



TRAINS (TRÈS) LÉGERS

Pourquoi faire ?

Juin 2023

www.cerema.fr/ferroviaire

UN REGARD DANS LE RÉTRO

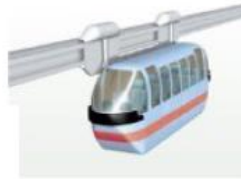


Véhicule Aramis, système développé dans les années 70 et 80 par la RATP. Le concept est celui de nombreux projets passés et actuels : transport autonome guidé point-à-point et à la demande, 24h/24. Bref, un taxi sans chauffeur

Tridim (Aérotrain, France, années 70)



PRT Morgantown, USA, « since 1975 »



Tram sur pneu sans rails ni chauffeur, 70 km/h, batteries, Chine, « since 2017 »



APM Rotterdam, « since 1999 »



CyberCab - Finland



CyberCab



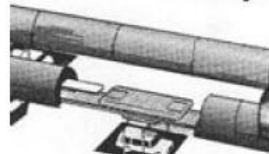
PRT Masdar, É-A-U « since 2010 »



Taxi-robot Chongqing, Wuhan, San Francisco, Phoenix, etc. « since 2019 »



InTranSys



Serpentine, Suisse, 2001



PRT Heathrow, UK, « since 2011 »



Denver, années 70



Suncheon, Corée du Sud, « since 2014 »



UNE IDÉE COMMUNE : FAIRE MIEUX QUE LA VOITURE

La voiture...

... coûte à la collectivité en pollutions diverses et occupation d'espace (stationnement 95% du temps)

... mais nous emmène vite et à peu de frais, n'importe où, n'importe quand

Peut-on combiner l'idéal collectif et l'idéal individuel ?

- Option 1) Transport individuel public « point-à-point »
- Option 2) Réseau structurant massifié + solutions « dernier kilomètre »

L'ÉQUATION (POUR L'INSTANT) IMPOSSIBLE DU TRANSPORT PUBLIC POINT-À-POINT

Le système doit être quasi-individuel (point-à-point), peu coûteux, et rapide (au moins autant que la voiture)

- Un système type **automobile autonome, *rapide et peu cher*** ? Pas avant de (nombreuses ?) années... *Et le souhaite-t-on vraiment ?*
 - Pour aller vite : chauffeurs (coûteux), site propre (coûteux) et/ou rails (coûteux) et/ou IA (coûteux, + homologation difficile, + imprévus, cf taxi-robots en service)
 - Donc coûts élevés → il faut beaucoup de clients !
 - Comment faire du point-à-point individuel... Avec beaucoup de clients ?

Ne fonctionne aujourd'hui qu'en « dernier kilomètre » dense, le plus souvent à faible vitesse

(ÉQUATION ANCIENNE...)



... Mais après avoir franchi un embranchement, les deux doublets suivent chacun leur chemin, irriguant ainsi, sans rupture de charge, les réseaux de transport qu'une ligne traditionnelle ne saurait desservir (photo RATP).

Le système Aramis, testé au sud de Paris

- In Bruno Latour, *Aramis ou l'amour des techniques*

Ci-contre, mémoire de sociologie sur la Serpentine

- B. Meignien, 2009

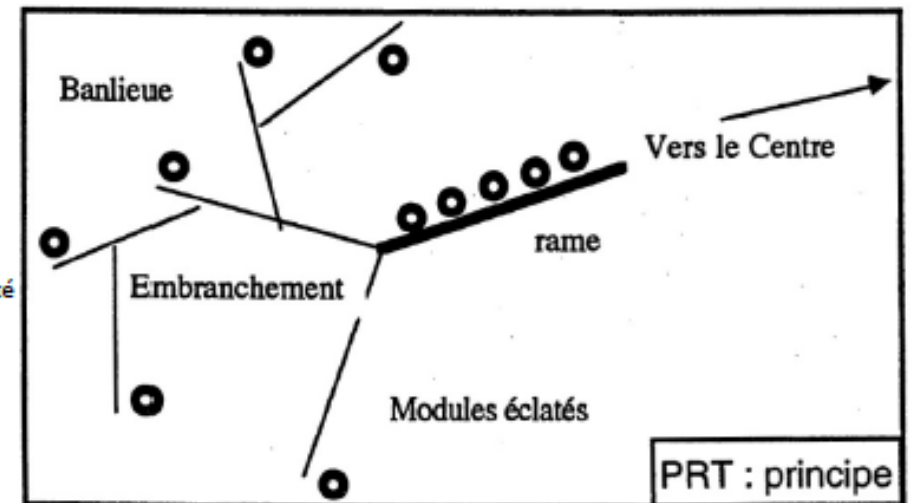
*Aramis ou l'amour des techniques*¹⁰! Ça parle un peu de la même chose. Voyons voir : Aramis n'était pas un mousquetaire mais un projet des années 70 qui avait raté aussi. A l'origine, c'était le concept du Personal Rapid Transit, le PRT, qui s'était développé pendant les années soixante, anticipant la fin annoncée de la voiture individuelle. Une dizaine de projets avaient été couchés sur le papier, pour certains la technologie avait été développée et des tests réalisés. Tous avaient été abandonnés. Aramis, qui était le projet le plus abouti, développé par MATRA pour la RATP, avait tout de même entraîné près d'un demi-milliard de francs de dépenses publiques de 1972 à 1987.

Cette enquête sociologique contient entre autres une note technique anonyme de la société Automatismes et Techniques, écrite en 1969 ou 1970 et intitulée *Les Transports urbains* :

[Document]¹¹

"Le transport continu, c'est la possibilité de s'adapter ultérieurement à toute évolution souvent imprévisible de la technique [souligné par l'auteur] ou de l'urbanisme, autrement dit, c'est le respect de l'indétermination de l'avenir (p.24). Cette sauvegarde de l'avenir, il faut l'envisager à la fois sur le plan technique et sur celui de la desserte d'agglomérations en évolution constante. Sur le plan technique, il importe de bien marquer qu'aucune hypothèse n'a été initialement faite sur les technologies à utiliser... Les systèmes de transports continus sont essentiellement fondés sur un principe cinématique et pourront toujours intégrer les projets technologiques futurs.

Le transport continu, très développé dans l'industrie pour optimiser les productions, correspond dans le cadre du transport public à un débit maximal, à une desserte fine et surtout une parcours point à point sans arrêts. C'est le voyageur qui décide de sa destination, et le débit est assuré par des capsules extrêmement rapprochées qui forment des rames sur les zones les plus denses.



In Bruno Latour, *Aramis ou l'amour des Techniques* :
Le dessin aurait été présenté par l'ingénieur Jim Johnson au Sénat des Etats-Unis, en 1965

MASSIFIER D'ACCORD, MAIS COMMENT MASSIFIER DANS LE RURAL ?

Préalable : dépassionner le passé

- Faut-il sauver toutes les lignes dessinées il y a 1 ou 2 siècles ?

Une équation difficile, mais pas impossible

2 façons de voir, qui peuvent se compléter :

A) Faire plus petit, plus frugal, moins cher

B) Attirer plus de monde...

Les petites lignes



FOCUS

UN CERCLE VICIEUX À CASSER

Historique : développement routier + exode rural = baisse de clientèle

- Les coûts ne dépendent pas du trafic : déficit en roue libre

Solutions ferroviaires classiques (depuis un siècle)

1) Alléger le système

2) Dégrader le service : offre réduite, limitations de vitesse, gares fermées, etc.

- Quelques économies à court-terme, mais fuite clientèle : cercle vicieux jusqu'au choix inéluctable entre fermeture ou coûteuse remise à niveau.

D'autres leviers, nécessitant **de l'ambition**

Cadence (« tapis roulant », simplicité) : choc d'offre, amortissement coûts fixes

Performance : temps parcours, batteries, numérisation de l'exploitation

Service : transporter tout le monde, pas que des captifs

2 CLÉS : RÉFLEXION, AMBITION



Sur la ligne transfrontalière
des Horlogers : Besançon –
Morteau – La Chaux de Fond

- **Côté français** : 7 allers-retours quotidiens dont 2 par autocar, répartis irrégulièrement et aux temps de parcours très variables → offre et exploitation complexes et coûts fixes non amortis : 45€ /train.km tout compris
- **Côté suisse** : 40 allers-retours cadencés à la demi-heure, de 5h à 23h, ~15€ /train.km
 - Le « secret » d'après le canton du Jura : « *les trains roulent au lieu de patienter des heures au terminus* »
 - Rappel : cadencement = des trains à intervalles réguliers, *toute la journée...*

Des trains (très) légers ?

RÉFLÉCHIR DANS L'ORDRE

Question initiale : quel problème, de quelle ampleur ?

- Moyennes TER France tout compris : 40€ HT/train.km, 0,5€ / voy.km
- Sur les petites lignes, le coût dépasse souvent 1, voire 2€ / voy.km
 - i.e. chaque km parcouru par un voyageur coûte 2 euros (dont 95% à charge de la collectivité)
- « Petites lignes » = 45% du réseau, 17% des coûts, 2% des voy.km

Définition
discutable

Pas cher !

Très cher !

Quel potentiel de trafic et d'aménagement territorial ?

- Ce potentiel justifie-t-il une solution ferroviaire classique ?
 - Si non, autocars ou système ferroviaire en rupture
 - Si oui, système ferroviaire léger mais classique

POTENTIEL FERROVIAIRE : QUELS CRITÈRES ?

Le critère €/voy.km ou de la « subvention acceptable »

- Quel **seuil** collectivement pertinent ?
 - Dépenses transports individuelles des Français, tout compris : 200 G€ (8% du PIB).
Soit, pour 1.000 milliards de km/an (68 millions d'habitants X 15.000km/an), 0,2€/km
 - Jusqu'où les avantages ferroviaires compensent un coût supérieur ?
- Quelle valeur atteignable en **système optimisé** (↓€) et **attractif** (↑voy.km) ?

D'autres critères

- Quel montant collectivement alloué au train en valeur absolue (€) ?
- Présence de **fret**
- **Prospective** : urbanisme et aménagement, équité territoriale, patrimoine
- Effet **réseau** : itinéraire alternatif et/ou alimentation des grandes lignes

In fine, un choix économique, technique et politique

Cas 1



Potentiel faible

UN AUTOCAR ?



Idée

- Train trop cher vs demande, autocar - coûteux et + flexible

Mais quelques questions

- Y a-t-il le potentiel, même pour un car ?
- Existe-t-il une route efficace ?
 - Si non, bitumer la voie ferrée ? Séduisant, mais coûteux : voie unique ferroviaire → voie double routière, passages à niveau, etc.
 - Voies réservées en entrée d'agglomérations : quel coût ?
- Quel service (fréquence) et aménagements (arrêts, gares routières), et à quel coût ?

Dit autrement, un service d'autocars ambitieux (= qui n'attire pas que des « captifs » obligés de l'utiliser) peut être coûteux

UN TRAIN TRÈS LÉGER ? 1/2



Vues d'artistes de véhicules ferroviaires ou rail-route des projets français Ecotrain, Flexy, Taxirail et Flexmove

Mais au fait, à quoi servent les rails ?

- **Rail = guidage = capacité + vitesse...**
...Moyennant des contraintes ! Guidage + faible adhérence (longues distances de freinage) = **insécuritaire** par défaut : besoin de signalisation et procédures, coûteuses
 - Capacité : pourquoi s'embêter pour des trains plus petits que des cars ?
 - Vitesse : très léger = moins sûr en cas de choc = moins rapide

Quel avantage résiduel face au car ?

- Confort, sécurité, garantie horaire, énergie (si le véhicule est *vraiment* très léger)...

UN TRAIN TRÈS LÉGER ? 2/2

Trains très légers, une rupture ...

- **Petits modules** autonomes, **peu chers** et **peu énergivores**
- Potentiellement « à la demande » et/ou rail-route (tentation du transport individuel public)

... Et des questions

- Quel coût et niveau de sécurité du *système* de conduite autonome ?
- Quel temps de parcours (vitesse aux passages à niveau) ?
- Quelle capacité (= fréquence + emport) sur voie unique ?
- Quel coût de remise à niveau des voies (Pas de miracle...) ?



Vue d'artiste du projet Draisie

Un système dédié

- Cohabitation train lourd – très léger difficilement envisageable
 - Voie dédiée nécessaire. Or, très peu de lignes peuvent être détachées du réseau → **Accès à la gare centrale ?**
- En bref, des solutions potentiellement intéressantes, mais un **périmètre limité !**

Cas 2



Potentiel suffisant

UN TRAIN, POURQUOI ?

Idée de base : le potentiel est là (trafics routiers !), inexploité

- Faire mieux que la voiture : un train de **desserte fine**, mais **rapide** et **fréquent**
- Et **connecté au dernier km** : accès gares à pied, vélo, voiture, bus, etc.

La voiture restera (longtemps?) la base en zone *peu dense*

- Mais est-ce résilient ? Système ferroviaire avec diffusion en gares + polarisation nuancée du territoire = **préserver l'avenir**
- Un sujet d'urbanisme et aménagement, et pas seulement transport

Autre son de cloche (encore peu audible)

- Décroissance et localisme : à quoi sert de se déplacer beaucoup, vite et loin ?
- Un équilibre à trouver avec le modèle sociétal actuel ?

UN TRAIN, COMMENT ?

1) Remettre la gare au centre du village

- Accès à la gare, services en gare (y compris non ferroviaires), urbanisme

2) Offre et productivité

- **Cadencer** = « tapis roulant » = doubler l'offre à coût constant - Modèle Coufer : www.cerema.fr/ferroviaire
- **Accélérer** le tapis = encore plus de km à iso-coût
- Mailler = réflexion en réseau

3) Optimiser encore le service

- Stadler RS1 (Allemagne), Citylink (Espagne), « train léger innovant » (France) ...
- **Penser système** : services et offre, signalisation, voie, exploitation, train, énergie



Vue d'artiste du projet Train Léger Innovant, TER nouvelle génération pour les petites lignes – © TLI-SNCF

! Le Cerema participe au projet TLI (aspects potentiel et attentes), car celui-ci offre des perspectives intéressantes : périmètre d'application large et potentiel d'optimisation important. Cela oriente la réflexion !

Dans tous les cas



Des projets de territoires

LE TRANSPORT N'EST QU'UN OUTIL DE LA MOBILITÉ

Les bons acteurs autour de la table...

- Côté autorité organisatrice (AO) : collectivité **chef de file (Région)** forte (pour porter la vision) + acteurs locaux (Métropoles = gros gisements de trafic, agglos, pays, etc.) + concertation publique + fret
- Côté exploitant : un interlocuteur bien identifié pour chaque ligne, pour définir l'offre avec l'AO
 - Sur les petites lignes ferroviaires, entité intégrée (infrastructure + exploitation des trains) = logique de **PME du rail**, qui connaît et s'adapte au territoire local

... Et une **vision globale** à long-terme

QUELLE PLACE DU VÉLO ?

Réseau cyclable + vélos électriques (+ transport accessible à la demande)

= ensemble **peu coûteux et durable** en complément du réseau massifié

- Investissement réduit (quoique potentiellement significatif)
- Coût d'exploitation très faible
- Très faible besoin énergétique



Gare de Ferrara, Italie

L'EXEMPLE DE MERANO-MALLES - 1/2

Une réouverture iconique en Italie

- **Ligne « difficile »** (rampes, courbes) de montagne, en impasse, peu peuplée
- Fermée en 1991 par manque d'usagers
- Rouverte en 2006 par la Province de Bolzano
 - Sur un territoire similaire à Gap-Briançon, **plus de voyageurs que dans les trains Aix-Marseille !**

Une gouvernance exemplaire

- Infrastructure et exploitation des trains gérées par 2 sociétés publiques locales de la Province
- L'exploitant des trains exploite aussi les bus en correspondance



B. Meignien, SNCF 2008

Sur la ligne Merano – Malles

L'EXEMPLE DE MERANO-MALLES - 2/2

1 système : simple, performant et attractif

La ligne reste voie unique de montagne, mais :

- **Cadencement 5h-23h à la demi-heure**
- Matériel roulant neuf et homogène
- Signalisation simple et moderne

NB : ici, pas de fret. Choix structurant, à peser au cas par cas

2 piliers : habitants et touristes

- Habitants : **route non élargie, urbanisation autour des gares** (documents d'urbanisme)
- Touristes : **piste cyclable intégrale, offre vélo + train, intégration aux circuits touristiques, communication, etc.**

Une vision – 2^{ème} étape en cours

- Doublement des trains
- Développement de l'offre
- Électrification → Baisse des temps de parcours = attractivité + productivité + hausse de capacité (voie unique) : d'une pierre 3 coups !





Merci de votre attention

Trinidad, Cuba
Photo B.Meignien

Des trains (très) légers ?