



**HAL**  
open science

## Une analyse structurale des systèmes modaux

Frédéric Héran

► **To cite this version:**

Frédéric Héran. Une analyse structurale des systèmes modaux. Revue d'économie régionale et urbaine, 2021, Revue d'Économie Régionale & Urbaine, Avril (2), pp.225-245. 10.3917/reru.212.0225 . hal-03762039

**HAL Id: hal-03762039**

**<https://hal.univ-lille.fr/hal-03762039>**

Submitted on 26 Aug 2022

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

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

# Une analyse structurale des systèmes modaux

Frédéric Héran

Économiste des transports et urbaniste à l'Université de Lille  
[frederic.heran@univ-lille.fr](mailto:frederic.heran@univ-lille.fr)

*Revue d'économie régionale et urbaine*, n° 2021/2, p. 225-245

## Résumé

À l'aide d'une analyse structurale, nous montrons que tout déplacement mobilise un mode fiable, un réseau suffisamment maillé, un utilisateur compétent et un ensemble de règles communes, le tout formant un système modal. Les deux premiers constituants correspondent au système technique de transport. Les deux derniers représentent la dimension humaine et sociale de la mobilité. Chaque constituant de ce système génère un effet particulier : de club, de parc, de réseau ou de sécurité. Pour qu'un système modal se développe, toutes ses composantes doivent progresser de concert, afin d'éviter qu'apparaissent des décalages qui ralentissent le processus. Les progrès s'accroissent quand une certaine cohérence est trouvée. Tous les aspects de la mobilité peuvent être analysés à travers ce quadriptyque, comme les modèles de trafic en quatre étapes, la sécurité routière, le report modal ou les externalités négatives des transports.

## Introduction

Que faut-il pour qu'une personne puisse se déplacer ? À cette simple question, il est d'usage de répondre : un mode de déplacement et un réseau adapté. C'est, en substance, ce que retient, depuis 1976, la définition des statisticiens spécialistes de la mobilité. Pour l'Insee ou le Cerema, un déplacement est un aller simple, effectué sur la voie publique, par une personne de plus de 5 ans, d'une origine à une destination, avec un ou plusieurs modes de transport, pour un motif particulier (CERTU, 1998).

Les personnes qui se déplacent doivent toutefois posséder les aptitudes nécessaires pour utiliser le mode et s'orienter dans le réseau, insistent certains chercheurs, en proposant le concept de motilité pour désigner cette compétence (Kaufmann, 2014). Les spécialistes de la sécurité routière ajoutent qu'il est indispensable de respecter quelques règles pour rendre possible une cohabitation suffisamment sûre de tous les usagers (Orselli, 2011). La mobilité n'est donc pas seulement l'affaire des ingénieurs ou des géographes, mais aussi celle des sociologues, des accidentologues et des juristes. Le sujet est manifestement plus complexe qu'il n'y paraît et il semble utile d'y mettre un peu d'ordre.

Tout mode de déplacement est en réalité un système. Il a besoin d'une infrastructure adéquate, de services divers, d'usagers informés et formés à son utilisation et d'un environnement réglementaire adapté. Nous proposons de nommer cet ensemble un « système modal ». L'idée n'est guère originale. Elle est appliquée depuis longtemps aux transports guidés (chemins de fer, métros, tramways, remontées mécaniques). Elle s'est ensuite imposée à l'automobile. Pour l'urbaniste Peter Hall, l'utilisation d'une voiture suppose non seulement un réseau

routier de qualité et sans frontières, mais également une production et une consommation de masse de véhicules bon marché, un code de la route suffisamment respecté, des règles de circulation internationales, une information routière, des stations services, des motels, des fast-foods, des centres commerciaux dotés de vastes parkings, des garages... tout cela permettant de vivre, de travailler et de consommer sur de vastes territoires (Hall, 1988 ; Dupuy, 1995 ; Urry, 2004). Quelques années plus tard, l'analyse du « système automobile » a été transposée à la bicyclette et il est d'usage de parler désormais de « système vélo » (BVBW, 2002 ; Ensink et Karsten, 2014 ; Héran, 2018).

Pourtant, aussi intéressantes soient-elles, ces considérations en restent à des inventaires empiriques, dont on se demande toujours s'ils sont complets. Elles portent en outre sur certains modes séparément, alors qu'elles pourraient concerner tous les modes. Quels sont donc les constituants de base de tout système modal et comment s'articulent-ils ? Comment un système modal se développe-t-il ? Quel peut être le rôle des politiques publiques dans ce développement ? Cet article propose de répondre à ces questions en construisant une grille d'analyse systématique, selon une méthode structuraliste (Lévi-Strauss, 1958). Un tel travail de conceptualisation peut servir à repenser tous les aspects de la mobilité, à compléter utilement les réflexions et à comprendre quels sont les points de blocage dans l'essor d'un nouveau mode de déplacement ou à l'inverse comment éviter qu'un mode devienne hégémonique.

Nous proposerons d'abord une analyse de ce qu'est un système modal, ses constituants et leurs relations, puis nous aborderons son mode de développement et sa dynamique, pour revisiter enfin quelques aspects de la mobilité : la modélisation du trafic, la sécurité routière, le report modal et les nuisances des modes motorisés. Tous ces sujets seront abordés dans une perspective historique longue. Faute de place, nous n'évoquerons pas les questions d'inter-modalité et de multimodalité qui mériteraient pourtant d'importants développements.

## **1. Analyse d'un système modal**

Pour repérer les différents constituants d'un système modal, il convient de commencer par croiser deux distinctions élémentaires : d'une part, entre les dimensions individuelle et collective de la mobilité et, d'autre part, entre ses dimensions humaine et technique. Se dégagent alors quatre composantes formant un quadriptyque : ① l'utilisateur, ② le mode de déplacement, ③ l'infrastructure et ④ l'environnement réglementaire. Autrement dit, pour aller d'une origine à une destination, toute personne utilise un mode de déplacement, sur un réseau de transport, en respectant une série de règles facilitant le partage de la voirie.

La première distinction considère que l'usager et son mode sont les éléments de base, mobiles, de tout déplacement. On se situe à un niveau individuel, à une échelle très locale. Les infrastructures et les règles sont ensuite des compléments indispensables, des supports nécessaires à la mobilité. On aborde la dimension collective du système, à une échelle plus globale. La seconde distinction considère que le mode et l'infrastructure sont des questions techniques (l'offre) relevant du domaine des sciences de l'ingénieur, alors que l'utilisateur et les règles concernent les aspects humains (la demande) qui intéressent plutôt les sciences humaines. À chaque fois, il faut distinguer les types de constituants et tenir compte de leurs caractéristiques, de leur élaboration, des services associés, des acteurs concernés et de leurs conséquences (voir le tableau 1). Tous les systèmes modaux ont donc la même structure.

Tableau 1. Les quatre constituants d'un système modal

	DIMENSION HUMAINE	DIMENSION TECHNIQUE
DIMENSION INDIVIDUELLE	<p><b>① Utilisateur</b></p> <p>Types : selon le mode, le revenu, le genre, l'âge, la CSP, le lieu de résidence...</p> <p>Caractéristiques des déplacements effectués : motif, destination, fréquence, vitesse...</p> <p>Aptitudes des usagers (motilité) : compétences et aspiration à utiliser le mode</p> <p>Services associés : informations, formations diverses (auto-école, vélo-école...)</p> <p>Acteurs : associations d'usagers, moniteurs, statisticiens, sondeurs...</p> <p>Conséquences sur la santé</p>	<p><b>② Mode de déplacement</b></p> <p>Types : automobiles, deux-roues motorisés, transports publics, bicyclettes, véhicules légers électriques unipersonnels, marche</p> <p>Caractéristiques : vitesse, confort, sécurité, capacité, prix, horaires, fréquence...</p> <p>Services associés : achat, financement, entretien, stations services, bornes d'alimentation, revente, assurance...</p> <p>Acteurs : constructeurs, pétroliers, sociétés de transport, garagistes, financeurs, assureurs...</p> <p>Conséquences sur l'environnement</p>
	<p><b>④ Règles</b></p> <p>Types : selon modes routier, ferré, actifs</p> <p>Caractéristiques : code de la route, code de la rue, réglementations diverses...</p> <p>Apprentissage de la cohabitation sur la voirie par ajustement mutuel des conduites, règles tacites, habitudes, pratiques, culture</p> <p>Services associés : informations, communications, dispositifs de contrôle, forces de l'ordre (police, gendarmerie), justice</p> <p>Acteurs : organismes de réglementation et de normalisation, société civile...</p> <p>Conséquences sur la vie en société</p>	<p><b>③ Infrastructure</b></p> <p>Types : voies ferrées, voies rapides, pistes cyclables, chaussées, trottoirs...</p> <p>Caractéristiques : géométrie, ouvrages, revêtement, éclairage, insertion des voies de circulation et espaces de stationnement, réseau hiérarchisé ou maillé, à niveau de sécurité suffisant et homogène</p> <p>Services associés : gestion de la circulation et du stationnement, entretien, réfection...</p> <p>Acteurs : bureaux d'études, sociétés de travaux publics, concessionnaires...</p> <p>Conséquences sur la forme urbaine</p>
DIMENSION COLLECTIVE		

De nombreux auteurs et décideurs ont découvert empiriquement ce quadriptyque. Nous le constaterons au fil de cet article. Deux exemples, pour l'illustrer dès maintenant. Dans sa thèse sur la vitesse automobile, Étienne Faugier conclue, sans en expliquer toutefois l'origine : « Nous postulons que la vitesse se construit sur un système logique et cohérent qui s'appuie sur quatre données : un mobile, une infrastructure, une culture et des pratiques. » (Faugier, 2013, p. 463). Quand le gouvernement veut favoriser l'usage de la bicyclette lors du déconfinement de mai 2020, il se rend compte qu'il lui faut non seulement encourager la réalisation d'aménagements cyclables et de parcs de stationnement temporaires ③, mais aussi donner un « coup de pouce » (nom donné à l'opération) pour remettre en état les vélos ② et faciliter la remise en selle ①, tout en communiquant sur le sujet pour favoriser l'acceptation de ces mesures ④.

### 1.1. Les quatre constituants de tout système modal

Il est utile pour la suite des raisonnements de rappeler ce que sont concrètement ces constituants.

① Les utilisateurs peuvent être distingués selon des critères classiques en socio-économie : le mode utilisé, le revenu, le genre, l'âge, la taille du ménage, la catégorie socioprofessionnelle, le lieu de résidence... Les déplacements effectués se différencient quant à eux selon les motifs, la fréquence, la portée... Se déplacer exige des aptitudes particulières (la motilité) : d'abord un accès effectif au mode (à une voiture, à un vélo, à un transport public...), ensuite une compétence d'usage : une capacité physique à utiliser le mode (une bonne vue, des

réflexes, un sens de l'équilibre...) et une capacité cognitive (avoir le permis, s'orienter dans le territoire, affronter le trafic, lire un plan, utiliser un smartphone...), enfin une aspiration à se mouvoir plutôt qu'à rester sédentaire pour que le déplacement puisse devenir effectif (Kaufmann, 2014 ; Rérat *et alii*, 2019).

② Les modes de déplacement vont des véhicules individuels motorisés (automobile et deux-roues motorisés) aux transports publics (RER, métro, tramway, bus...), en passant par les modes actifs (marche et vélo) et les véhicules légers électriques unipersonnels (trottinette électrique, monoroue, hoverboard, gyropode...). Même si la marche ne nécessite pas de véhicule, elle utilise néanmoins des chaussures adéquates, des vêtements adaptés en cas d'intempéries et des solutions de portage de charges au besoin. Chaque mode est un compromis entre de nombreuses caractéristiques : vitesse, confort, sécurité, capacité, fiabilité, poids, nuisances émises, prix et, pour les transports publics, horaires, fréquence... Il suppose de nombreux services pour l'achat et le financement, l'entretien, l'alimentation en énergie, la revente ou l'assurance, et donc des constructeurs, des fournisseurs d'énergie, des concessionnaires, des garagistes et des sociétés d'exploitation.

③ L'infrastructure concerne les voies de circulation et les ouvrages d'art, leur géométrie, le revêtement, l'éclairage et leur insertion dans l'environnement, ainsi que les espaces de stationnement des véhicules. Elle diffère selon le type de mode. Pour les piétons, on parle plutôt d'espaces publics, pour les cyclistes d'aménagements cyclables, pour les transports publics de voies en site propre et pour les autres usagers de voirie. Le coût des infrastructures peut nécessiter des systèmes de péage ou de tarification. Les flux et les stocks de véhicules doivent enfin être gérés. Pour chaque mode, l'ensemble forme un réseau qui doit avoir un niveau de sécurité suffisant et homogène. Pour profiter de leur vitesse et gagner du temps, les modes motorisés ont besoin d'un réseau fortement hiérarchisé. Pour pouvoir minimiser les distances et limiter leur dépenses d'énergie musculaire, les modes non motorisés ont au contraire besoin d'un réseau moins hiérarchisé et mieux maillé (Héran, 2009). Les réseaux mobilisent de puissants acteurs : les bureaux d'études, les sociétés de travaux publics, les concessionnaires et divers gestionnaires. Ils ont enfin le pouvoir de façonner la forme urbaine (Newman et Kenworthy, 1996).

④ L'environnement réglementaire prend en compte la dimension sociale des déplacements et leur sécurité. La normalisation de la circulation vise à favoriser une cohabitation des usagers de la voirie : le code de la route, diverses réglementations et la signalisation qui en découle précisent ce qui est autorisé, dangereux ou interdit. Plus largement, les usagers doivent apprendre eux-mêmes à cohabiter grâce à un ajustement mutuel des conduites et par l'élaboration de règles tacites qui finissent par entrer dans les habitudes et les pratiques. Ainsi se forment des représentations sociales et une culture propres à chaque mode et à tout un ensemble d'acteurs qui en vivent. Enfin, un système de contrôle-sanction limite les infractions en mobilisant au besoin les forces de l'ordre, voire la justice.

Par construction de la structure, ces quatre constituants recouvrent tous les aspects d'un système modal. Ils sont à la fois nécessaires et suffisants pour caractériser un mode ou un déplacement dans toutes ses dimensions. Il convient cependant de reconnaître que les frontières entre ces constituants ne sont pas étanches et qu'il existe des zones floues entre eux, tant les interrelations entre les éléments du système sont nombreuses. La grille proposée a néanmoins, outre des vertus pédagogiques, un réel pouvoir d'analyse, comme nous l'illustrons plus loin.

## 1.2. Le caractère systémique du quadriptyque

Les quatre composantes repérées sont étroitement liées entre elles, en une véritable symbiose, dont il faut mesurer l'importance en étudiant les six relations possibles entre elles et leur évolution au cours de l'histoire.

①-② Utilisateurs et modes de déplacement. La taille et le poids des humains conditionnent le gabarit des véhicules. Avec leur augmentation sensible au cours du siècle passé, les véhicules ont pris du volume ou bien n'ont plus la même capacité (les nouvelles voitures du métro parisien n'offrent plus quatre places de front). Les capacités humaines (vision, réflexes, connaissances, force musculaire, sens de l'équilibre...) déterminent aussi la conception des véhicules. Pour les handicapés, diverses adaptations sont d'ailleurs nécessaires. Les objectifs évoluent également au cours de l'histoire. Les modes motorisés ont été conçus, à l'origine, pour libérer les usagers de la fatigue de la marche et du pédalage. Pourtant, depuis quelques années, les modes actifs (marche et vélo) reviennent en force, pour limiter les ravages occasionnés par des vies trop sédentaires (Inserm, 2019). Le vélo à assistance électrique, en plein essor, est un compromis intéressant qui permet au cycliste de presque doubler les distances parcourues, tout en restant pleinement actif sans trop se fatiguer (Fietsberaad, 2013).

①-③ Utilisateurs et infrastructures. Les aménageurs tiennent compte des comportements des usagers pour concevoir les infrastructures, afin de réduire les conflits potentiels, en cas notamment de croisement difficile des flux, de dépassement dangereux ou de vitesse excessive. Ils utilisent le fait que l'aménagement structure les comportements. En jouant sur la géométrie de la voie – profil en long, profil en travers et pente – les conducteurs sont incités à accélérer ou à ralentir. Les giratoires, les ralentisseurs ou la réduction du nombre de voies contribuent, en effet, à limiter les accidents et leurs gravités (CERTU, 2010)<sup>1</sup>. De même, la suppression des masques à la visibilité et la remise des voies à double sens obligent les usagers à ajuster leur conduite. Enfin, la qualité des frontages et des espaces publics incite les citoyens à se mettre à la marche ou au vélo (Souliez, 2012 ; Gehl, 2013).

②-③ Modes et infrastructures. « Le mobile et l'infrastructure s'influencent mutuellement : les progrès techniques de l'automobile, du poids lourd, de la motorisation ou bien de la moto-neige modifient sensiblement l'infrastructure sur laquelle ils circulent. » (Faugier, 2013, p. 464) La mobilité n'est possible que grâce à l'immobilité des infrastructures<sup>2</sup>. Les véhicules et même les piétons ne peuvent circuler sans une voie aplanie et à la géométrie adaptée à leur vitesse. La taille des véhicules conditionne les dimensions des voies de circulation et des places de stationnement. Cette taille ne dépend pas seulement de celle des humains, mais aussi du confort, de la sécurité (les barres de renfort), du prestige. Aux États-Unis, une place de stationnement le long d'un trottoir occupe 13 m<sup>2</sup>, quand en Europe elle prend 10 m<sup>2</sup>. En retour, des aménagements généreux peuvent inciter à utiliser des véhicules de grande taille, plus rapides et plus confortables. Ainsi, le *Highway capacity manual*, publié aux États-Unis depuis 1950 et régulièrement actualisé, est utilisé pour concevoir les autoroutes dans de nombreux pays du monde.

①-④ Utilisateurs et règles. Les comportements individuels s'ajustent peu à peu les uns aux autres. L'apprentissage est à la fois individuel et collectif. L'utilisateur doit maîtriser son propre comportement sur la voirie, afin de réaliser ses déplacements en sécurité : maîtriser la conduite et la vitesse de son véhicule et s'orienter dans le réseau pour arriver à destination. Puis il lui faut apprendre à anticiper le comportement des autres en respectant les règles du code de

---

<sup>1</sup> Utilisant des voies surdimensionnées par rapport à leur gabarit, les deux-roues motorisés ont tendance à rouler trop vite. Ce qui contribue à expliquer leur risque d'accident très élevé.

<sup>2</sup> « Quand on parle de mobilité accrue, de civilisation de la vitesse, on tend à ne concentrer son attention que sur le mobile qui se déplace et pas du tout sur l'ensemble du système pour lequel le mobile n'est que l'élément final. Or il n'y a de mobile que parce qu'il existe une infrastructure immobile. » (Latour, 2009, p. 8)

la route, ainsi que de nombreuses règles tacites. Par exemple, même si les cyclistes et les automobilistes sont considérés par le code de la route comme des véhicules ayant les mêmes droits, de fait, les cyclistes qui se savent fragiles évitent de s'imposer même s'ils ont la priorité, et inversement pour les automobilistes. Ces règles tacites finissent toujours par être découvertes et intégrées à l'apprentissage (Norton, 2011).

②-④ Modes et règles et ③-④ Infrastructures et règles. Pas de modes de déplacement et de réseaux sans normalisation. Il est, en effet, nécessaire de définir des catégories de véhicules pour toutes sortes de raisons, fiscale, environnementale, de sécurité, de contrôle ou même marketing, et de fixer des règles internationales pour la conception des réseaux et la circulation des véhicules, dans le monde entier. C'est le rôle de la *Convention de Vienne sur la circulation routière*, qui précise notamment les règles applicables en matière de signalisation, les conditions à remplir par les automobiles, les remorques, les cycles et les cyclomoteurs pour circuler d'un pays à l'autre, ou le permis de conduire.

Toute cette analyse d'un système modal reste pour l'instant statique. Il convient maintenant d'explorer ses aspects dynamiques.

## 2. Le développement d'un système modal

Pour appréhender comment se développe (ou s'enraye) un système modal, il faut d'abord comprendre la façon dont chaque composante du système prend son essor (ou se retrouve bloquée), puis aborder la dynamique qui peut s'instaurer (ou s'étioler) entre les composantes et analyser enfin les facteurs clés qui favorisent (ou entravent) cette dynamique et dont les politiques publiques peuvent s'emparer.

### 2.1. Effets de club, de parc, de réseau et de sécurité

Chacune des composantes d'un système modal peut enclencher un cercle vertueux (et non une simple causalité) : un effet de club, un effet de parc, un effet de réseau ou un effet de sécurité. Les trois premiers effets ont été repérés par Gabriel Dupuy (1999, chapitre 3). Le quatrième concerne le respect des règles entre usagers (voir le tableau 2).

Tableau 2. Les quatre effets cumulatifs d'un système modal

<p>① <b>L'effet de club</b></p> <p>Utilisateurs plus nombreux            ↑                      ↓            Utilisateurs plus influents</p>	<p>② <b>L'effet de parc</b></p> <p>Modes plus nombreux            ↑                      ↓            Modes plus variés</p>
<p>④ <b>L'effet de sécurité</b></p> <p>Usagers plus nombreux            ↑                      ↓            Usagers plus en sécurité</p>	<p>③ <b>L'effet de réseau</b></p> <p>Réseaux plus maillés            ↑                      ↓            Réseaux plus attractifs</p>

① L'effet de club : plus la communauté des usagers d'un mode s'agrandit, plus elle accroît son pouvoir d'influence, accède à des avantages spécifiques et tend à imposer la pratique de ce mode comme nouvelle norme de comportement.

Les historiens de la mobilité ont bien montré comment les premiers automobilistes se sont organisés en clubs ou en cercles, soutenus par les constructeurs, des personnes influentes ou certains médias, pour réclamer des investissements routiers, une signalisation correcte, des services divers (stations services, garages, hôtels...) et un code de la route qui leur soit favorable (Bardou *et alii*, 1977). Aujourd'hui, obtenir le permis permet d'accéder à un vaste territoire avec des offres élargies et des contacts plus variés, tant pour les emplois, les achats que les affaires personnelles ou professionnelles. L'usage de la voiture s'est imposé pour la majorité des déplacements, dans la plupart des territoires des pays développés, hormis dans les zones denses des grandes villes.

Plus généralement, les usagers de chaque mode cherchent à s'organiser en groupe de pression, pour faire valoir leurs droits à se déplacer comme bon leur semble et avec toutes les commodités nécessaires. C'est le cas des automobilistes comme des motards, des cyclistes, des usagers des transports publics ou des piétons. Une communauté a d'autant plus de poids si elle peut s'appuyer sur une industrie forte, des sociétés de travaux publics ou de conseil et des milieux sociaux éduqués, fortunés et influents. Parce qu'ils n'ont pas de tels appuis, les piétons, pourtant les plus vertueux de tous les usagers, sont mal représentés et peu défendus.

② L'effet de parc : plus un mode de transport est répandu, plus l'offre de ce mode s'étoffe et peut être adaptée à la diversité des usages, avec une large gamme de véhicules et d'accessoires et tous les services de vente, de maintenance, de location ou de revente nécessaires.

Pour la voiture comme pour les deux-roues motorisés, depuis 120 ans, la multiplication des véhicules accroît le nombre de constructeurs, de fournisseurs d'énergie, de concessionnaires et de garagistes, ce qui facilite en retour l'achat et l'entretien des véhicules. Un marché de l'occasion s'installe qui stimule encore l'intérêt des usagers. L'offre grandissant, il devient pertinent de segmenter la clientèle pour mieux adapter les véhicules et les accessoires à des besoins spécifiques, ce qui renforce la demande en retour. Pour les transports publics, l'effet de parc est actuellement observable dans l'essor des bus électriques. L'extension de l'offre rend cette solution de plus en plus crédible, ce qui incite les transporteurs à s'équiper.

Pour le vélo, l'effet de parc est tout aussi manifeste et les mêmes évolutions sont observables. En France, les cargo-cycles en sont un bon exemple. Inconnus il y a encore dix ans, l'offre se développe avec de nouveaux constructeurs ou importateurs. Alors que les cyclistes hésitaient à en acheter à cause des problèmes de maintenance, de nombreux vélocistes en proposent désormais et ce véhicule finira par être intégré à la norme de consommation, comme à Copenhague où 26 % des familles ayant deux enfants ou plus en sont déjà équipées. Résultat, l'offre suscite désormais la demande. Pour la marche, le mode se réduit à des chaussures et des vêtements adaptés en cas d'intempéries. Mais les équipements de randonnée progressent, suscitant en retour des envies de marcher ou de courir.

③ L'effet de réseau : plus le réseau des aménagements adaptés au mode est dense, maillé et signalé, plus il devient efficace et attractif. Le territoire est de plus en plus accessible, au point que l'utilisateur n'a plus à se demander si son mode de déplacement lui permet de se rendre ou non à telle ou telle destination. L'urbanisation elle-même finit par s'adapter au mode de déplacement.

Cet effet est bien connu pour les modes individuels motorisés : en quelques décennies, le réseau routier a pris une ampleur considérable de sorte qu'il paraît naturel de pouvoir aller partout en voiture. Une urbanisation profite de ce réseau en s'appuyant sur une fonctionnalisation de l'espace et une localisation des centres commerciaux et des parcs d'activités à proximité des échangeurs autoroutiers. L'effet de réseau existe tout autant pour le transport public, jusqu'à susciter un « urbanisme orienté vers le rail » qui renforce en retour l'attractivité des transports publics (Calthorpe, 1993). En Suisse, le maillage, le cadencement et la fiabilité des transports publics ont rendu leur usage naturel (Bavoux *et alii*, 2005 ; Jemelin, 2008). Mais,



en France, seules quelques grandes villes offrent une qualité de service suffisante pour susciter un attachement semblable. Même pour la bicyclette, l'effet de réseau est possible comme en témoignent les Pays-Bas où la densité des aménagements cyclables donne un accès sécurisé à bicyclette presque partout, avec désormais des villes nouvelles construites autour du vélo (cf. Houten au sud d'Utrecht). Les piétons eux-mêmes peuvent bénéficier d'un tel effet dans les grands centres urbains denses où presque tout peut se faire à pied.

④ L'effet de sécurité : plus les usagers d'un mode sont nombreux, plus ils sont en sécurité. Ce phénomène a été mis à jour pour les automobilistes après guerre (Smeed, 1949). Depuis lors, la « loi de Smeed » a toujours été vérifiée et s'est aussi révélée valable pour les autres modes, y compris les cyclistes et les piétons (Jacobsen, 2003 ; Elvik, 2017). Le phénomène s'explique d'abord par un processus d'apprentissage collectif avec élaboration de règles tacites : les usagers du mode concerné deviennent plus visibles des usagers des autres modes qui dès lors font plus attention à eux. En outre, ceux-ci ont plus de chance d'être eux-mêmes, à d'autres moments, des pratiquants de ce mode. Enfin, les aménagements en faveur du mode en question se développent, ce qui contribue à sécuriser les déplacements.

Ces quatre effets peuvent tourner et se renforcer pendant des décennies. Ils ne sont cependant pas isolés les uns des autres et entretiennent des relations qu'il faut chercher à comprendre et qui contribuent à un auto-renforcement du système.

## 2.2. La dynamique et l'inertie des systèmes modaux

Pour qu'un système modal se développe, toutes ses composantes doivent progresser de concert, afin d'éviter qu'apparaissent des décalages qui ralentissent le processus. Autrement dit, un système modal avance au rythme de sa composante la plus lente. Des politiques de rattrapage doivent alors être mises en œuvre, non sans de fréquentes difficultés. L'histoire du développement de chaque mode de transport peut s'analyser comme une recherche d'équilibre entre toutes ses composantes. Les progrès s'accélèrent quand une certaine cohérence est trouvée.

① Le déficit ou l'excès d'utilisateurs. Les transports publics peuvent être quasi vides en bout de ligne ou en heure creuse ou au contraire saturés à l'heure de pointe, d'où un taux d'occupation moyen assez faible : de 8 à 11 personnes, en France, par bus standard, dans les villes de province (source ADEME). L'augmentation de ce taux oblige à faire des arbitrages délicats entre rapidité, fréquence et qualité de service. Il en est de même pour l'autosolisme, avec un taux d'occupation des véhicules dérisoire, de l'ordre de 1,04 pour les déplacements domicile-travail ; le développement du covoiturage butte contre de sérieux obstacles (Delcampe, 2018). À l'inverse, les grands événements sportifs ou culturels posent de redoutables problèmes d'adaptation de la capacité des modes de transport.

② Le déficit ou l'excès d'un mode de déplacement. La hausse très rapide du trafic automobile pendant les années de croissance d'après-guerre a entraîné une importante congestion que la construction de nouvelles infrastructures a tenté de réduire ou d'anticiper, non sans générer un trafic induit. À l'inverse, quand l'usage d'un mode, comme le vélo dans les années 1970-1990, devient confidentiel, il finit par être ignoré par les élus et les techniciens. Ainsi, les cyclistes étaient-ils traités de « public résiduel » et tenus responsables de leur propre marginalité, devenant dès lors des boucs émissaires (Horton, 2007).

③ Le déficit ou l'excès d'infrastructures. La France est connue pour posséder un immense réseau routier d'un million de kilomètres qu'elle a, de ce fait, bien du mal à entretenir quand il n'est pas concédé. D'autres pays sont au contraire sous-développés dans ce domaine, ce qui entrave l'essor des modes motorisés, sauf pour les deux-roues qui s'en accommodent. Les transports publics sont particulièrement dépendants d'infrastructures leur permettant de

s'extraire des embarras de la circulation. Les modes actifs ont besoin quant à eux d'aménagements qui garantissent leur sécurité. Combler les retards d'équipement est toujours un enjeu crucial pour les pouvoirs publics.

④ Le déficit ou l'excès de règles. Le manque de normalisation et de régulation des circulations affecte, en général, les systèmes modaux jeunes. Il faut du temps pour admettre que, pour cohabiter, les usagers de la voirie doivent accepter des règles communes. Le code de la route n'est ainsi apparu, en France, qu'en 1922, avec en outre des dispositions très favorables aux automobilistes au détriment des piétons (Guillerme, 2006). Aujourd'hui, l'innovation dans les nombreux « modes intermédiaires » entre le vélo et la voiture thermique ou électrique est, au contraire, bridée par des catégories de véhicules trop strictement définies.

Pour développer un système modal, certaines initiatives jouent parfois sur plusieurs dimensions et connaissent de ce fait un franc succès. C'est le cas des clubs d'usagers qui rendent en même temps des services. Par exemple, les ateliers d'autoréparation des vélos sont bien plus que des lieux où l'on peut s'entraider pour réparer un vélo ; ce sont aussi des lieux de sociabilité où se constitue une communauté. Ils combinent ainsi un effet de parc et un effet de club. Mais le plus souvent, il est bien difficile de faire avancer en même temps toutes les composantes du système. L'essor de la voiture électrique, souvent contrarié au cours de l'histoire, en est un bel exemple : la conduite est facile, les performances sont bonnes, mais le véhicule manque d'autonomie, les bornes de recharge sont en nombre insuffisant et le recyclage des batteries complexe, autant de défis qui sont encore loin d'être maîtrisés. De même, le développement de la voiture autonome souffre d'un cadre juridique inadapté et exigerait une voirie équipée et même des piétons et des cyclistes dotés d'un signal. Dernier exemple : la pratique de la bicyclette progresse au rythme du rattrapage continu de telle dimension du système sur d'autres plus avancées : en 15 ans, les vélos en libre service ont d'abord connu un grand succès, puis les autorités se sont aperçues que les aménagements cyclables étaient en retard sur la pratique, qu'il leur fallait ensuite soutenir les ateliers d'autoréparation pour combler le manque de réparateurs et qu'enfin il était urgent de rendre obligatoire l'apprentissage du savoir rouler chez les enfants.

### **2.3. Les facteurs favorisant ou bridant l'essor d'un système modal**

Comment peut s'enclencher ou s'enrayer chacun de ces quatre effets ? Comment un système modal peut-il entamer son développement ou, au contraire, s'essouffler ? Cela dépend de chaque mode de déplacement et surtout de la concurrence entre les modes.

Les piétons sont réputés très sensibles à la qualité et à la sécurité de leur environnement. Les trottoirs et autres espaces publics sont assez sûrs, à condition d'exister, de n'être pas colonisés par des véhicules en stationnement illicite et d'être suffisamment confortables (revêtement, éclairage, entretien). Il faut, en outre, un cadre bâti avenant, des aménités urbaines qui agrémentent le parcours (plantations, bancs, commerces, terrasses...) et de faibles nuisances (bruit, pollution). Il en est à peu près de même pour les cyclistes qui sont toutefois encore plus sensibles aux conditions de sécurité, car confrontés plus directement au trafic automobile. La modération de la circulation est donc un facteur déterminant de leur expansion (Héran, 2014). Les transports publics sont confrontés, quant à eux, à la concurrence directe de la voiture. Leur coût généralisé doit être compétitif pour qu'ils aient quelques chances d'être attractifs.

La compétition entre modes semble donc jouer un rôle fondamental dans l'émergence d'effet cumulatifs positifs ou négatifs. Par sa masse, sa vitesse et son agilité, l'automobile s'impose, si son essor n'est pas strictement encadré par des politiques de modération de la circulation. Par l'importance des intérêts économiques qu'elle fédère, la voiture est tout aussi incontournable dans la construction des règles de priorité et de cohabitation sur la chaussée

(cf. le concept de monopole radical proposé par Illich, 1973, ou d’automobilité développé par Urry, 2004).

Plus largement, l’approche systémique permet de mieux comprendre pourquoi les nouveaux modes de déplacement ont tant de mal à percer. Il ne suffit jamais d’inventer un véhicule, aussi révolutionnaire soit-il, ni même d’adapter au besoin l’infrastructure en élaborant un système technique efficace. Car les utilisateurs potentiels doivent s’approprier le mode et forment vite leurs propres exigences. De plus, la réglementation doit suivre et ceux qui la font ont eux-mêmes une représentation particulière du véhicule proposé. Dès lors, d’indispensables interactions s’instaurent entre les innovateurs et les groupes sociaux concernés (entre les offreurs et les demandeurs) qui ralentissent le processus, mais qui débouchent sur un résultat plus satisfaisant. Tout ce volet social est souvent négligé, mais a été théorisé et illustré par les tenants de la construction sociale des technologies (cf. le modèle SCOT de Pinch et Bijker, 1984 ; Bijker, 1997).

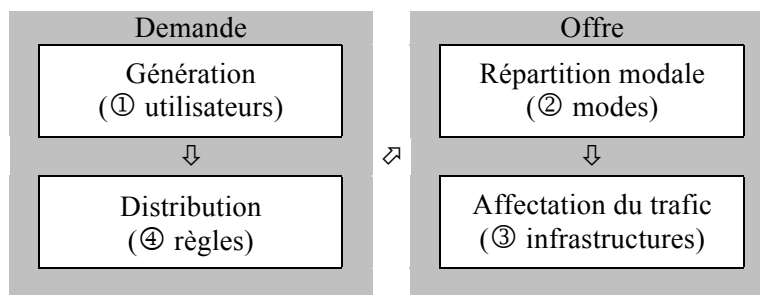
### 3. Quelques aspects de la mobilité revisités

Tous les chercheurs et praticiens qui ont travaillé sur tel ou tel aspect concernant les modes de déplacement comprennent progressivement qu’il est indispensable de tenir compte des quatre composantes de chaque système modal. Nous allons l’illustrer en passant en revue quelques aspects de la mobilité.

#### 3.1. Les modèles de trafic

Au cours des années 1950, les concepteurs des premiers modèles de trafic, outils canoniques des politiques de transport (Dupuy, 1975), vont peu à peu réaliser que leurs modèles peuvent être logiquement conçus en quatre étapes : 1/ génération des déplacements, selon le niveau d’activité et les caractéristiques de la population de chaque zone (étape concernant les utilisateurs ①), 2/ distribution des flux entre les zones de la ville (étape qui relève de règles sociales ④), 3/ choix modal (étape liée bien sûr aux modes ②) et 4/ affectation des déplacements aux réseaux (étape qui s’applique aux infrastructures ③). Les modèles de trafic travaillent donc d’abord sur la dimension humaine des déplacements – la demande –, puis sur la dimension physique – l’offre qui doit s’adapter à cette demande – (voir le tableau 3).

Tableau 3. Les quatre étapes des modèles de trafic



Dans cette découverte, l’équipe menée par J. Douglas Carroll Jr. au sein du Chicago Area Transportation Study (CATS) a joué un rôle éminent (Chatzis, 2013, p. 75). Ayant pour mission d’établir le plan de transport pour la région métropolitaine de la ville de Chicago à l’horizon 1980, elle s’intéresse d’abord à l’affectation et améliore les algorithmes déterminant le plus court chemin, en tenant compte de la capacité des arcs du réseau, c’est-à-dire de la

congestion. Elle étudie ensuite la distribution des flux entre origines et destinations selon un principe gravitationnel. Elle comprend finalement, que : « Ces deux étapes sont liées entre elles ; ainsi, les sorties de l'étape de distribution (...) alimentent l'étape d'affectation... » (*ibid.*, p. 108). Mais il faut modéliser au préalable ces flux totaux émis et attirés par chacune de ces zones – c'est l'étape initiale de la génération –, puis intercaler finalement une étape de choix modal, si on ne s'intéresse pas qu'aux déplacements en voiture, mais aussi en transport en commun.

### 3.2. La sécurité routière

Suite aux travaux pionniers de William Haddon Jr. (Haddon, 1980), il est d'usage d'aborder la sécurité des déplacements en mobilisant le « triptyque fondateur » (ONISR, 2009, p. 81) ou les « trois piliers »<sup>3</sup> véhicule-infrastructure-conducteur (VIC). Des termes synonymes sont parfois utilisés, par exemple : comportements-véhicule-environnement. Cette approche souligne la nécessaire intégration de ces trois dimensions dans les politiques de sécurité routière. Les excès de vitesse, par exemple, ne sont pas dus qu'à l'indiscipline des conducteurs, ils s'expliquent également par les caractéristiques de l'infrastructure (voies larges et grandes courbes incitant à la vitesse...) et par l'existence de véhicules capables de rouler bien plus vite que les limitations de vitesse autorisées.

On retrouve là les trois premiers constituants de tout système modal. Il manque cependant les aspects réglementaires et sociaux. Cela n'a pas échappé à certains spécialistes qui réclament à juste titre des considérations portant notamment sur ce domaine : « On réduit encore trop les problèmes de sécurité routière à un triptyque homme-véhicule-infrastructure, alors que ces composantes s'insèrent dans un ensemble plus vaste comprenant en particulier l'urbanisme, les habitudes de déplacements, les modes de transport et les autres usagers. » (Guyot, 2008, p. 232)<sup>4</sup>. Pour reprendre l'exemple ci-dessus, les conducteurs roulant trop vite sont aussi influencés par le degré de tolérance de la société à l'égard de la vitesse, un exemple de règle tacite, et par l'urbanisme fonctionnaliste qui génère de longs déplacements.

En matière de sécurité routière, il conviendrait donc, pour les pouvoirs publics, de promouvoir un quadriptyque : conducteur-véhicule-infrastructure-société, en distinguant par exemple « l'environnement technique » (l'infrastructure) et « l'environnement social » (« les normes et pratiques sociales et juridiques propres à chaque culture ») (Runyan, 1998, p. 302).

### 3.3. Le report modal

Tout changement de mode de déplacement consiste, en réalité, à adopter un nouveau système modal. On comprend aussitôt qu'il sera difficile pour l'utilisateur de découvrir non seulement un mode nouveau, mais aussi un réseau différent et tout un ensemble de règles de conduite inédites.

Le cas de la trottinette électrique l'illustre parfaitement. Suffit-il de l'essayer pour l'adopter, comme certains l'affirment ? Certainement pas. Comme pour le vélo, l'utilisateur doit d'abord maîtriser l'équilibre sur deux roues. Mais, à cause de la petite taille des roues, il doit rester très attentif à la qualité du revêtement. Contrairement au vélo, l'empattement est réduit et il est facile de basculer vers l'avant au moindre obstacle. Heureusement, avec quelque

---

<sup>3</sup> <http://www.securotheque.be/a-notions-de-base/generalites-securite-routiere/les-3-piliers-de-la-securite-routiere/>

<sup>4</sup> Même constat chez un autre spécialiste : « La triade "homme-véhicule-infrastructure" (...) est très incomplète (...). D'abord, elle ignore la répression qui ne dépend évidemment pas des comportements mais les conditionne. » (Orselli, 2011, p. 512)

adresse, le trotteur peut aisément sauter de l'engin et retomber sur ses pieds. Mieux vaut cependant être jeune et agile. La position debout et l'absence de suspensions est fatigante et peu confortable. Pour réduire le risque d'accident, le législateur a donc introduit quelques règles que l'utilisateur est censé connaître : dispositif de freinage efficace, interdiction de circuler sur le trottoir, utilisation obligatoire des aménagements cyclables, vitesse limitée à 25 km/h, pas de transport de passager... (décret du 23 octobre 2019).

L'apprentissage d'un nouveau mode est donc plus complexe que l'on croit. Les injonctions au report modal ne tiennent pas compte de cette complexité (Buhler, 2015 ; Richer et Rabaud, 2019). À cause du caractère systémique du problème, l'essor d'un mode, quel qu'il soit, est toujours plus lent que ne le voudraient certains élus ou militants. Ainsi, à long terme – au moins cinq ans –, impossible de trouver un mode de déplacement dont l'usage progresse à un rythme supérieur à 15 % par an, soit malgré tout un doublement tous les cinq ans<sup>5</sup>. Quand un maire veut tripler la pratique du vélo au cours de son mandat, on sait d'emblée qu'il n'y parviendra pas (sauf succession rapprochée d'événements exceptionnels stimulant la demande, comme une hausse brutale du prix des carburants, des attentats dans le métro, une longue grève des transports publics ou une crise sanitaire).

Même l'usage des transports publics n'est pas si simple. Certes l'utilisateur n'a qu'à se laisser conduire, mais il lui est nécessaire de déchiffrer un plan, de comprendre les horaires, de s'orienter dans la grille tarifaire et de prévoir le retour. Les opérateurs et les autorités organisatrices l'ont bien compris et cherchent par de nombreux moyens à simplifier cet usage : cadencement, abonnement ou gratuité, accessibilité, extension des horaires.

### **3.4. Les externalités négatives des modes motorisés**

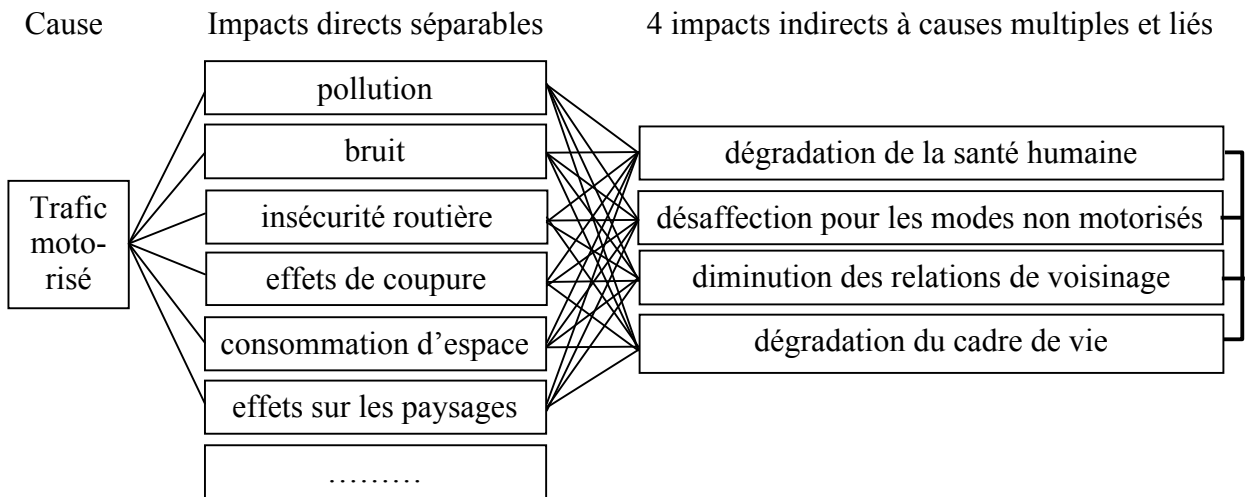
L'automobile, les deux-roues motorisés et les poids lourds provoquent diverses nuisances qui sont habituellement analysées puis traitées chacune séparément. Il s'agit principalement du bruit, de la pollution, des émissions de gaz à effet de serre et des accidents. À ces quatre nuisances toujours citées s'en ajoutent en fait beaucoup d'autres, mais jugées négligeables ou difficiles à quantifier ou à monétariser, à savoir (liste non exhaustive) : la consommation d'espace, les coupures urbaines provoquées par les grandes infrastructures, l'épuisement des ressources naturelles, la dégradation des paysages, l'artificialisation et l'imperméabilisation des sols, la pollution des sols et des eaux, les vibrations liées au passage des modes de transport lourds, les odeurs des gaz d'échappement, les poussières, les déchets, les îlots de chaleur urbains ou les contraintes architecturales imposées par les garages.

Cette approche sectorielle des externalités négatives ne permet pas de comprendre leur impact global, à savoir les synergies entre nuisances (ou « effet cocktail »). Les analystes en restent aux seuls impacts directs, en estimant que les impacts indirects sont secondaires. En adoptant une approche systémique, on se rend compte que l'ensemble des nuisances génère exactement quatre impacts indirects majeurs : 1/ la dégradation de la santé humaine, 2/ la désaffectation pour les modes non motorisés (soit une dépendance aux modes motorisés), 3/ la diminution des relations de voisinage (et une augmentation des relations lointaines) et 4/ la dégradation du cadre de vie (voir la figure 1 tirée de Héran, 2011).

---

<sup>5</sup> Voir notre recension de quelques comptages dans le monde : .....

Figure 1. L'effet cocktail des nuisances des transports en milieu urbain



On l'aura compris, ces quatre impacts correspondent aux quatre constituants de tout système modal, car toute nuisance affecte en même temps : ① les personnes à travers la perception qu'elles en ont par leurs sens ou au moins par leur prise de conscience du problème, ② les modes de déplacement en modifiant leur usage, en défaveur des modes actifs très sensibles à l'environnement, ③ les déplacements en modifiant leurs parcours, en défaveur des relations de voisinage et ④ l'environnement urbain en le rendant peu agréable et peu sûr (voir le tableau 4).

Tableau 4. Les quatre impacts indirects majeurs

Dégradation de la santé humaine (① personnes)	Désaffection pour les modes non motorisés Dépendance aux modes motorisés (② modes)
Dégradation du cadre de vie et de la vie en société (④ règles)	Réduction des relations de voisinage (③ infrastructures)

Pour chacun de ces quatre impacts indirects majeurs, une spirale négative s'enclenche qui aggrave encore le problème.

① La dégradation de la santé accroît la dépendance à l'égard des modes motorisés et tend à réduire l'usage des modes actifs dont on connaît pourtant les bienfaits en matière de santé pour à la fois prévenir et contribuer à guérir de nombreuses maladies chroniques (Inserm, 2019).

② La désaffection pour les modes actifs les enferme peu à peu dans une insécurité routière qui tend, pour les piétons, à les cantonner à l'intérieur des quartiers et, pour les cyclistes, à les faire disparaître. La plupart d'entre eux doivent renoncer à se déplacer à pied ou à vélo et se retrouvent dépendants des modes motorisés.

③ La diminution des relations de voisinage débouche sur une modification en profondeur des relations sociales (Appleyard *et alii*, 1980). Les déplacements lointains s'accroissent au détriment des relations de quartier (Chalas, 1997). Ce qui ajoute encore des déplacements motorisés.

④ La dégradation du cadre de vie urbain pousse les citoyens à vivre en périphérie, où ils s'y déplacent en voiture contribuant à accroître encore les nuisances (Emelianoff et Theys, 2001). Ce phénomène bien connu a été dénoncé dès les années 1960-1970 (Gorz, 1973).

## Conclusion

Les constituants d'un système modal sont désormais bien repérés. Chaque mode, chaque déplacement, chaque personne en mouvement est pris dans un quadriptyque qui articule étroitement l'utilisateur, le mode, l'infrastructure et les règles. Le caractère systémique de cet ensemble ne fait aucun doute, tant les relations entre les éléments sont nombreuses. En conséquence, le développement de l'usage d'un mode dépend de l'évolution équilibrée de toutes ses composantes et non pas d'une seule d'entre elles ou du seul système technique. Tenter d'isoler le rôle d'une des composantes du système dans le développement d'un mode (comme le font de nombreux travaux scientifiques) n'a d'ailleurs pas grand sens, puisqu'en focalisant l'attention sur un seul aspect, on ne peut avoir qu'une approche déséquilibrée du système.

Pour autant, travailler sur l'ensemble des dimensions d'un système ne suffit pas pour le maîtriser, car les systèmes modaux sont en concurrence, tant pour l'espace que pour les financements et selon les distances parcourues ou le confort. En l'absence de croissance démographique, le nombre des déplacements est stable et il faut nécessairement décourager l'usage d'un mode pour faciliter l'essor d'autres modes. C'est là une question de cohérence des politiques de déplacements qu'il faudrait mieux explorer. Même si elles sont encore assez marginales, les pratiques d'intermodalité sont en plein essor et mériteraient elles aussi d'être intégrées à l'analyse. Il faudrait enfin explorer la façon dont la multimodalité favorise l'usage des autres modes. Il a été démontré, par exemple, qu'il est plus facile de réussir le permis de conduire si l'on sait déjà cycliser auparavant (Mundler et Rérat, 2018).

La dynamique des systèmes modaux est mieux comprise, mais reste à approfondir. Les pouvoirs publics auraient intérêt à s'appuyer davantage sur les effets de club, de parc, de réseau et de sécurité pour favoriser l'essor d'un mode. Il conviendrait cependant d'explorer plus systématiquement chacun de ces effets. Pour l'automobile, ce travail est déjà largement accompli, mais beaucoup moins pour les autres modes (hormis l'effet de sécurité par le nombre). Ces quatre effets et leurs relations croisées expliquent aussi l'inertie des systèmes modaux. Ils peuvent même tourner en sens inverse et mener au déclin d'un mode, comme on l'a vu avec les transports publics et le vélo au cours des années de croissance d'après-guerre. La façon dont les quatre effets se renforcent mutuellement est également peu étudiée.

Un autre apport majeur de l'exercice est de montrer, s'il en était encore besoin, qu'aucune discipline ne peut à elle seule épuiser le sujet de la mobilité, ni les ingénieurs qui focalisent leur attention sur la conception des mobiles et des réseaux (le système technique), ni les géographes qui analysent les déplacements dans l'espace, ni les sociologues et les statisticiens qui travaillent sur la motilité et la mobilité, ni bien sûr les juristes qui fixent les règles du code de la route. Il est indispensable de décloisonner ses disciplines, pour ne rien oublier dans l'analyse, comme cela peut arriver même dans les domaines les mieux arpentés, nous l'avons vu pour la sécurité routière.

## Remerciements

Cet article a bénéficié des conseils de Sébastien Marrec, Patrick Rérat et de deux lecteurs anonymes. Qu'ils en soient remerciés. Nous restons seul responsable des propos tenus.

## Références bibliographiques

- Appleyard D., Gerson M. S., Lintell M. (1981) *Livable Streets*. University of California Press, Berkeley.
- Bardou J.-P., Chanaron J.-J., Fridenson P., Laux J. L. (1977) *La révolution automobile*. Albin Michel, Paris.
- Bavoux J.-J., Beaucire F., Chapelon L., Zembri P. (2005) *Géographie des transports*. Armand Colin, Paris.
- Bijker W. E. (1997) *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change (Inside Technology)*. The MIT Press, Cambridge (Mass.).
- Buhler T. (2015) *Déplacements urbains : sortir de l'orthodoxie. Plaidoyer pour une prise en compte des habitudes*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2002), *Nationaler Radverkehrsplan 2002 2012. FahrRad! Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs in Deutschland*, BVBW, Bonn, 98 S.
- Calthorpe P. (1993) *The Next American Metropolis: Ecology, Community and the American Dream*, New York : Princeton Architectural Press.
- CERTU (1998) *L'enquête ménages déplacements. Méthode standard*. CERTU, Lyon.
- CERTU (2010) *Carrefours urbains. Guide*. CERTU, Lyon.
- Chalas Y. (1997) Le déclin du quartier. *Urbanisme*, n° 297, p. 49-53.
- Chatzis K. (2013) Une histoire comparée de la modélisation des déplacements urbains en France et en Amérique du Nord (Etats-Unis et Canada) sur la longue durée (1950 à nos jours). Quelles leçons pour la production et le maintien d'une expertise scientifico-technique ? Rapport final pour le PREDIT 4.
- Delcampe D. (2018) *Covoiturage courte et moyenne distance. Retour d'expériences, freins et leviers*. Rapport d'étude, CEREMA, Lyon.
- Dupuy G. (1975) *Une technique de planification au service de l'automobile : les modèles de trafic urbain*. ATP, Paris.
- Dupuy G. (1995) The automobile system: a territorial adapter. *Flux* n° 21, p. 21-36.
- Dupuy G. (1999) *La dépendance automobile. Symptômes, analyses, diagnostic, traitements*. Anthropos, Paris.
- Elvik R., Bjørnskau T. (2017) Safety-in-numbers: A systematic review and meta-analysis of evidence. *Safety Science*, No. 92 (February), p. 274-282.
- Emelianoff C., Theys J. (2001) Les contradictions de la ville durable. *Le Débat*, n° 113, p. 122-135.
- Ensink B., Marhold K. (2014) Science and Cycling as a System, *ECF Journeys*, May, p. 13-23.
- Faugier É. (2013) *L'économie de la vitesse : l'automobilisme et ses enjeux dans le département du Rhône et la région de Québec (1919-1961)*. Thèse en histoire sous la direction



- de Claude-Isabelle BreLOT, Université Lumière Lyon 2, et de Martin Pâquet, Université Laval, Québec.
- Fietsberaad (2013) *Feiten over de elektrische fiets*. Fietsberaadpublicatie 24, Utrecht, 85 p.
- Gehl J. (2013) *Pour des villes à échelle humaine*. Éditions Écosociété, Montréal.
- Gorz A. (1973) L'idéologie sociale de la bagnole. *Le Sauvage*, n° de sept.-oct., non paginé.
- Guilbot M. (dir.) (2005) *L'accident de la route. Comprendre pour mieux agir, Actes des séminaires du département mécanismes d'accidents, 2004-2005*. Actes INRETS n° 101.
- Guillaume A. (2006) *Autophiles et autophobes au début du XX<sup>e</sup> siècle : la congestion urbaine dans les grandes villes au début du XX<sup>e</sup> siècle*. Centre canadien d'architecture : Mellon Lecture, 6 avril.
- Guyot R. (2008) *Gisements de sécurité routière : les deux-roues motorisés*. La Documentation française, Paris.
- Haddon W. (1980) Options for the prevention of motor vehicle crash injury. *Israel journal of medical sciences*, vol. 16, no 1, p. 45-65.
- Hall P. (1988) Impact of New Technologies and Socio-Economic Trends on Urban Forms and Functioning, in OECD, *Urban Development and Impact of Technological Economic and Socio-Demographic Changes*, Report of an Expert Meeting, Paris.
- Héran F. (2009) Des distances à vol d'oiseau aux distances réelles ou de l'origine des détours. *Flux*, n° 76/77, p. 110-121.
- Héran F. (2011) Pour une approche systémique des nuisances liées aux transports en milieu urbain. *Les Cahiers scientifiques du transport*, n° 59, p. 83-112.
- Héran F. (2014) *Le retour de la bicyclette. Une histoire des déplacements urbains en Europe de 1817 à 2050*. La Découverte (Poche), 256 p.
- Héran F. (2018) Le système vélo. Nouvelle entrée du dictionnaire du *Forum vies mobiles*, 9 p.
- Horton D. (2007) Fear of Cycling. In D. Horton, P. Rose et P. Cox, *Cycling and Society*. Ashgate Publishing, Farnham, p. 133-152.
- Illich I. (1973) *Énergie et équité*. Repris in *Œuvres complètes*. Vol. 1, Fayard, Paris, 2003, p. 379-447.
- Inserm (2019) *Activité physique. Prévention et traitement des maladies chroniques. Synthèse et recommandations*. Éditions Inserm, Paris.
- Jacobsen P. L. (2003) Safety in numbers : more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*, vol. 9, p. 205-209.
- Jemelin C. (2008) *Transports publics. Retour en force dans les villes suisses*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Kaufmann V. (2014) *Retour sur la ville. Motilités et transformations urbaines*. Presses polytechniques et universitaires romandes (Espace en société), Lausanne, 198 p.
- Latour B. (2009) Les moteurs immobiles de la mobilité. In M. Flonneau et V. Guigueno (dir.) *De l'histoire des transports à l'histoire de la mobilité ?* Presses universitaires de Rennes, p. 7-9.
- Lévi-Strauss C. (1958) *Anthropologie structurale*. Plon, Paris, tome 1.
- Mundler M., Rérat P. (2018) Le vélo comme outil d'empowerment. Les impacts des cours de vélo pour adultes sur les pratiques socio-spatiales, *Les Cahiers scientifiques du transport*, p. 139-160.
- Newman P. W. G., Kenworthy J. R. (1996) Land Use and Transport Planning. *Land Use Policy*, Vol. 13, No. 1, p. 1-84.
- Norton P. D. (2011) *Fighting Traffic: The Dawn of the Motor Age in the American City*. The MIT Press.

- ONISR (2010) *La sécurité routière en France. Bilan 2009*, Observatoire national interministériel de la sécurité routière.
- Orselli J. (2011) *Usages et usagers de la route. Requiem pour un million de morts : 1860-2010*. L'Harmattan, Paris.
- Pinch T. J., Bijker W. E. (1984) The Social Construction of Facts and Artefacts or how the Sociology of Science and the Sociology of Technology might Benefit each Other. *Social Studies of Science*, Vol. 14, No. 3, p. 399-441.
- Rérat P., Giacomel G., Martin A. (2019) *Au travail à vélo... La pratique utilitaire de la bicyclette en Suisse*. Editions Alphil, Lausanne, 182 p.
- Richer C., Rabaud M. (2019) L'évolution des mobilités actives dans la Métropole Européenne de Lille depuis dix ans : changement de modèle ou prolongement de tendance ? *Belgeo*, n° 4, 20 p.
- Runyan C. W. (1998) Using the Haddon matrix: introducing the third dimension. *Injury Prevention*, vol. 4, no 4, p. 302-307.
- Smeed R. J. (1949) Some statistical aspects of road safety research. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, Part 1*, p. 1-33.
- Soulier N. (2012) *Reconquérir les rues. Exemples à travers le monde et pistes d'action*. Ulmer, Paris.
- Urry J. (2004) The 'System' of Automobility. *Theory, Culture & Society*, No. 4-5, p. 26-39.
- Winter L. (dir.) (2011) *Audit ministériel du programme 207 sécurité et circulation routières*. CGEDD, rapport n° 007594-01.