

# TRANSPORT MODERNE

Avec études de cas  
et exercices corrigés

Jihène Jlassi  
Tarak Barhoumi  
Najoua Mezghani

# TRANSPORT MODERNE

Avec études de cas  
et exercices corrigés

Jihène Jlassi  
Tarak Barhoumi  
Najoua Mezghani



# Collection Formations & Techniques

dirigée par Paul de Laboulaye

paul.delaboulaye@editions-ellipses.fr

Retrouvez tous les titres de la collection et des extraits sur [www.editions-ellipses.fr](http://www.editions-ellipses.fr)



**Conception graphique couverture :** Éric VIGIER

ISBN 9782340-113749

Dépôt légal : avril 2026

©Ellipses Édition Marketing S.A.

8/10 rue la Quintinie 75015 Paris



Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

[www.editions-ellipses.fr](http://www.editions-ellipses.fr)

# Avant-propos

Cet ouvrage s'adresse principalement aux lecteurs qui s'intéressent à l'exploitation des moyens de transports, qui comprennent les transports terrestre, aérien, maritime et fluvial. Il propose une analyse des concepts et des principes fondamentaux du domaine de transport ainsi que ses possibilités d'application.

*Transport moderne : avec études de cas et exercices corrigés* est un livre présentant des faits, des concepts et des études de cas afin de faciliter la compréhension du concept transport et toutes ses composantes. Il s'appuie aussi sur des ressources bibliographiques variées et des références pertinentes pour offrir un contenu structuré et accessible.

L'objectif de cet ouvrage est de fournir aux lecteurs des informations claires et organisées, leur permettant d'approfondir leurs connaissances et d'acquérir une vision d'ensemble du sujet traité. Il s'agit également d'un manuel pédagogique conçu pour les étudiants de licence et de master en sciences du transport et de la logistique.



# Sommaire

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 - Introduction aux systèmes de transport</b>	<b>3</b>
Objectif	3
Introduction	3
I. Concepts fondamentaux du transport	4
1. Historique des systèmes de transport	4
2. Définition des systèmes de transport	5
3. Approche systémique : composantes et interactions	7
II. Contribution économique des transports	11
1. Analyse des impacts directs et indirects	11
2. Accessibilité et équité dans le système de transport	12
3. Les interdépendances entre les composantes du système de transport	12
III. Défis actuels des systèmes de transport	13
1. Problématiques environnementales	13
2. Pollution et empreinte carbone	14
3. Innovation et transition technologique	14
Conclusion	14
Étude de cas chapitre 1 : transport, urbanisation et développement durable : enjeux et perspectives d'une métropole en mutation	15
<b>Chapitre 2 - Les modes de transport</b>	<b>21</b>
Objectif	21
Introduction	21
I. Généralités sur les modes de transport	21
1. Définition des modes de transport	21
2. La détermination du choix modal	22
II. Le transport par voie d'eau	26
1. Le transport maritime	26
2. Le transport fluvial	27
3. Avantages et inconvénients	27
III. Le transport terrestre	30
1. Le transport routier	30
2. Le transport ferroviaire	30
3. Avantages et inconvénients	31
Conclusion	35
Exercices et corrigés chapitre 2	36
<b>Chapitre 3 - Le transport maritime</b>	<b>43</b>
Objectif	43
Introduction	43
I. Les techniques du transport maritime	43
1. Les navires spécialisés	43
2. Les navires non spécialisés	46

3. Les équipements portuaires	50
II. Le contrat de transport en maritime	52
1. Les différents types de contrat de transport en maritime	52
2. Les obligations des parties	53
3. Le connaissement maritime	54
III. La tarification en transport maritime	55
1. Tarification à l'unité payante ou par conteneur	55
2. L'affrètement du navire	56
3. Les conditions des lignes régulières	57
Conclusion	57
Étude de cas chapitre 3 : le transport de pétrole brut par pétroliers au port de Fos-sur-Mer (France)	58
<b>Chapitre 4 - Le transport routier</b>	<b>63</b>
Objectif	63
Introduction	63
I. Typologie des véhicules	63
1. Classification des véhicules de transport des marchandises selon l'utilité	64
2. Typologie des véhicules de transport des marchandises selon la capacité	64
3. Autres classifications du transport routier	66
II. Contrats et documents du transport routier	68
1. Les différents types de contrat de transport routier	68
2. Les documents de transport routier	70
3. Les acteurs du transport routier	75
III. Tarification du transport routier	76
1. Facteurs influençant la tarification du transport routier	76
2. Modèles de tarification du transport routier	77
3. Autres coûts associés à la tarification du transport routier	78
Conclusion	79
Étude de cas chapitre 4 : choix optimal des véhicules pour une entreprise de distribution agroalimentaire	80
<b>Chapitre 5 - Problèmes et méthodes d'optimisation en transport</b>	<b>87</b>
Objectif	87
Introduction	87
I. Problèmes d'acheminement	88
1. Problèmes du plus court chemin : algorithme de Dijkstra	88
2. Les problèmes de distribution : le problème de transport	92
3. Les problèmes de distribution : le problème d'affectation	93
II. Problèmes de transport : détermination d'une solution de base réalisable	96
1. Méthode de coin nord-ouest	96
2. Méthode de coût minimum	96
3. Méthode de stepping-stone	97
III. Problèmes de tournées	98
1. Problème du voyageur du commerce (TSP)	98
2. Algorithme branch and bound de Little pour TSP	99

3. Méthode des écarterments	99
Conclusion	99
Exercices et corrections chapitre 5	100
<b>Chapitre 6 - Le transport multimodal</b>	<b>113</b>
Objectif	113
Introduction	113
I. Présentation générale du transport multimodal	113
1. Définition et apparition	114
2. Les unités de transport multimodal	114
3. Choix politiques et écologiques	118
II. Formes d'interfaces multimodales	119
1. Engins de manutentions	119
2. Les ports maritimes	123
3. Terminaux de transport combiné	124
III. Différentes formes d'intermodalité	125
1. Transport combiné rail-route	125
2. Transport combiné fleuve-route	125
3. Ferroutage et merroutage	126
Conclusion	127
Étude de cas chapitre 6 : le transport multimodal.	128
<b>Chapitre 7- L'infrastructure de transport : fondations et stratégies de gestion</b>	<b>133</b>
Objectif	133
Introduction	133
I. Infrastructure routière	134
1. Composantes de l'infrastructure routière	135
2. Présentation des véhicules routiers	137
3. Gestion des infrastructures routières et leur impact sur l'économie	138
II. Infrastructure ferroviaire	140
1. Composantes de l'infrastructure ferroviaire	140
2. Evolution de la gestion de l'infrastructure ferroviaire	141
3. Régularité du transport ferroviaire et son impact économique	143
III. Infrastructure maritime	144
1. Composantes de l'infrastructure maritime	144
2. Gestion des infrastructures portuaires	145
3. Régularité et impact des infrastructures de transport sur l'économie et le commerce maritime	146
Conclusion	147
Étude de cas chapitre 7 : mise en place des infrastructures routières maritimes et ferroviaires à Romeria	148
<b>Chapitre 8 - Transport écologique</b>	<b>153</b>
Objectif	153
Introduction	153
I. Définition et principes du transport écologique	154

1. Définition et objectifs du transport écologique	154
2. Impacts environnementaux des transports conventionnels	154
3. Politiques et régulations soutenant le transport durable	155
II. Technologies et solutions pour un transport écologique	156
1. Véhicules électriques et hybrides	156
2. Carburants alternatifs	156
3. Mobilité partagée et transports en commun écologiques	157
III. Politiques, défis et perspectives d'avenir	158
1. Régulations et incitations gouvernementales	158
2. Rôle des acteurs privés et des citoyens	159
3. Défis et perspectives d'avenir	160
Conclusion	168
Étude de cas chapitre 8 : réinventer la mobilité urbaine à éco-ville	169
<b>Chapitre 9 - Les systèmes de transport intelligents (STI)</b>	<b>175</b>
Objectif	175
Introduction	175
I. Fondements des systèmes de transport intelligents (STI)	176
1. Définition et contexte des STI	176
2. Enjeux et objectifs des STI	179
3. Piliers technologiques des STI	180
II. Technologies des systèmes de transport intelligents	182
1. Composants des systèmes de transport intelligents	182
2. Applications des systèmes de transport intelligents (STI)	184
3. Technologies émergentes et avenir des STI	186
III. Impacts et défis des STI	188
1. Impacts des STI sur la mobilité urbaine	188
2. Défis technologiques et opérationnels	188
3. Perspectives d'avenir et recommandations	189
Conclusion	190
Étude de cas chapitre 9 : mise en place d'un système de transport intelligent (STI) dans une grande métropole	191
<b>Conclusion générale</b>	<b>197</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>199</b>

# Introduction générale

Le transport constitue un élément central du développement économique, social et technologique des sociétés modernes. Il est à la fois un moteur de croissance et un facteur d'intégration des territoires, reliant les zones de production aux marchés de consommation et facilitant les échanges commerciaux à l'échelle nationale et internationale. Depuis les premières routes commerciales jusqu'aux infrastructures de transport intelligentes d'aujourd'hui, les systèmes de transport ont connu une évolution majeure, s'adaptant aux progrès technologiques, aux mutations économiques et aux nouvelles attentes environnementales.

Cet ouvrage propose une analyse approfondie et structurée des différentes facettes du transport. Il commence par une introduction aux concepts fondamentaux et aux impacts économiques du transport, en mettant en lumière ses contributions directes et indirectes à l'économie, son rôle dans l'accessibilité des territoires et les interdépendances entre ses différentes composantes.

Les chapitres suivants sont consacrés aux divers modes de transport, notamment terrestre, maritime et multimodal. Chaque mode est étudié sous l'angle de ses caractéristiques, de ses contraintes, des contrats qui le régissent, ainsi que des enjeux liés à la tarification et à l'optimisation des flux. L'accent est mis sur les défis d'efficacité, de rentabilité et de régulation qui influencent la gestion et le développement des infrastructures de transport.

Dans un contexte où les préoccupations environnementales prennent une place grandissante, cet ouvrage s'intéresse également aux solutions écologiques et aux politiques de transition vers un transport plus durable. L'essor des véhicules électriques, l'intégration des carburants alternatifs, ainsi que les stratégies visant à réduire l'empreinte carbone des systèmes de transport sont abordés afin d'examiner les perspectives d'évolution vers un modèle plus respectueux de l'environnement.

Enfin, l'ouvrage explore les avancées technologiques qui transforment les infrastructures et la logistique du transport, notamment à travers les systèmes de transport intelligents (STI). Grâce à l'intelligence artificielle, aux réseaux de capteurs et aux solutions de gestion automatisée, les STI offrent de nouvelles opportunités pour améliorer la fluidité du trafic, renforcer la sécurité et optimiser les coûts.

À travers cette analyse détaillée, ce livre vise à fournir une compréhension complète des enjeux et des dynamiques du transport, en tenant compte des innovations, des défis stratégiques et des perspectives d'avenir dans un monde en perpétuelle mutation.



# Chapitre 1 - Introduction aux systèmes de transport

## Objectif

Ce chapitre vise à définir et analyser les principales composantes des systèmes de transport ainsi que leurs interactions. Les transports jouent un rôle central dans le développement économique en facilitant les échanges commerciaux, en créant des emplois et en améliorant l'accessibilité aux marchés. Cependant, ils engendrent également des externalités négatives, notamment en matière d'empreinte écologique et de congestion urbaine. L'objectif est donc d'examiner les impacts directs et indirects des transports sur l'économie, d'identifier les défis environnementaux majeurs et d'explorer les solutions innovantes permettant de concilier mobilité, efficacité et durabilité.

## Introduction

Le transport joue un rôle fondamental dans le fonctionnement des sociétés modernes. Il constitue le lien entre les zones de production et de consommation, entre les lieux de travail et d'habitation, ou encore entre les différentes cultures et économies.

En somme, le transport ne se limite pas à un simple déplacement d'un point A vers un point B : il contribue à façonner les sociétés, les territoires et les économies. Au quotidien, des millions de personnes empruntent différents modes de transport, qu'il s'agisse de la voiture, des transports en commun, du vélo, ou encore des déplacements à pied. Ces systèmes, qu'ils soient locaux, nationaux ou internationaux, permettent de communiquer avec les territoires et de rendre accessibles des opportunités. Dans un monde globalisé, le transport des personnes favorise également les échanges interculturels et le tourisme, contribuant ainsi à l'enrichissement des sociétés. Cependant, il s'accompagne de défis importants : la congestion des infrastructures, la pollution, les coûts énergétiques.

Quant au transport des marchandises, il se considère comme un levier essentiel du commerce et de l'économie mondiale. Chaque jour, des millions de tonnes de biens parcourent des distances variables, dépendant des producteurs, des distributeurs et des consommateurs. Ces flux logistiques sont à la base de la disponibilité des produits que nous utilisons au quotidien, qu'il s'agisse de denrées alimentaires, de matières premières, ou des produits manufacturés. Dans un monde marqué par la mondialisation, le transport des marchandises permet non seulement de répondre à la demande des marchés locaux, nationaux et internationaux, mais aussi de connecter les économies et de favoriser les échanges commerciaux. Les différents modes de transport – routier,

ferroviaire, maritime, aérien ou multimodal – jouent chacun un rôle spécifique selon la nature des marchandises, les distances à parcourir et les impératifs de coûts ou de délais. Ce chapitre explorera donc les différentes facettes de ce domaine en mettant en lumière les concepts fondamentaux du transport, sa contribution économique et les défis actuels des systèmes de transport.

## **I. Concepts fondamentaux du transport**

Dans cette section, nous allons aborder quelques concepts fondamentaux en relation avec le concept transport, à savoir, l'historique des systèmes de transport et leur définition, et les principales composantes et interactions de l'approche systémique.

### **1. Historique des systèmes de transport**

Depuis l'Antiquité, les transports ont évolué au rythme des progrès techniques et des besoins humains. Les premières innovations, telles que la roue et les routes romaines, ont jeté les bases des réseaux de transport modernes. L'âge des grandes explorations a mis en lumière l'importance du transport maritime pour le commerce mondial. Par la suite, l'avènement de la révolution industrielle a introduit des innovations majeures, notamment le chemin de fer, les automobiles et l'aviation, qui ont transformé les modes de vie et les économies.

Plus récemment, les systèmes de transport ont été révolutionnés par la numérisation et la globalisation. Les principales périodes marquant l'évolution du système de transport sont : l'antiquité, la renaissance, la révolution industrielle et l'époque contemporaine.

#### **a. Antiquité : routes pavées et galères romaines**

Les premières routes pavées, construites par les civilisations sumérienne et romaine, ont permis une circulation plus rapide des biens et des armées. Les romains, en particulier, ont développé un réseau de routes pavées atteignant plus de 400 000 km, facilitant ainsi le commerce et la gouvernance. Parallèlement, les galères romaines ont constitué un mode de transport maritime essentiel, particulièrement pour le commerce méditerranéen.

#### **b. Renaissance : développement des navires à voiles**

La renaissance a marqué une révolution dans le transport maritime avec l'invention des caravelles, des navires à voiles plus rapides et maniables. Cela a permis l'exploration et le commerce à grande échelle entre l'Europe, l'Afrique et les Amériques, posant les bases de la mondialisation. Les routes maritimes se sont multipliées, augmentant les échanges de marchandises et de cultures.

#### **c. Révolution industrielle : expansion ferroviaire et premières automobiles**

La révolution industrielle a transformé les modes de transport. Le développement du chemin de fer au XIX<sup>e</sup> siècle a réduit considérablement les distances économiques et sociales.

Par exemple, l'ouverture de grandes lignes ferroviaires en Europe et aux États-Unis a favorisé l'industrialisation et l'urbanisation. Simultanément, l'invention des premières automobiles par Karl Benz (1885) et Henry Ford (1913 avec la chaîne de production) a marqué le début de la mobilité individuelle motorisée.

#### **d. Époque contemporaine : innovations numériques et drones**

Les technologies modernes ont révolutionné les systèmes de transport. La numérisation et les systèmes intelligents ont amélioré la gestion des flux, la sécurité et l'efficacité. Les véhicules électriques et hybrides gagnent en popularité pour répondre aux enjeux environnementaux. Les drones, quant à eux, sont utilisés pour la livraison rapide, notamment dans les zones difficiles d'accès, redéfinissant ainsi le transport des biens. Trois époques peuvent être arbitrairement décrites, sur la base de la motorisation :

##### **► Le transport par l'Homme**

Avant la domestication, c'est l'Homme qui transporte les marchandises. Les termes utilisés dans ce cas sont le « port », le « portage »... Il « tire », il « pousse » et il « propulse » (une brouette, une bicyclette, un pousse-pousse...) dès lors qu'il invente la roue.

##### **► La traction animale**

À partir de la domestication, l'animal devient le système de « portage » (bât), de propulsion ou de traction, d'une « charge », ou d'un « véhicule » (chars, charrettes, chariots, carrioles, voitures...). Si le véhicule est tiré par un cheval, il s'agit d'un véhicule hippomobile.

##### **► La motorisation**

La motorisation est le résultat de l'invention de la chaudière à vapeur et de la machine à vapeur (Denis Papin), puis de la locomotive, de l'automobile... dès lors que la vapeur est utilisée pour mouvoir un véhicule ; en même temps, différents types de carburants sont inventés ou utilisés, pour améliorer la puissance des moteurs, plus tard pour les rendre plus économiques : le gaz, l'essence et le pétrole dans le moteur à explosion utilisé sur les véhicules automobiles, l'électricité de la pile électrique et la pile nucléaire ou pile à combustible pour fournir de l'électricité au travers de turbines ou directement à un bobinage (moteur électrique), enfin déjà ou dans le futur, de l'hydrogène, et de l'eau, par exemple.

## **2. Définition des systèmes de transport**

De nos jours un grand nombre de personnes est amené à se déplacer quotidiennement en recourant au transport urbain, dont la qualité est un élément essentiel de la compétitivité intra et/ou inter urbaine. Le transport urbain est devenu une question à la fois éminemment politique, stratégique et sociale pour les agglomérations.

En raison de l'accroissement du nombre de voitures particulières, de l'amplification du transport de voyageurs tout comme de celui du déplacement de marchandises, la voirie du réseau urbain partageant généralement un espace relativement restreint est fortement encombrée aux heures de pointe, suscitant une option de choix politiques majeurs.

Le transport de marchandises se révèle à son tour une composante fondamentale de la vie urbaine.

Les systèmes de transport regroupent l'ensemble des infrastructures, des moyens de transport, des services et des réseaux qui permettent le déplacement des biens et des personnes d'un lieu à un autre. Ces systèmes jouent un rôle crucial dans le fonctionnement des économies modernes et dans l'organisation des sociétés humaines. Ils incluent différents modes, comme le transport terrestre, maritime, ferroviaire et aérien, chacun ayant ses propres caractéristiques et avantages. Afin de définir la notion de système de transport, il est judicieux de définir le terme système et le terme transport.

### a. Qu'est-ce qu'un système ?

Un système est un ensemble d'éléments interagissant entre eux selon certains principes ou règles. Par exemple une molécule, le système solaire, une ruche, une société humaine, un parti, une armée, etc.

Un système est déterminé par :

- **sa frontière** : c'est-à-dire le critère d'appartenance au système (déterminant si une entité appartient au système ou fait au contraire partie de son environnement) ;
- **ses interactions** avec son environnement ;
- **ses fonctions** (qui définissent le comportement des entités faisant partie du système, leur organisation et leurs interactions).

Certains systèmes peuvent également avoir une mission (ses objectifs et sa raison d'être) ou des ressources, qui peuvent être de natures différentes (humaine, naturelle, matérielle, immatérielle...).

### b. Le transport

Le transport est le déplacement d'objets, de marchandises, ou d'individus (humains ou animaux) d'un endroit à un autre. Les modes de transport incluent l'aviation, le chemin de fer, le transport routier, le transport maritime, le transport par câble, l'acheminement par pipeline et le transport spatial. Le mode dépend également du type de véhicule ou d'infrastructure utilisé.

Les moyens de transport peuvent inclure les véhicules à propulsion humaine, l'automobile, la moto, le scooter, le bus, le métro, le tramway, le train, le camion, la marche à pied, l'ascenseur, l'hélicoptère, le bateau ou l'avion.

### c. Le système de transport urbain

La vie d'une cité dépend de son système de transport et une économie urbaine en bonne santé nécessite que le transport soit fluide et efficace. Le transport, aussi bien de personnes que de marchandises, constitue un service sans lequel la ville ne pourrait pas vivre et échanger. La fonction transport tient ainsi une place essentielle dans les villes.

Elle touche en effet directement à ce qui constitue l'essence même et la raison d'être des formes urbaines : la variété et la densité des occasions d'échange offertes au citoyen. Ainsi, si la facilité et la qualité de ces échanges urbains (travail, achats, loisirs, ...) dépend de la richesse et de l'équilibre de la structure urbaine, elle est aussi conditionnée par l'efficacité du système de transport.

Lorsque l'on cherche à analyser le système de transport urbain, il convient de le replacer dans son contexte : la ville. Par analogie avec le fonctionnement du corps humain, le système de transport urbain peut être comparé au système sanguin et nerveux qui permet d'irriguer les différents lieux de la ville, de les mettre en relation.

Ce système ne se caractérise pas seulement par un réseau de communication physique, mais surtout par des déplacements effectués par des personnes et des marchandises. Sa fonction fondamentale est l'échange. À l'instar de Bonnafous et Puel (1983), nous préférons utiliser le terme de « système de déplacements urbains ». Ces auteurs en donnent la définition suivante : « celui-ci est constitué tout à la fois des flux de biens et de personnes qui parcourent la ville et de ce qu'il convient d'appeler le système de transport, qui en constitue le support » (Bonnafous, Puel, 1983, p.44).

Le système de déplacements est complexe. Pour l'analyser, il convient de poser quelques principes analytiques de base, de le conceptualiser. Manheim (1979) pose deux principes de l'analyse du système de déplacements :

- ▶ **Le système global de déplacement d'une aire urbaine doit être considéré comme un système unique, multimodal**

C'est-à-dire que tous les modes doivent être considérés, tous les éléments du système de transport doivent être pris en compte (les personnes et les marchandises transportées, les véhicules employés, le réseau et les équipements), etc.

- ▶ **Les considérations du système de déplacements ne peuvent pas être séparées des considérations du système social, économique et politique de l'aire urbaine**

Manheim (1979) adopte une approche systémique du système de déplacement, à l'instar de Bonnafous et Puel (1983) et de Frybourg (1991). Le système des déplacements urbains est fortement interrelié au système socio-économique.

### **3. Approche systémique : composantes et interactions**

Un système de transport est composé de plusieurs éléments interdépendants : infrastructures (routes, ports, aéroports), moyens de transport (voitures, trains, navires, avions), utilisateurs, et régulations. Ces éléments interagissent de manière complexe pour assurer la mobilité et répondre aux besoins sociaux et économiques. L'interdépendance entre les infrastructures et les flux économiques est particulièrement cruciale.

Le transport est important parce qu'il permet la communication, le commerce et d'autres formes d'échange entre les peuples, qui à leur tour établissent des civilisations. Le transport participe à la croissance économique et à la mondialisation, mais la plupart des moyens de transport occupent de vastes étendues de terre.

Le transport est le déplacement d'objets ou d'individus (humains ou animaux) dans l'espace, d'un endroit (origine) à un autre (destination). Le transport peut donc se voir comme une façon de surmonter l'espace, caractérisé par des contraintes physiques et humaines comme la distance, les obstacles géographiques (par exemple les étendues d'eau et montagnes), le temps et les divisions administratives. Les transports peuvent se faire de différentes façons, principalement : par les airs (transport aérien) ; sur l'eau (transport maritime) ; sur la terre (transport terrestre) ou par canalisation (pipeline).

Un système de transport correspond à « l'ensemble des infrastructures, des équipements, des véhicules et des règles de fonctionnement permettant le déplacement de biens ou de personnes, selon un mode de transport donné ou la nature de l'objet à déplacer ». On considère généralement trois composantes dans les systèmes de transport : les infrastructures : par exemple, la route ou le chemin de fer ; les véhicules : par exemple, l'automobile, le vélo ou le train ; les usagers : les personnes qui se déplacent.

### a. Offre et demande de transport

Les besoins de déplacements des personnes et des marchandises constituent la demande en transport, que ces besoins soient réalisés ou pas. Ces déplacements nécessitent généralement des infrastructures et véhicules qui définissent une offre de transport.

En termes économiques, les transports sont un marché entre plusieurs acteurs, les producteurs ou fournisseurs des services de transport et les consommateurs ou utilisateurs de ces services. Plus formellement :

- ▶ **L'offre de transport** : est caractérisée par la capacité d'infrastructures et de véhicules de transport spécifiques pendant une période de temps donnée ;
- ▶ **La capacité** est le nombre maximal de personnes ou la quantité maximale de marchandises (en volume ou masse) par unité de temps et d'espace que les infrastructures et véhicules peuvent transporter, et elle se décline :
  - en capacité statique qui représente l'espace disponible pour le transport (par exemple le nombre de voies d'une route) et ne peut être facilement modifiée sans allouer plus d'espace à l'infrastructure de transport ;
  - et en capacité dynamique qui mesure les améliorations possibles grâce à une meilleure gestion, en particulier par la technologie (par exemple avec une meilleure gestion des feux de circulation) ;
- ▶ **La demande de transport** est caractérisée par les besoins de mobilité pour la même période de temps (dans les mêmes unités que la capacité), que ces besoins soient satisfaits de façon complète, partielle, ou pas du tout.

**Tableau 1** : exemples d'éléments constituant l'offre de transport pour chaque mode

Mode	Description de l'offre
Automobile	Véhicules et infrastructure comme les routes, ponts, tunnels
Marche	Chemins et infrastructure comme les trottoirs, places, passages souterrains et passerelles
Transport en commun	Véhicules comme les bus et trains, infrastructure comme les routes et chemins de fer et horaires

À la différence d'un bien (physique), il est impossible d'entreposer ou d'accumuler un service comme le transport. Par exemple, un billet d'avion ne peut pas être gardé pour être utilisé plus tard une fois que l'avion est parti.

De plus, la demande de transport est une demande dérivée, c'est-à-dire que le déplacement est rarement une fin en soi, mais une réponse à un besoin de se rendre à un endroit pour accomplir une activité. L'objectif ou raison principale pour un déplacement s'appelle le motif et comprend les catégories principales suivantes : travail, études, loisir, magasinage, retour au domicile et autres.

On distingue la demande réalisée, observable, de la demande non-réalisée ou non-satisfaite, aussi appelée demande latente (c'est-à-dire cachée). Une façon de comprendre la demande latente est d'imaginer les déplacements que nous ferions si les contraintes ou coûts, par exemple le coût monétaire ou le temps de déplacement, étaient plus faibles ou nuls : nous ferions alors des déplacements que nous ne faisons pas avec les contraintes actuelles, déplacements qui constituent la demande latente. La demande réalisée est le minimum de la demande et de l'offre.

En termes économiques, le transport peut être vu comme une demande induite ou une réponse au prix du service (et à ses autres caractéristiques). Si le prix des déplacements baisse, une partie de la demande latente va être réalisée. De même, l'ajout de nouvelles infrastructures de transport peut entraîner une augmentation du nombre de déplacements grâce à une meilleure accessibilité. L'augmentation de la capacité routière (ajout de routes et de voies sur les routes existantes) entraîne des changements de mode, d'itinéraire, la génération de nouveaux déplacements, des changements à l'occupation du sol (localisation des activités) qui peuvent entraîner à leur tour de nouveaux déplacements et des déplacements plus longs : après un certain temps, la demande induite par l'augmentation de capacité peut la dépasser et résulter en une nouvelle congestion routière.

Cependant, les effets de l'ajout d'infrastructures de transport ne sont pas certains. Par exemple, l'augmentation de la capacité des transports en commun ou de terminaux de marchandises n'entraîne pas nécessairement une augmentation de la circulation (nombre de passagers ou volume de marchandises) puisque les usagers ou clients peuvent choisir parmi différents modes, fournisseurs ou opérateurs en compétition.

Enfin, de même qu'il y a une demande induite, il y a aussi une offre induite par la modification de la demande : si la demande augmente pour certains déplacements, l'offre tendra à augmenter en réponse, par exemple par l'ajout de nouveaux services si l'infrastructure le permet (par exemple un service de train plus fréquent ou un plus grand nombre de taxis dans certains quartiers).

### **b. Les facteurs de choix d'un mode de transport**

Pour répondre à la demande de déplacement de la population, il faut être en mesure de comparer les différents modes de transports pour déterminer le plus adapté. Cela se passe de façon similaire du point de vue de l'utilisateur qui a plusieurs choix pour effectuer un déplacement. Il existe différents moyens de se déplacer, ou modes de transports, qui peuvent être regroupés en catégories selon leurs attributs. Ces attributs ou facteurs peuvent être eux-mêmes organisés en groupes, soient les facteurs physiques, temporels, spatiaux et autres.

#### **► Facteurs physiques**

Discutons tout d'abord les caractéristiques physiques des modes de transport :

- Le mode de transport est-il motorisé ou pas ? S'il est motorisé, quelle est la source d'énergie ? Sinon, est-il propulsé par un être humain ? Nécessite-t-il un véhicule ?
- L'infrastructure de transport est-elle réservée au mode concerné ? Quelle est la priorité de passage des usagers et véhicules par rapport aux autres modes ?

- À un extrême, sur les infrastructures à circulation mixte, les usagers et leurs véhicules sont tous mélangés dans l'espace réservé à leur déplacement, par exemple les automobiles, bus et cyclistes sur des routes où aucun espace n'est réservé à un type particulier de véhicule.
- À l'autre extrême, sur les infrastructures réservées, les modes sont complètement séparés, par exemple dans le cas d, un métro souterrain ou surélevé.
- Entre les deux, des espaces peuvent être réservés à certains usagers, par exemple les trottoirs pour les piétons et des voies réservées aux bus ou aux cyclistes, mais ils se croisent à certains endroits, en particulier aux carrefours, avec différentes priorités.
- Le service de transport est-il porte à porte (exactement de l'origine à la destination du déplacement) ? Ou doit-il être combiné avec un autre mode à l'origine et/ou la destination ?
- Dans un sens strict, le seul mode porte à porte est la marche, car la plupart des modes impliquant un véhicule nécessitent de stationner ce véhicule à un endroit spécifique qui n'est pas la destination finale comme un logement ou un bureau. On considère généralement le vélo et l'automobile personnelle comme des modes porte à porte.
- Le déplacement est-il partagé avec d'autres usagers (que l'on ne connaît pas forcément comme dans les transports en commun) ? Si oui, ces usagers ont-ils la même origine et destination ?

#### ► **Facteurs temporels et spatiaux**

Il y a deux attributs temporels :

##### - **Une réservation est-elle nécessaire ?**

La nécessité de réserver le service de transport par l'utilisateur implique de planifier son déplacement en avance.

##### - **Le service de transport est-il planifié ou dynamique (qui change dans le temps)?**

Par exemple, les lignes de bus et leurs horaires de passages changent dans le temps, selon les jours, les saisons, et sont révisés périodiquement.

Les attributs spatiaux considérés tiennent au caractère fixe ou dynamique des itinéraires de déplacement. Si l'itinéraire est fixe, les arrêts sont-ils fixes, c'est-à-dire est-ce que le véhicule s'arrête à tous les arrêts ou seulement à la demande comme un bus ?

#### ► **Déplacements multimodaux et autres facteurs**

Un déplacement peut être fait en combinant plusieurs modes, impliquant par exemple toujours un peu de marche. Un déplacement combinant plusieurs modes est donc qualifié de multimodal. C'est un enjeu particulier pour le transport en commun, pour que les usagers atteignent les points de service de ce mode pour leur « premier et dernier kilomètre » : les déplacements effectués pour leur majeure partie en transport en commun sont toujours multimodaux.

Une telle catégorisation des modes n'est pas exhaustive et dépend des objectifs de la catégorisation. D'autres caractéristiques peuvent être ajoutées :

- selon la possession des véhicules liés au mode de transport, personnelle ou appartenant à une tierce partie ;

- selon le caractère public du service (« à louer » ou « hors service ») et, pour les modes de transport publics, selon que le service implique ou non un contrat avec l'utilisateur : « transporteur contractuel » dans le cas d'un contrat ou « transporteur public » dans le cas contraire.

Le taxi ou la location de voiture est un service de transport public qui nécessite un contrat entre l'utilisateur et le fournisseur de service alors que le transport en commun est un service de transport public sans contrat.

Mentionnons encore deux autres attributs importants :

- la tarification du service de transport, que l'on paie à chaque déplacement ou que l'utilisateur soit abonné au service ;
- la capacité du mode de transport, en nombre de véhicules, mais de façon plus importante en nombre de personnes (ou quantité de marchandises), pouvant être déplacés.

## **II. Contribution économique des transports**

Personne ne peut nier la contribution économique des transports au développement économique, particulièrement sur les échanges commerciaux, la mobilité des individus et l'accessibilité des territoires. Le transport est un vecteur essentiel qui facilite le déplacement des biens et des personnes, les systèmes de transport stimulent la croissance économique, en particulier les coûts logistiques, en améliorant la compétitivité des entreprises et en favorisant l'intégration des marchés.

Cependant, l'impact du transport dépasse le cadre des activités qui lui sont directement associées, telles que l'industrie automobile, l'aviation ou la logistique ; il génère également des effets multiplicateurs sur d'autres secteurs, notamment le tourisme, le commerce et l'aménagement du territoire.

En outre, les infrastructures de transport influencent l'attractivité économique des régions, contribuant ainsi à un développement plus équilibré et à une meilleure connectivité entre les zones urbaines et rurales. Toutefois, cette dynamique économique s'accompagne de défis, notamment en matière d'investissement, de durabilité et d'équité d'accès aux services.

### **1. Analyse des impacts directs et indirects**

Le secteur des transports joue un rôle fondamental dans le développement économique en générant des effets directs et indirects sur divers domaines d'activité.

#### **► Les impacts directs**

Ils se traduisent par la création d'emplois dans plusieurs domaines comme les infrastructures, la logistique, la construction de véhicules et les services de transport. En facilitant les échanges commerciaux, il améliore l'accessibilité aux marchés et réduit les coûts de transaction, renforçant ainsi la compétitivité des entreprises.

### ► Les impacts indirects

Par ailleurs, les effets indirects se manifestent à travers la stimulation d'autres secteurs économiques tels que le tourisme, l'industrie et l'urbanisation. Un réseau de transport performant favorise l'implantation d'entreprises et l'attractivité des territoires, contribuant ainsi à une croissance durable. Toutefois, ces bénéfices doivent être mis en balance avec les coûts environnementaux et sociaux, notamment la pollution, la congestion urbaine et l'exploitation des ressources naturelles. Une planification efficace et des investissements dans des solutions de transport durables sont donc essentiels pour maximiser les avantages économiques tout en limitant les externalités négatives.

## 2. Accessibilité et équité dans le système de transport

L'accessibilité et l'équité dans les systèmes de transport sont des enjeux majeurs pour le développement économique et social. Un réseau de transport efficace doit permettre à tous les individus, quel que soit leur statut socio-économique ou leur lieu de résidence, d'accéder aux services essentiels tels que l'emploi, l'éducation et la santé. Une accessibilité équitable contribue ainsi à réduire les inégalités territoriales en essayant de rompre l'isolement des régions éloignées et en favorisant l'inclusion des populations vulnérables.

De plus, les disparités persistent, notamment dans les zones rurales ou défavorisées où les infrastructures de transport sont souvent insuffisantes. Cette disparité est accentuée par les coûts élevés de déplacement. Ces coûts peuvent constituer un frein à la mobilité pour certaines catégories de population. Pour garantir une accessibilité universelle, il est essentiel de développer des politiques de transport durable, en investissant équitablement dans des infrastructures adaptées, des solutions de mobilité inclusives et des modes de transport respectueux.

L'amélioration de l'accessibilité passe également par l'optimisation de l'intermodalité, c'est-à-dire la connexion fluide entre différents modes de transport, afin de réduire les temps de trajet et d'offrir des alternatives adaptées aux besoins de chacun. Les innovations technologiques, telles que les systèmes de transport intelligents et les plateformes de mobilité partagée, jouent un rôle clé dans la démocratisation de l'accès aux transports en facilitant l'information, la planification et l'optimisation des déplacements.

Par ailleurs, les politiques publiques doivent intégrer des mesures visant à rendre les infrastructures plus inclusives, notamment par l'aménagement d'espaces accessibles aux personnes à mobilité réduite et le développement de tarifications adaptées aux populations les plus vulnérables. En adoptant une approche globale et durable, les systèmes de transport peuvent devenir de véritables leviers d'équité sociale, favorisant un développement économique équilibré et une meilleure qualité de vie pour tous.

## 3. Les interdépendances entre les composantes du système de transport

Les systèmes de transport fonctionnent comme un ensemble intégré où chaque composante interagit avec les autres, formant un réseau interdépendant essentiel à leur efficacité. Parmi les composantes en interaction : l'infrastructure.