins pour le freinage et le guidage, de roues et d'un moteur autonome pour lui permettre de rejoindre soit la station suivante, soit une sortie de secours. Ces dernières sont combinées avec les stations de pompage et d'évacuation d'air disposées tous les 5 kilomètres.

Les conditions de transport étant identiques, dans les tunnels Swissmetro, à celles que l'on trouve à 15 000 mètres d'altitude, d'une part, et les techniques de construction des cellules d'avion étant parfaitement maîtrisées, d'autre part, la mise au point du véhicule devrait en être facilitée.

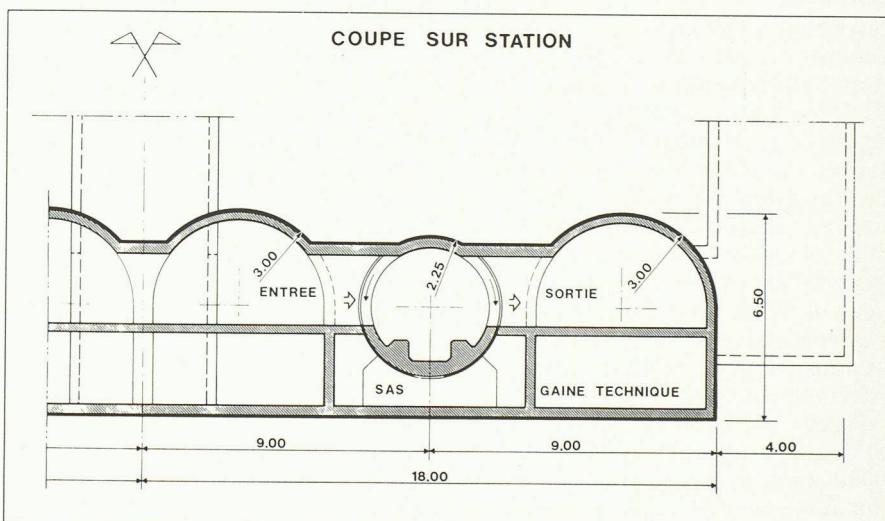


Fig. 3. — Coupe sur station.

### STATION TYPE

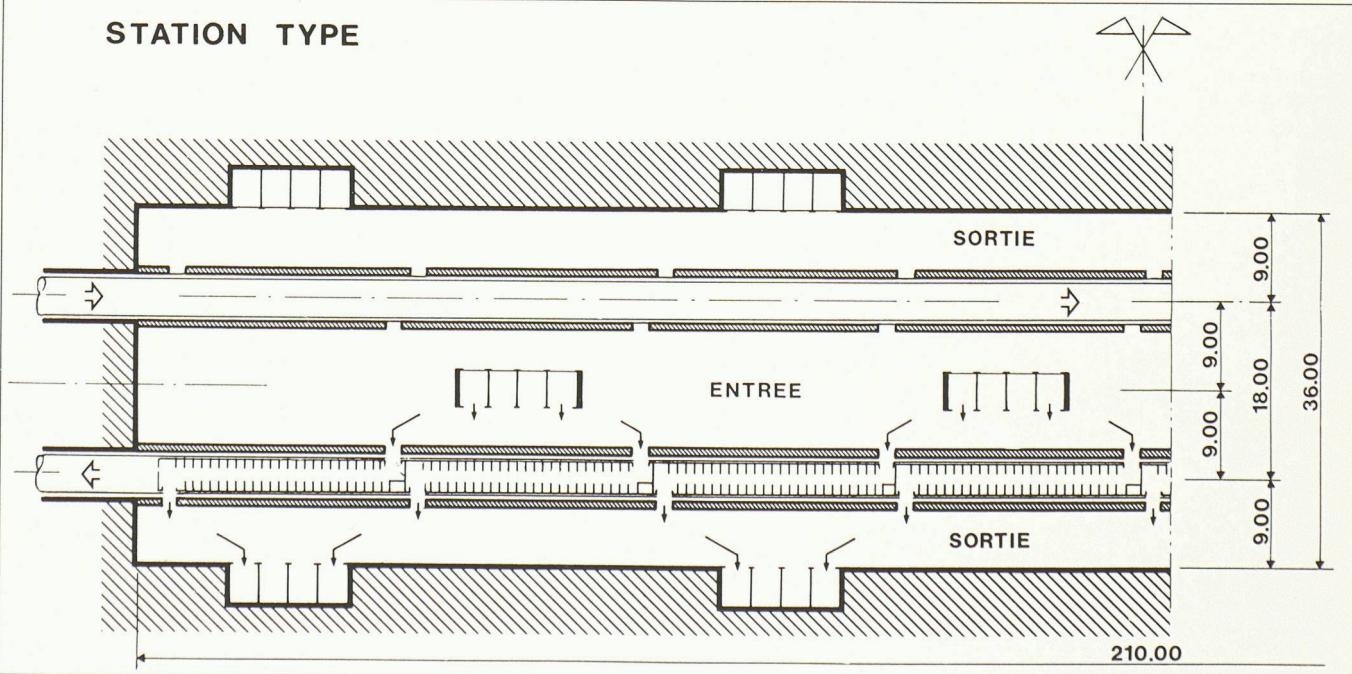


Fig. 2. — Station type.

## Réseau et exploitation

Compte tenu du relief de la Suisse, d'une part, et des études de la CGST<sup>2</sup>, d'autre part, nous avons proposé, en 1980, une double transversale en forme de croix : Genève-Lausanne-Berne-Lucerne-Zurich-Saint-Gall d'ouest en est, Bâle-Lucerne-Bellinzone-éventuellement Milan du nord au sud. Le tronçon Bellinzone-Milan ne peut être envisagé que dans le contexte d'un Eurométro ou d'une partie d'Euro métro. En outre, le réseau pourrait être prolongé de Lausanne à Sion et de Saint-Gall à Coire pour tenir compte notamment des impératifs de l'aménagement du territoire et de la politique régionale. Il faut préciser ici que l'opportunité des tracés n'a pas fait l'objet d'une étude particulière de notre part. Ce point mériterait d'être repris de façon approfondie, compte tenu des options prises depuis en matière de transports.

Les stations Swissmétro seraient souterraines et reliées au réseau des transports publics existants par des systèmes mécaniques rapides.

Le choix de la situation des stations devrait être fait de façon à restreindre au maximum les déplacements. On pourrait imaginer par exemple de situer des stations sous des gares si de tels emplacements se révélaient judicieux et de les relier par des batteries d'ascenseurs de grande capacité.

Le transport des bagages se ferait automatiquement sans l'intervention du voyageur, dès l'entrée dans la station de départ jusqu'à la sortie de celle de destination, selon un principe rappelant quelque peu celui du transport aérien. Les bagages seraient toutefois «personnalisés» par le titre de transport afin d'être récupérés rapidement à l'arrivée.

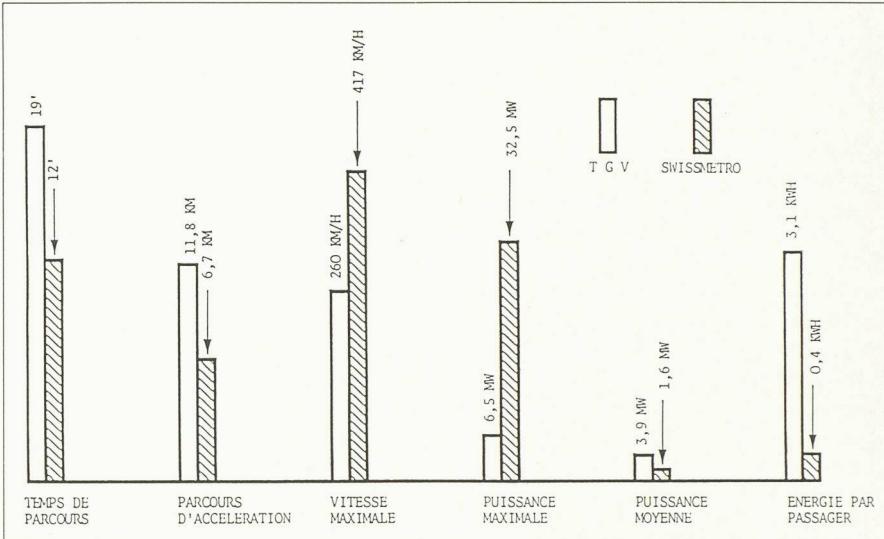


Fig. 4. — Performances comparées TGV-Swissmétro pour un tronçon type de 70 km.

Le temps de parcours entre les stations serait constant - 12 minutes - et par conséquent la vitesse variable suivant la longueur des tronçons. Les arrêts seraient de 3 minutes. Aux heures de pointe, la fréquence pourrait être de 4 ou 8 Swissmétros à l'heure (voire plus), si nécessaire. Le système de marche et son contrôle seraient électroniques selon un programme d'ordinateur. Toute collision antagoniste serait impossible, les métros circulant dans leur tube respectif à sens unique. La haute sécurité du Swissmétro telle que nous pouvons l'envisager n'aurait pas sa pareille parmi les autres moyens de transport connus.

L'insertion du Swissmétro dans le système des transports européens peut être envisagée de deux façons : ou bien les pays qui entourent la Suisse développent leur propre système, ferroviaire ou autre, ou bien le Swissmétro connaîtrait des prolongements plus ou

moins importants au-delà des frontières suisses.

Dans le premier terme de l'alternative, les voyageurs en transit dans notre pays devraient changer de mode de transport aux extrémités des réseaux. Cet inconvénient est tout relatif étant donné les liaisons rapides et confortables qui seraient aménagées, d'une part, et les gains de temps fantastiques réalisés, d'autre part. A ce sujet, il faut relever qu'actuellement une grande partie des voyageurs ferroviaires en transit sont aussi tenus de changer de train.

Les arguments invoqués contre un tel transport que sont un paysage non visible ou la claustrophobie sont peu pertinents. D'abord, comme on l'a vu précédemment, le plus grand nombre des gens se déplacent par obligation et la notion de rapidité prime tout autre critère. Ensuite, nous pouvons être convaincus que la claustrophobie n'aura pas une influence notable eu égard au taux d'occupation élevé des métros qui équipent les grandes villes de par le monde.

## Coûts et délais de réalisation

L'investissement nécessaire à la réalisation du Swissmétro dépendra avant tout des conditions géologiques. Premièrement, parce que le coût de construction d'un tunnel peut varier du simple au double suivant la nature du terrain. Deuxièmement, parce que la réalisation du tunnel représente la plus grosse part de l'investissement. Quoi qu'il en soit, on peut être assuré que l'investissement pour l'infrastructure du Swissmétro sera comparable aux investissements nécessaires à la cons-

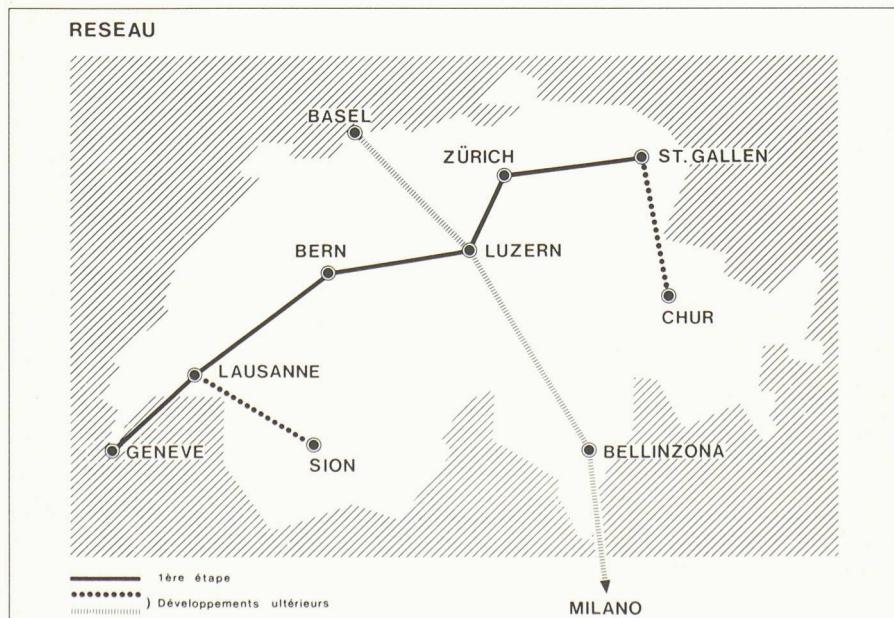


Fig. 5. — Réseau proposé.

<sup>2</sup> CGST : Conception globale suisse des transports.

		COMPARAISON DES TEMPS DE PARCOURS								
		Temps de parcours: en train avec SWISSMETRO 27								
BELLINZONA	200 27	69 27	221 27	155 57	245 57	166 57	102 27	271 87		221
BERN										
CHUR										
GENEVE										
LAUSANNE										
LUZERN										
SION										
ST GALLEN										
ZURICH										
BASEL	BELLINZONA	BERN	CHUR	GENEVE	LAUSANNE	LUZERN	SION	ST. GALLEN		

Fig. 6. — Comparaison des temps de parcours.

truction des nouveaux tracés d'autoroutes ou de chemins de fer. Cela est dû au petit diamètre des tunnels, au fait qu'il y aura peu d'achat de terrain et que l'environnement sera préservé sans mesures particulières.

Lors de notre étude préliminaire, une estimation sommaire des coûts a

été faite pour la réalisation du tronçon Genève-Saint-Gall, les conditions géologiques de ce tracé étant relativement bien connues.

Cette estimation a été reprise depuis lors. Les valeurs y relatives données ci-dessous correspondent à des francs 1987.

TABLEAU 1. — Coûts d'exploitations annuels du tronçon Genève - Saint-Gall.

<i>Coûts d'exploitation annuels</i>	
Charges de personnel:	
1000 personnes à Fr. 100 000.—/an	100 millions de francs/an
Frais de fonctionnement (énergie, entretien des installations, etc.)	50 millions de francs/an
Total	150 millions de francs/an

### Calendrier

Pour l'exécution des travaux, nous avons admis que 8 machines seraient engagées pour le forage au tunnelier et 5 pour le forage au bouclier, les rendements considérés étant respectivement de 600 et 130 mètres par machine et par mois.

Il convient de signaler que la réalisation d'une première étape de 70 km de longueur peut être envisagée en 15 ans moyennant un investissement de l'ordre de 2 milliards de francs.

### Rentabilité et financement

Le calcul économique a été fait pour le tronçon Genève-Saint-Gall sur la base des échéanciers donnés au chapitre précédent, en supputant un taux d'inflation de 3% par an et une durée de vie économique du Swissmétro de 100 ans. Cette durée a été admise dans notre calcul étant donné que le gros œuvre représente la plus grande part de l'investissement total (85%). Les estimations faites figurent dans le tableau 1.

### Trafic voyageurs

Le trafic intervilles Genève-Lausanne-Berne-Lucerne-Zurich et Saint-Gall peut être estimé grossièrement aujourd'hui à 4 milliards de voyageurs-km par an, répartis entre la route et le rail. Par son attrait, le Swissmétro accaparerait vraisemblablement entre 50 et 60% de ce trafic. Compte tenu d'un trafic induit estimé à 10% supplémentaires, nous aurions aujourd'hui avec le Swissmétro en service entre Genève et Saint-Gall un trafic compris entre 2,2 et 2,6 milliards de voyageurs-km par an, soit en moyenne 2,4 milliards de voyageurs-km par an.

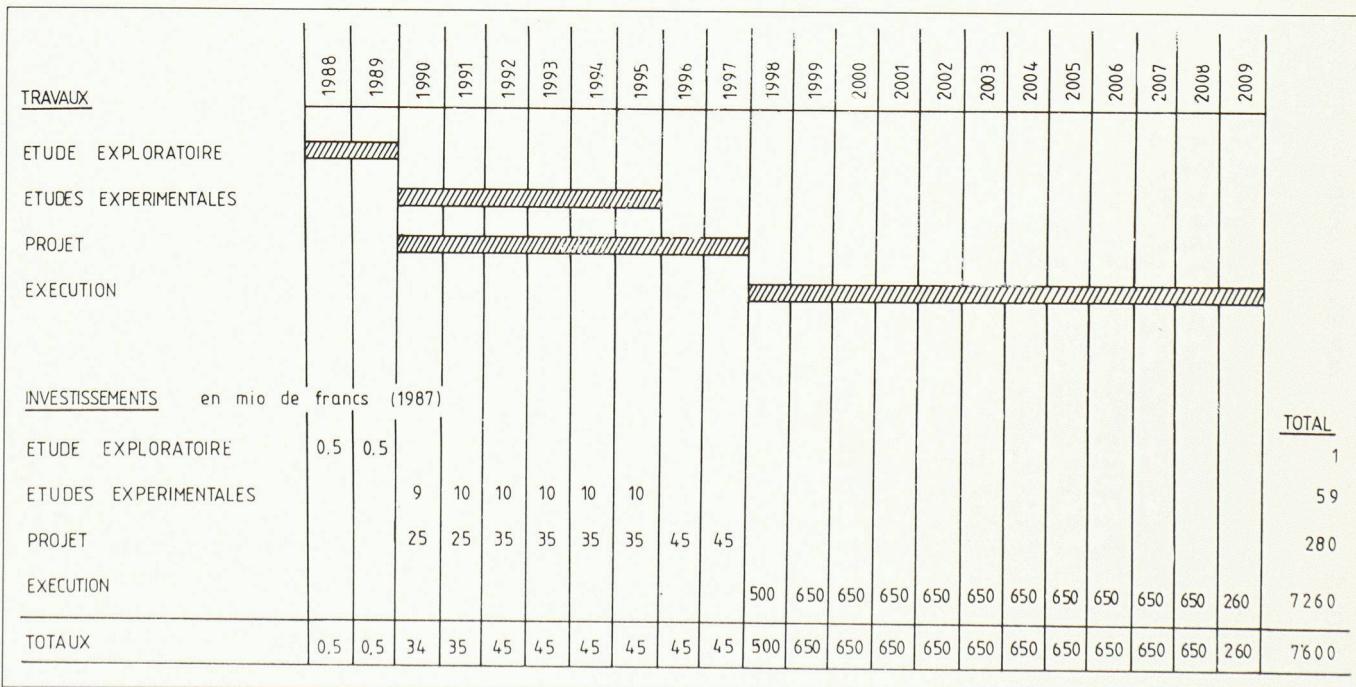


Fig. 7. — Calendrier.

TABLEAU 2. - Tronçon Genève-Saint-Gall: estimation sommaire des coûts de construction.

<i>Tunnels</i>	
2 × 275 km en molasse à 7,3 millions/km	4,0 milliards de francs
2 × 40 km en terrain meuble à 14,6 millions/km	1,2 milliard de francs
<i>Stations et puits intermédiaires</i>	
(6 stations voyageurs, 2 stations d'entretien, 60 puits)	1,0 milliard de francs
<i>Moteurs, véhicules et pompes</i>	0,8 milliard de francs
<i>Etudes</i>	0,6 milliard de francs
<b>Total</b>	<b>7,6 milliards de francs</b>

En observant la période 1988-2040 et en admettant un taux d'actualisation de 6%, ainsi qu'une croissance du trafic voyageurs de 1,5% par an, il faudrait un tarif de Fr. 0.135 par voyageur-km pour rentabiliser le Swissmétro.

A titre de comparaison, le coût moyen du kilomètre en automobile est aujourd'hui d'environ Fr. 0.60. Compte tenu d'un taux d'occupation de deux personnes par voiture, nous avons un coût de Fr. 0.30 par voyageur-km. En train, le prix d'un billet de 2<sup>e</sup> classe pour un parcours de 100 kilomètres correspond à un tarif de Fr. 0.22 par kilomètre. On peut mentionner encore que pour l'ensemble du trafic voyageurs des CFF, le produit par voyageur-km a été de Fr. 0.126 en 1986.

Nous avons représenté ci-après la valeur actualisée nette pour différents taux d'actualisation en faisant varier la

croissance (C) du trafic voyageurs et le tarif (T) par voyageur-km.

Au vu de ce tableau et compte tenu des hypothèses réalistes qui ont été faites, on peut être assuré que la rentabilité directe du Swissmétro sera positive avec un tarif au kilomètre comparable, voire plus avantageux que les tarifs des autres moyens de transport terrestres, tout en offrant un gain de temps substantiel.

Il est difficile d'évaluer l'incidence de la mise en service du Swissmétro sur les recettes des CFF. Ces derniers perdront une grande partie du trafic intercités sur les axes communs aux deux modes de transport. En revanche, par un report du trafic routier sur le Swissmétro, il y aura des répercussions positives sur le trafic ferroviaire, les chemins de fer assurant de façon complémentaire les dessertes régionales. Il faut signaler encore les avantages

économiques suivants découlant de la réalisation du Swissmétro :

- une diminution des accidents de la route, cette dernière étant moins fréquentée
- la sauvegarde des bonnes terres agricoles grâce aux tracés souterrains
- la perspective pour les entreprises suisses de nouveaux marchés à l'échelle mondiale grâce au développement de techniques, d'installations et de constructions nouvelles
- un développement économique et social plus équilibré et mieux réparti entre les différentes régions du pays étant donné la réduction importante des temps de parcours. En effet, cette réduction devrait permettre d'accroître de façon importante la mobilité géographique de la main-d'œuvre, ce qui devrait contribuer à enrayer le processus de concentration démographique et économique, notamment par l'intégration au réseau Swissmétro des cantons du Tessin, des Grisons et du Valais.

En ce qui concerne le financement du Swissmétro, quatre variantes sont envisageables :

- a) Un financement par le Fonds des transports publics. Cette solution risque toutefois d'être problématique à cause des ressources limitées.
- b) Un financement conjoint par le Fonds des transports publics et le Fonds des transports privés, en raison de l'importance primordiale du Swissmétro pour les économies d'énergie dans le trafic routier.

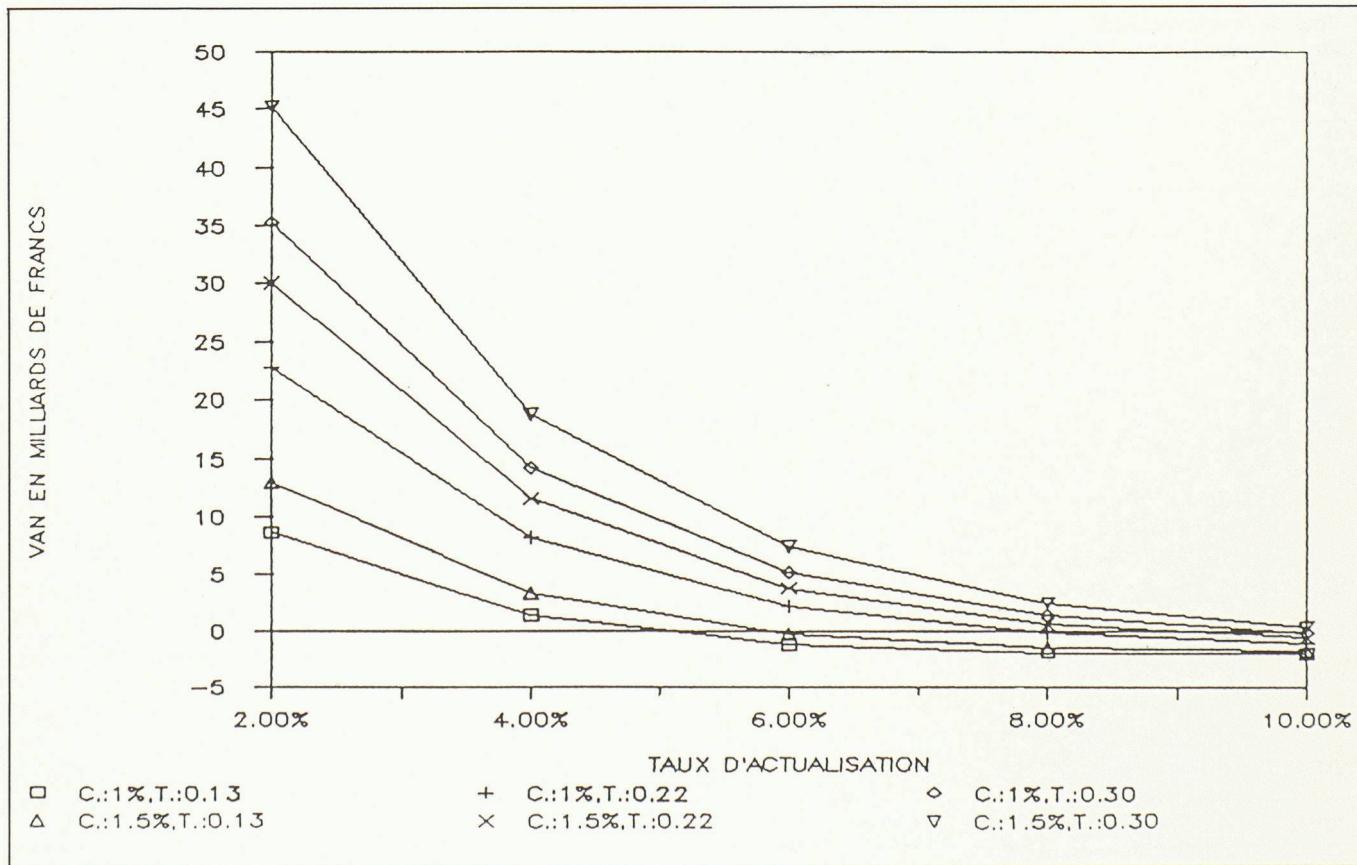


Fig. 8. — Analyse de variantes 1988-2040.

- c) Un financement privé par le marché des capitaux. Cette solution semble réalisable en raison de la rentabilité probable de ce nouveau mode de transport.
- d) Une combinaison de a), b) et c) ou de a) et c) (solution d'économie mixte).

### Conclusions

Le Swissmétro répond à la plupart des attentes de la population de notre pays : liaisons interurbaines et interrégionales ultrarapides, faible consommation d'énergie, pas d'atteinte à l'environnement, pas de nuisances, diminution probable du trafic routier, libération d'importantes capacités ferroviaires pour le trafic voyageurs régional et le trafic marchandises sur le

réseau existant, développement économique et social probablement mieux équilibré et mieux réparti entre les régions du pays, effets positifs probables sur la mobilité géographique de la main-d'œuvre, ouverture de nouveaux marchés pour l'exportation et enfin consolidation du fédéralisme politique, économique et culturel par le rapprochement des régions du pays. Le Swissmétro est de toute évidence une solution des plus intéressantes pour les transports publics de notre pays.

Après l'aventure du rail qui a connu son apogée au début du siècle et après la construction du réseau autoroutier qui s'achève, il serait judicieux de mobiliser les forces vives de notre pays pour la réalisation d'un grand projet propre à maintenir, voire développer

l'esprit d'entreprise de notre peuple. La Suisse se doit d'être une nation de pionniers, à la pointe du progrès, si elle entend, par son savoir et sa technologie, se maintenir au niveau des pays industrialisés modernes. Il y va de sa survie. Dans cette optique, le Swissmétro pourrait être ce grand projet qui toucherait de nombreux secteurs économiques et doterait notre pays d'un moyen de transport public adapté aux exigences du XXI<sup>e</sup> siècle.

#### Adresse de l'auteur:

Rodolphe Nieth  
Av. de Cour 6a  
1007 Lausanne

## Actualité

### La nouvelle norme SIA 331 «Fenêtres»

Que dire d'un document qui définit la fenêtre comme un simple «élément laissant passer la lumière» (0.1)? Il faut sans doute se reporter dix ans en arrière, lorsque la fenêtre n'était encore qu'un «trou laissant fuir la chaleur», le fameux «Wärmeloch», dont on a tant de peine à reconnaître les autres qualités. Cette impression est confirmée par la «liste des qualités» (2.12), où le facteur  $g$  de «passage du rayonnement solaire» ne figure pas... Que vont penser tous ceux qui s'efforcent de construire «passif»?

Vu l'importance que ce document donne à l'«isolation thermique», on peut s'étonner qu'un cadre métallique soit admis, sans que la «coupe du

pont thermique» soit même mentionnée (4.2)...

Il faut en revanche relever la subtilité d'une «étanchéité à l'air» distincte de l'«étanchéité à la vapeur d'eau» (5.12.1).

On sait maintenant que les fenêtres modernes sont pratiquement étanches à l'air et que cela crée de nombreux problèmes, pour ne pas parler de dégâts. Des «bouches de ventilation» sont donc indispensables et le meilleur endroit pour les placer est la partie supérieure du cadre de fenêtre. Il serait temps de signaler la chose et d'inclure ce dispositif dans la fourniture des fenêtres.

Olivier Barde

sécheresse, au gel, aux tempêtes, à la neige (troncs brisés), ainsi que 40 sortes d'atteintes dues aux champignons et aux insectes. Dans une deuxième étape, on a développé, à partir de formules courantes de calcul de l'évaporation, un modèle relatif à la sécheresse, testé à l'aide de dégâts recensés dans l'agriculture. La troisième partie de l'étude tente d'établir un rapport de cause à effet entre dégâts et données climatiques.

D'où il est ressorti que :

1. Après des étés chauds et secs isolés, on a régulièrement observé des dégâts, mais ceux-ci sont restés étroitement circonscrits dans le temps et dans l'espace.
2. Après deux ou plusieurs étés secs en l'espace de quelques années, il y a en général eu épidémie de bostryches, dont les plus graves ont eu lieu entre 1945 et 1953. Pourtant, après diminution des populations de bostryches, on n'a constaté aucun dégât consécutif.

Ces résultats permettent de conclure que, autrefois, les forêts étaient plus résistantes aux effets directs et indirects de la sécheresse estivale que ne l'étaient les cultures agricoles. De nos jours en revanche, même les automnes secs (1985, 1986) sont causalement associés à l'affaiblissement des arbres. Ce qui semble indiquer que la résistance des forêts aux effets du climat va s'amoindrir. Des expériences

### Inventaire Sanasilva 1988 : les forêts se portent mieux

Présentant dans un récent communiqué de presse le cinquième inventaire Sanasilva des dégâts aux forêts, effectué cet été (le premier a eu lieu en 1984), l'Office fédéral des forêts et de la protection du paysage et l'Institut fédéral de recherches forestières annoncent, pour la première fois depuis 1984, que la santé de nos forêts pourrait s'améliorer. Cette amélioration est particulièrement nette pour les feuillus, plus faible parmi les résineux. A quoi est due cette amélioration? A cette question il est difficile de répondre. En effet, toute une série de

facteurs divers peuvent influer sur l'état de santé des forêts: polluants atmosphériques, insectes ou micro-organismes. Mais aussi le temps qu'il fait.

C'est ce dernier point qui a retenu l'attention de quelques chercheurs<sup>1</sup> qui, sur la base de l'examen de périodes de sécheresse estivales, ont cherché à découvrir un éventuel lien entre les extrêmes climatiques et l'apparition de dégâts aux forêts.

Cette étude historico-écologique a commencé par analyser systématiquement et recenser les dégâts dus à la

<sup>1</sup> Rapport intitulé «Extrêmes climatiques et dégâts aux forêts en Suisse».