

Les transports routier, ferroviaire, aéronautique

Séance 1 : Introduction



Cours
Magistral

12/03/2024

yeltsin.valero@transamo.com

1. Présentation du cours

Enseignante

❑ Parcours académique

- Diplôme d'ingénieur
- Master
 - Transport (2017)
 - Transport (2019)
- PhD
 - Transport (2020-2023)

❑ Parcours professionnel

- Fonctionnaire - Lima
- Consulting en simulation de trafic - Pérou
- ENPC – cours d'Aimsun (simulator de trafic)
- Consulting - Transamo

Planning de la séance

■ Cours Magistral

- Présentation du cours
- Le transport et sa taxonomie
- Les enjeux et les acteurs
- L'approche systémique
- Le rôle de l'ingénieur

■ Travaux dirigés

- Présentation du dossier

Champs du cours

❑ **Le transport par une approche :**

- transversale aux modes (routier, ferroviaire, aérien)
- verticale aux étapes (conception, planification, opération)

❑ **en essayant de :**

- décrire la formation tant de l'offre que de la demande de transport
- de quantifier leur interaction

❑ **avec un accent particulier sur :**

- la sécurité et la sûreté

Objectifs pédagogiques

- Introduction au monde de transport
- Familiarisation avec la terminologie, la métrologie et les notions de base de transport
- Prise connaissance des enjeux et des acteurs principaux
- Compréhension des études en transport, des sous-systèmes qui le composent et des modèles qui le décrivent

 **Etre opérationnel dans un premier poste en transport**

Planning

| SEM | TYPE | GRP | DATE | DE | A | DUREE | SALLE |
|-----|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|------------------|
| 11 | COURS | 1G,2G | mar. 12/03/2024 | 08h00 | 12h00 | 4h00 | Classe virtuelle |
| | TD | 2G | ven. 15/03/2024 | 15h00 | 17h00 | 2h00 | 1405 |
| | TDR | 1G | ven. 15/03/2024 | 17h00 | 19h00 | 2h00 | 1405 |
| | | | | | | | |
| 12 | COURS | 1G,2G | lun. 18/03/2024 | 08h00 | 12h00 | 4h00 | 2201+ |
| | TD | 2G | ven. 22/03/2024 | 15h00 | 17h00 | 2h00 | 2205 |
| | TDR | 1G | ven. 22/03/2024 | 17h00 | 19h00 | 2h00 | 2205 |
| | | | | | | | |
| 13 | COURS | 1G,2G | mar. 26/03/2024 | 08h00 | 10h00 | 2h00 | Classe virtuelle |
| | TDR | 1G | ven. 29/03/2024 | 15h00 | 17h00 | 2h00 | 2205 |
| | TD | 2G | ven. 29/03/2024 | 17h00 | 19h00 | 2h00 | 2205 |
| | | | | | | | |
| 14 | COURS | 1G,2G | mar. 02/04/2024 | 08h00 | 10h00 | 2h00 | Classe virtuelle |
| | CTRL | 1G,2G | ven. 05/04/2024 | 15h00 | 17h00 | 2h00 | 4405 |

Evaluation

Critères :

1. Participation active au cours
2. 3 TD
3. Examen sur table (CM + TD)

2. Le transport et sa taxonomie

Les systèmes de transport

❑ Système :

Ensemble complexe d'éléments de même nature ou de même *fonction*

❑ Transport :

Déplacement d'une entité physique mobile, d'un lieu à un autre



Système de transport :

Un système coordonné composé par des infrastructures, des véhicules, des services et des protocoles d'opération qui *fonctionne* dans l'objectif des déplacements de personnes et de biens.

Le transport comme besoin de la société

- ❑ Les déplacements des hommes et des marchandises tiennent depuis toujours une place essentielle dans le fonctionnement des sociétés :
 - accéder à l'eau et la nourriture, faire face aux conditions climatiques, faire la guerre, échanger, faire du commerce, prospérer, ...
- ❑ La technologie avance → la portée des déplacements s'élargit, les modes de transport se diversifient, les systèmes de transport se complexifient, le prix du transport diminue

Le transport comme technique

Préhistoire – Antiquité
et Moyen Age :

Un système de transport
terrestre et maritime
reposant d'une part sur
l'animal, la roue, la route
et, d'autre part, sur l'eau,
le vent, les bateaux

1800-1900 :

La machine à
vapeur, le
moteur à
explosion et le
moteur
électrique

1900-2000 :

L'explosion des
mobilités
motorisées et la
course à la
performance
technique

Source : B. Chabanel, « Les techniques des
transports et la région lyonnaise », 2007

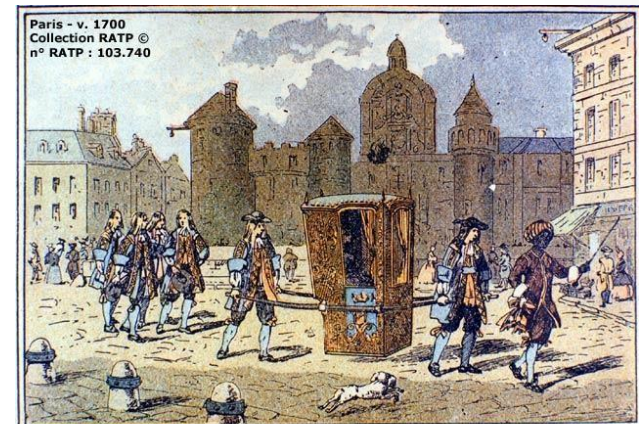


FIG. 7. — CHAISE A PORTEURS D'UN « HOMME DE QUALITÉ » (REGNE DE LOUIS XIV).

Le transport comme droit civil

- ❑ « *Toute personne a le droit de circuler librement et de choisir sa résidence à l'intérieur d'un Etat* », Article 13 de la déclaration universelle des droits de l'homme, NU 1948

- ❑ « ***La mobilité n'est pas négociable*** » (UE)
 - Par le transport, on accède à la nourriture, l'école, à l'hôpital, à l'emploi, ...
 - Le transport doit être accessible à tous (personnes à mobilité réduite ou âgées, chômeurs, ...)



Quel design ? Quelle couverture spatiotemporelle ?
Quelle tarification ?

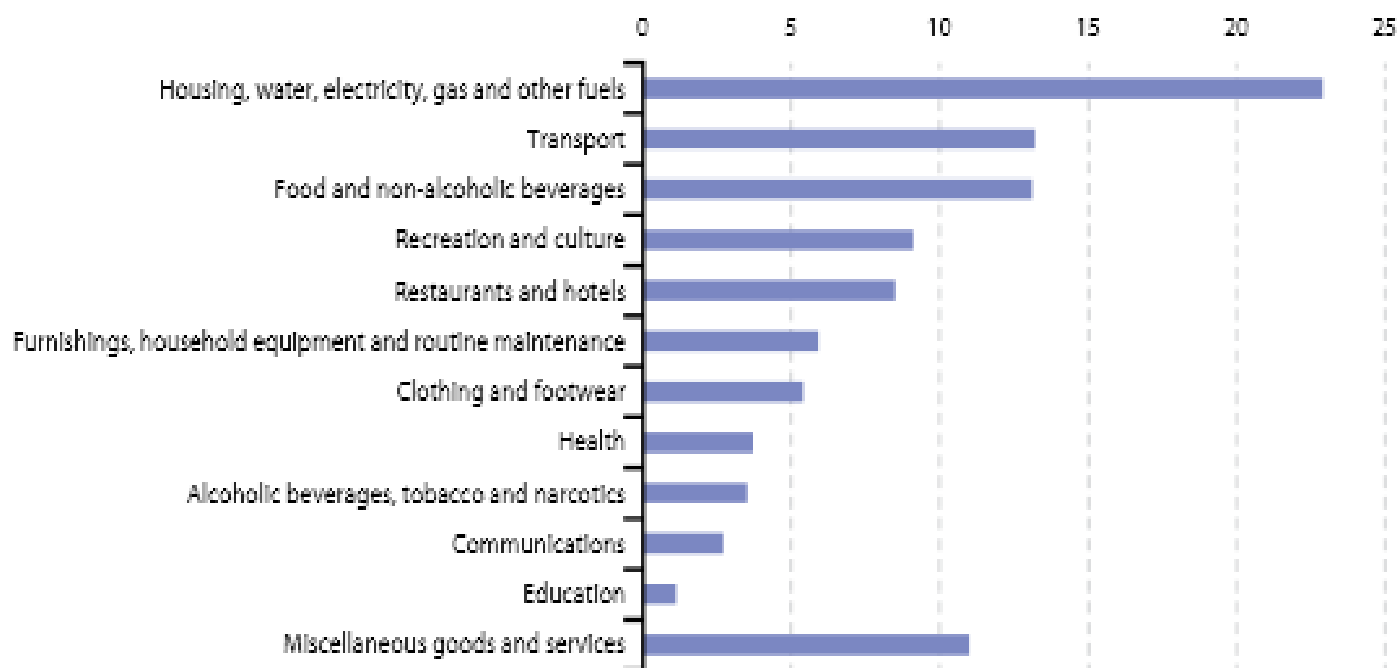
Le transport comme activité économique (1/3)

❑ Des aspects et interactions intensives en capital :

- Les investissements (publics, privés, PPP)
- L'activité industrielle (automobile, ...)
- Le commerce
- Le tourisme
- Les emplois (directs et indirects)
- La consommation des **ménages**

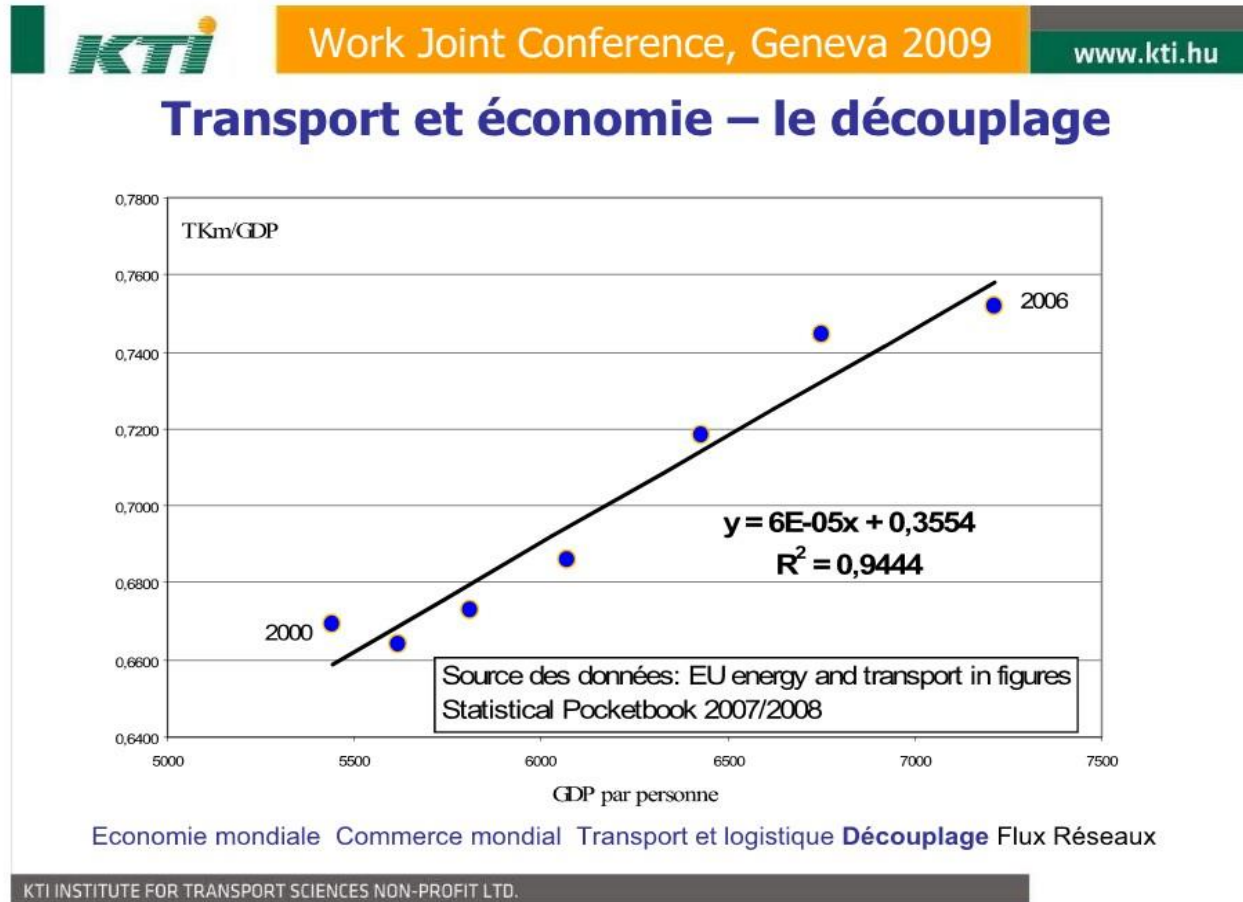
Le transport comme activité économique (2/3)

Figure 1.1.12: Consumption expenditure of households, EU-27, 2009
(% of total household consumption expenditure)



Source: Eurostat (online data code: [nama_co3_c](#))

Le transport comme activité économique (3/3)



Le transport comme produit

Quelques caractéristiques :

- ❑ Production par la confrontation continue entre l'offre et la demande
- ❑ Sa consommation n'est jamais l'objectif, elle sert à des autres consommations cibles (cf. travail, tourisme,...)
- ❑ Pas de capacité de stockage
- ❑ Supply chain très complexe (composantes techniques, socioéconomiques, ...)
- ❑ Grande diversité

Éléments de taxonomie (1/3)

❑ Modes :

- Aérien
- Maritime
- Fluvial
- Pipelines
- Terrestre
 - Routier
 - Marche à pied
 - Ferroviaire
 - Rollers
 - ...



➤ **Trajectoire : fixe ou libre**

❑ Inter-modalité vs. multi-modalité

Eléments de taxonomie (2/3)

☐ Usage :

- Collectif
- Individuel

☐ Propriété :

- Public
- Privé

☐ Droit d'usage :

- Public
- Privé

☐ Charge :

- Fret
 - En vrac, solide, liquide
- Passagers
- Mixte



Eléments de taxonomie (3/3)

▣ Echelle :

- Locale
- Régionale
- Nationale
- Européenne
- Internationale

▣ Milieu :

- Urbain
- Périurbain
- Interurbain



Eléments de métrologie (1/4)

□ Entités unitaires :

- Véhicule : 1 VP, 1 vélo, 1 avion, ...
- Usager : 1 conducteur, 1 piéton, 1 voyageur ...
- Quantité fret : 1 tn, 1 m³, 1 conteneur

□ Unités de distance :

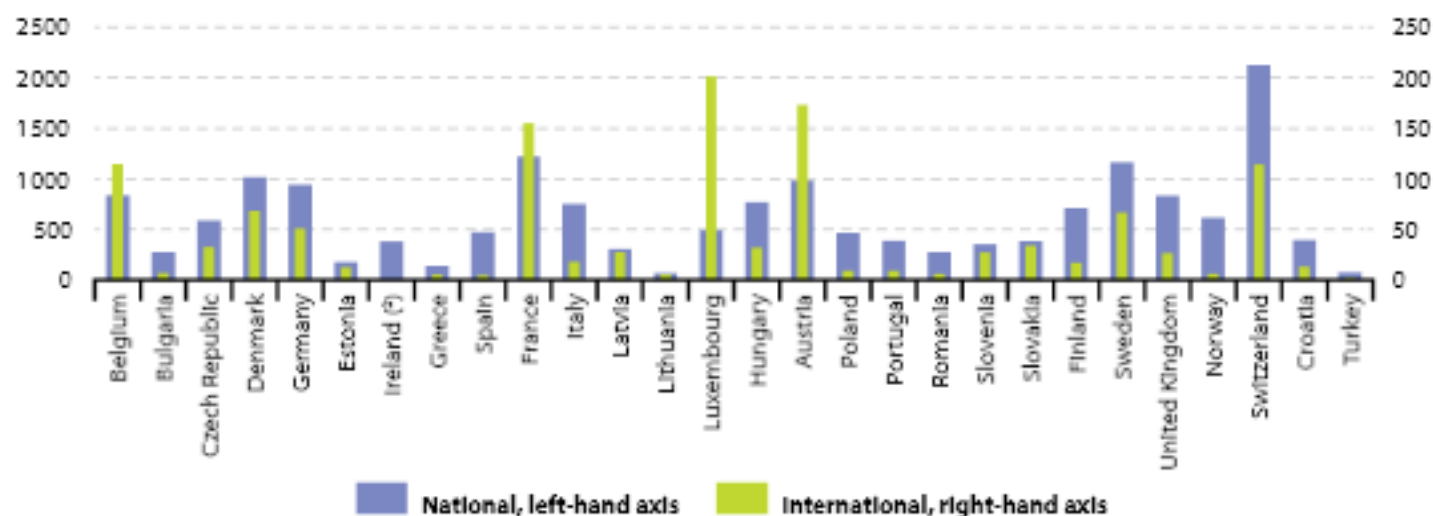
- 1m, 1 km, ...

□ « Travail » de transport :

- Véh * km, tn*km, voy*km

Eléments de métrologie (2/4)

Figure 10.2.1: Rail passenger transport, 2009 ⁽¹⁾
(passenger-km per inhabitant)

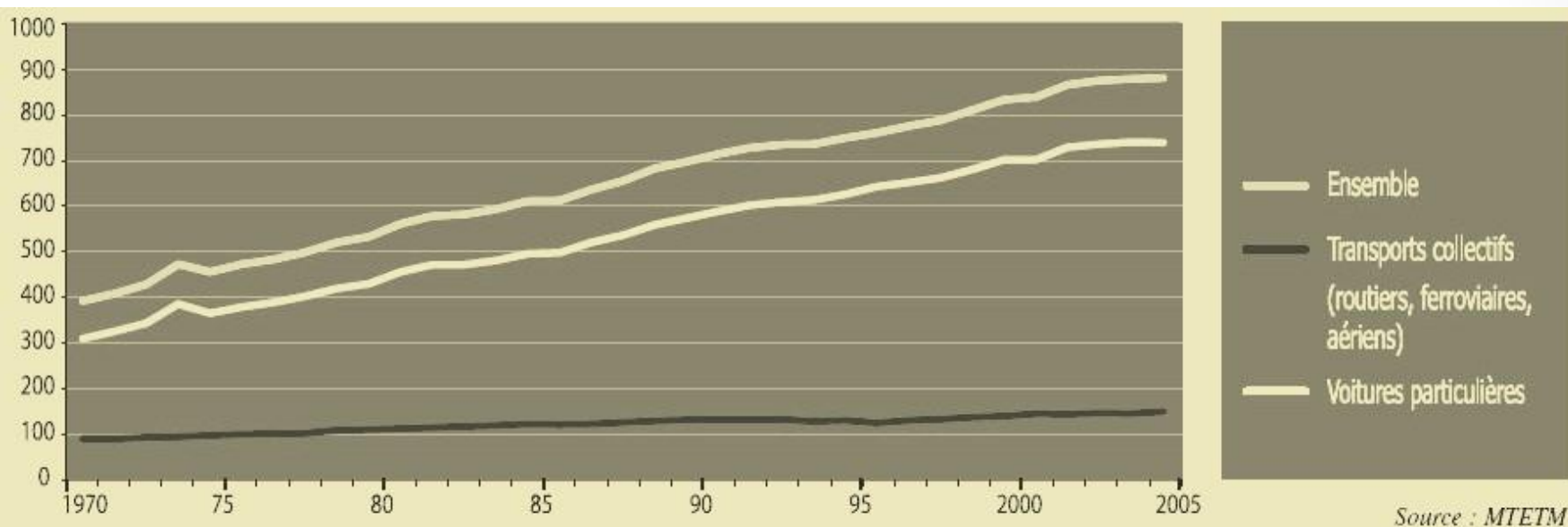


⁽¹⁾ Greece and Italy, 2008; Cyprus and Malta, not applicable; the Netherlands, not available; the railway in Liechtenstein is owned and operated by the Austrian ÖBB and included in their statistics.

⁽²⁾ International, not available.

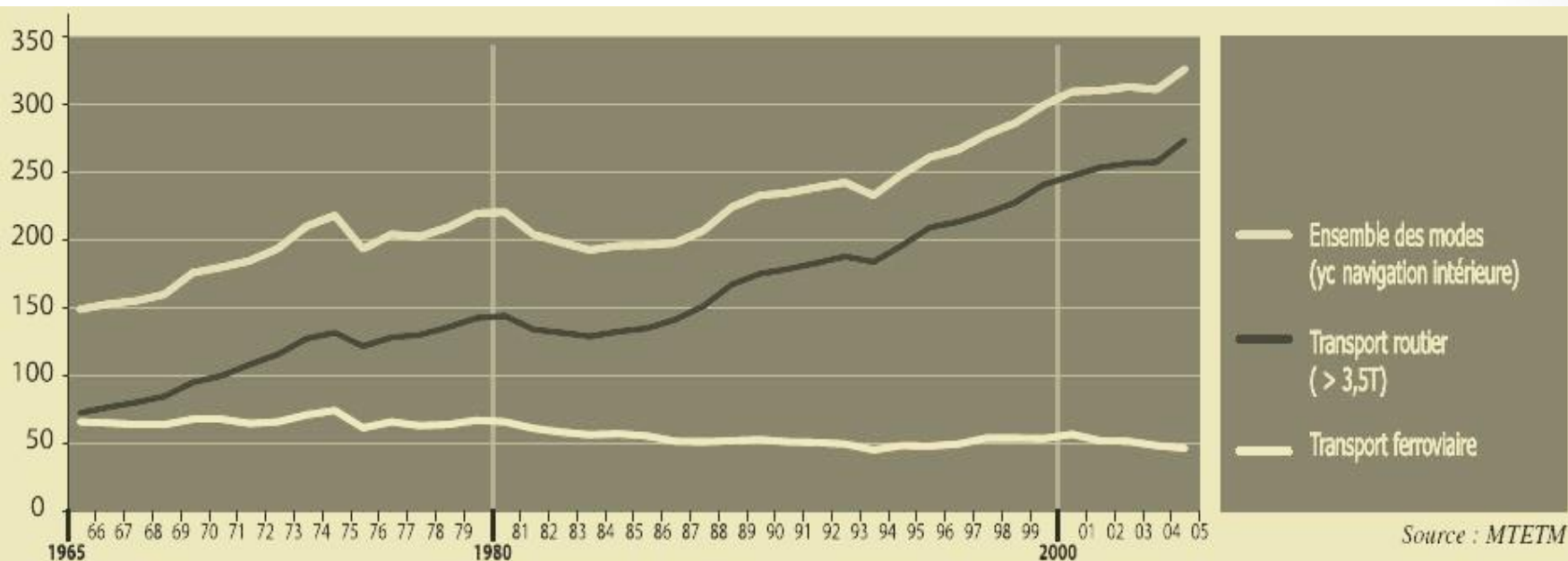
Source: Eurostat (online data codes: [rail_pa_typepkm](#) and [tps000001](#))

Eléments de métrologie (3/4)



Evolution du trafic de voyageurs en France
(en milliards de voyageurs-km)

Eléments de métrologie (4/4)



Evolution du trafic de marchandises en France
(en milliards de tonnes-km)

3. Les enjeux et les acteurs

Des enjeux classiques (1/2)

❑ Franchir l'espace : la fonction principale →

mobilité, accessibilité, connectivité, distribution, ...

❑ Minimiser le temps de parcours →

technologie, organisation des services, ...

❑ Faire face au problème énergétique →

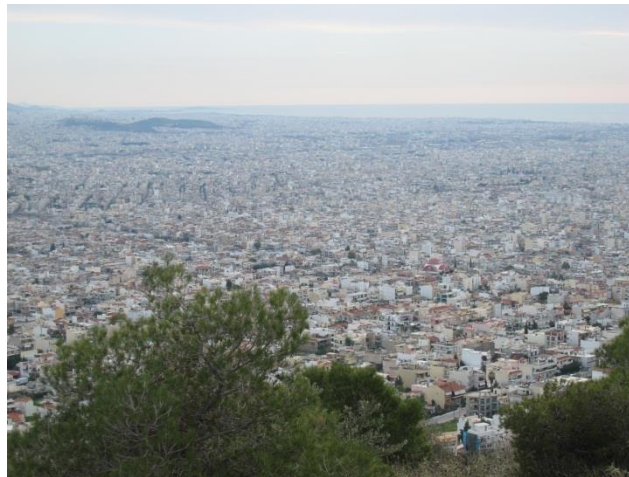
puissance des moteurs, énergies alternatives, ...

❑ Minimiser le coût total du transport →

automatisation, matériaux, mutualisation, ...

Des enjeux classiques (2/2)

- ❑ Urbanisation et étalement urbain → type et quantité de l'offre ?



- ❑ La congestion routière et les transports publics
- ❑ La croissance économique → quel impact sur les territoires ?

Des enjeux nouveaux

- ☐ **Le développement durable**
- ☐ **Les nouvelles mobilités**
- ☐ **La crise économique**
- ☐ **Le vieillissement de la population**
- ☐ **Le financement et la tarification optimale**
- ☐ **Les nouvelles technologies**
- ☐ **La sureté et la sécurité (cf. séance 4)**
- ☐ **La qualité de vie, la « viabilité » des villes**

Le développement durable (1/3)

□ Un état est dit « **durable** » si :

les composantes de l'écosystème et leurs fonctions sont préservées pour les générations présentes et futures

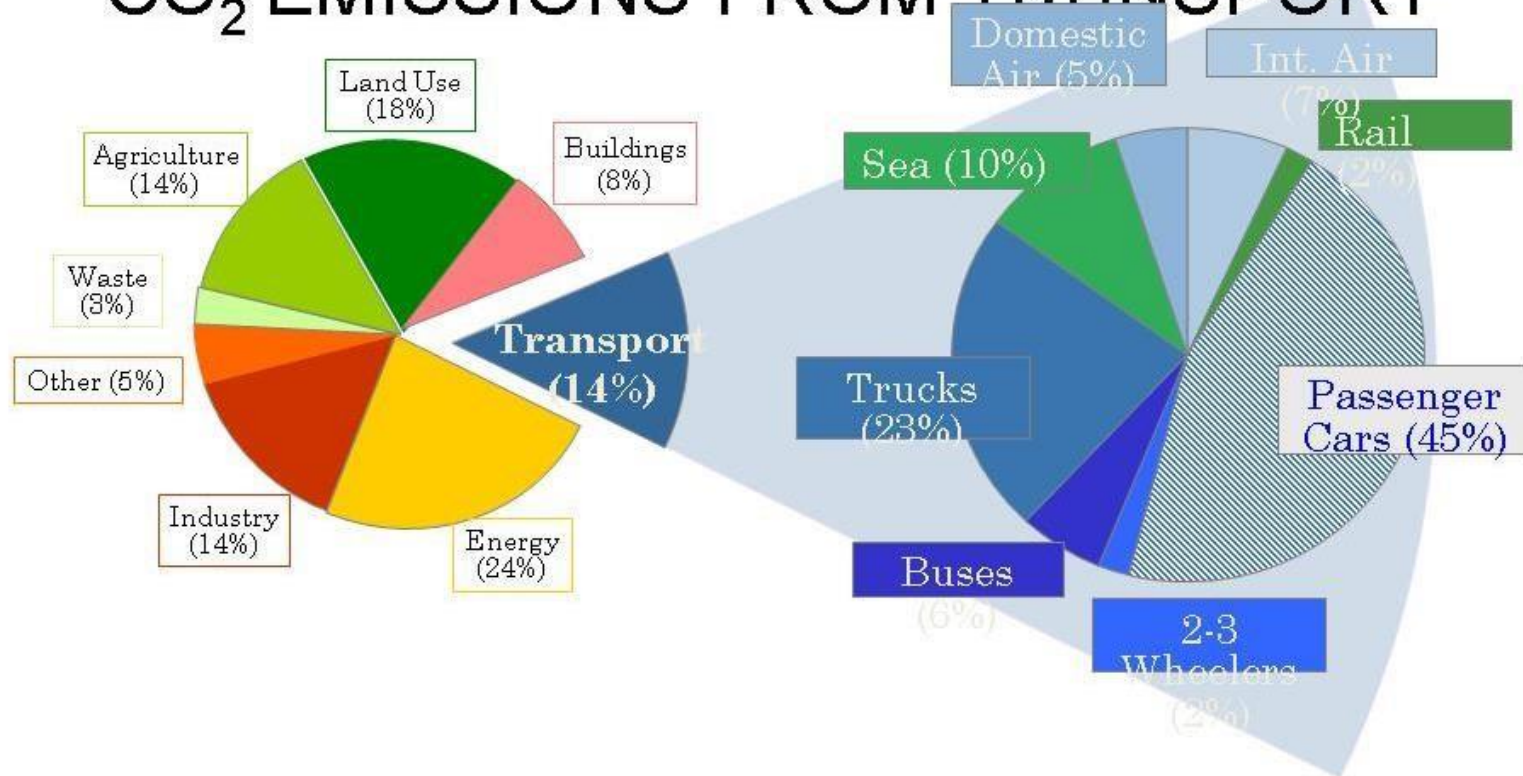
(AFNOR, 2012)



➡ Enjeu majeur pour le transport : l'impact environnemental

Le développement durable (2/3)

CO₂ EMISSIONS FROM TRANSPORT



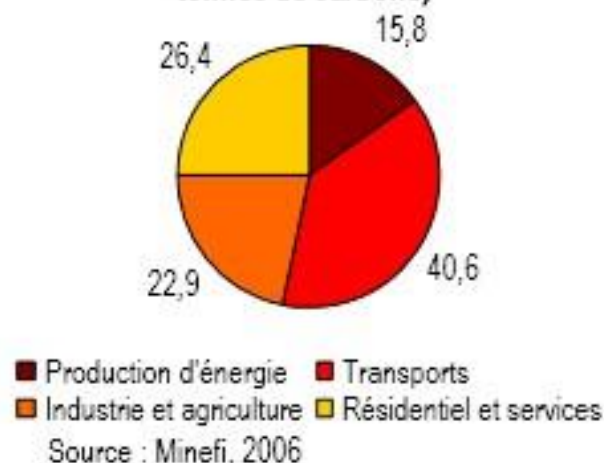
Source: Stern Review, auf Basisdaten von World Resources, Institute Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) on-line database version 3.0

Le développement durable (3/3)

❑ Il faut repenser les systèmes de transport :

- L'énergie utilisée
- La capacité des moteurs
- La quantité de transport
(dans le temps et l'espace)
- L'optimisation de l'utilisation des véhicules
- Les attitudes, les habitudes et la consommation

Répartition des émissions de CO2 dues à l'énergie par secteurs en France en 2005 (en millions de tonnes de carbone)



Les nouvelles mobilités (1/3)

❑ Quelques constats :

- La lutte contre le changement climatique
- La saturation des réseaux de transport (congestion)
- L'utilisation de plusieurs modes pour un seul déplacement
- La révolution numérique, la démocratisation de la technologie
- L'évolution des véhicules
- L'innovation dans les structures organisationnelles

Les nouvelles mobilités (2/3)

- ❑ *L'ensemble de nouveaux services de transports, d'information et de communication, capables d'apporter des solutions aux personnes et aux entreprises, pour leurs déplacements.*
- ❑ Elles concernent également les solutions capables d'améliorer aussi bien l'utilisation des infrastructures que les offres de transports existantes.
 - **Exemples :**
 - voitures libre-service, auto-partage, co-voiturage, vélos libre-service, taxis, navettes à la demande,...

Les nouvelles mobilités (3/3)

❑ Il faut repenser les systèmes de transport :

- Définir un nouveau business model
- Mettre le service au premier plan
- Penser usage plutôt que possession
- Mieux répartir l'espace en le partageant
- Etablir des protocoles pour le partage et la diffusion de l'information
- Adapter toutes les interfaces
- Anticiper pour les évolutions technologiques

La crise économique (1/3)

❑ Constat de départ :

- Une augmentation de l'activité économique, de la production industrielle et des relations commerciales entraîne inévitablement une augmentation des besoins en matière de transport. Une baisse des mêmes paramètres entraînera une baisse de la **demande** en termes de transport.

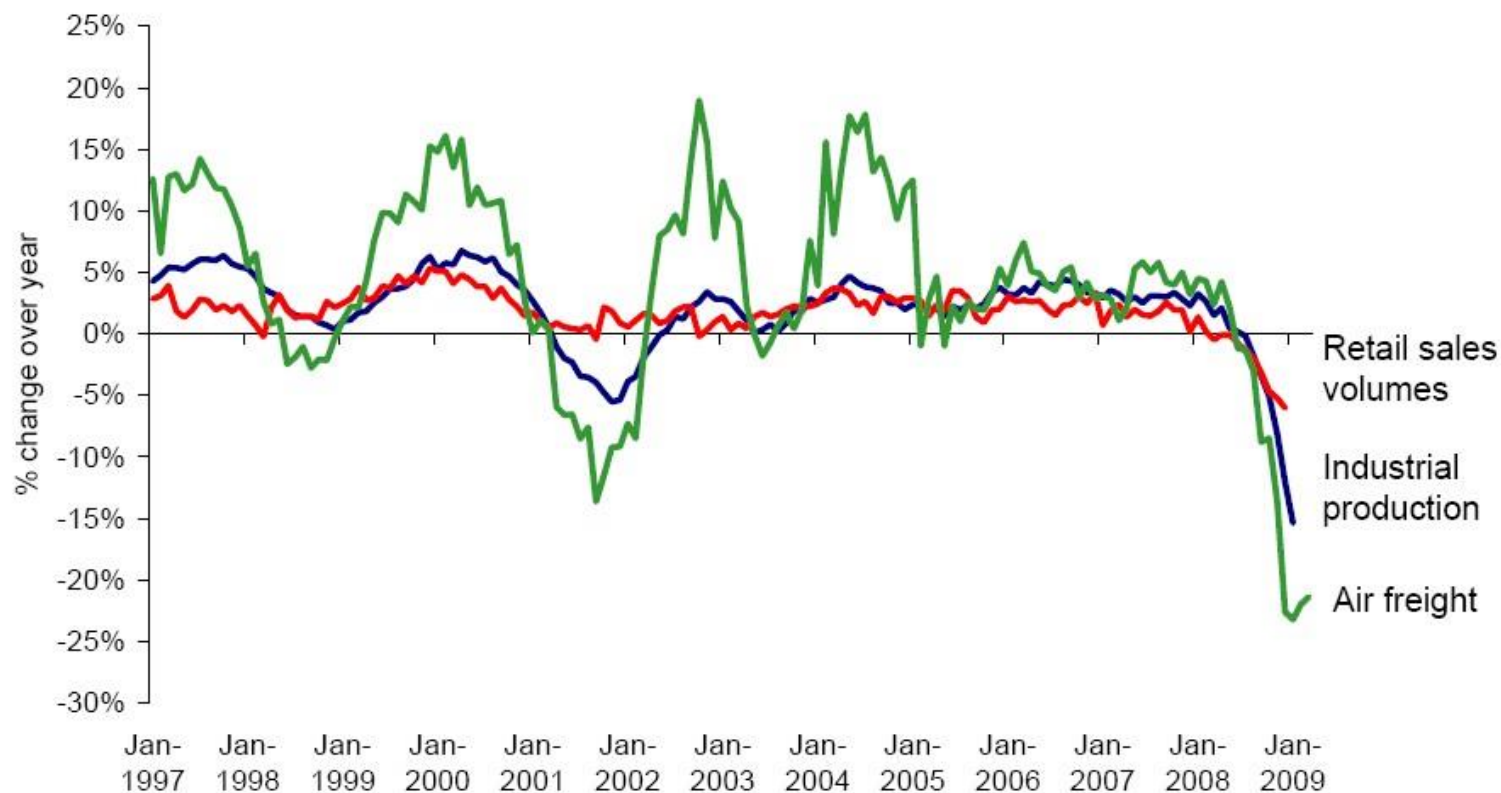
Blauwens et.al, 2008, p. 291

❑ Autres facteurs :

- Baisse des investissements privés et publics →
réduction de l'**offre** et de sa qualité
- Modification des flux, changements de stratégie, baisse des bénéfices

La crise économique (2/3)

Air freight and OECD industrial output and retail sales growth



Source: IATA, Haver

La crise économique (3/3)

❑ Il faut repenser les systèmes de transport :

- Le rôle du transport à la croissance
- L'utilité des infrastructures coûteuses et leur entretien
- La place des modes économes et doux
- La mutualisation des ressources (ex : auto-partage)
- L'impact sur la sécurité (ex : vieillissement du flot)
- La tarification
- L'actualisation des modèles de planification

Le vieillissement de la population (1/3)

❏ Facteurs :

- Qualité de vie (travail, nourriture, eau, ..)
- Services de santé (médecine, hôpitaux, ..)



allongement de l'espérance de vie

❏ Facteurs :

- La femme dans le marché d'emploi
- Prolongation de la période des études



faible fécondité

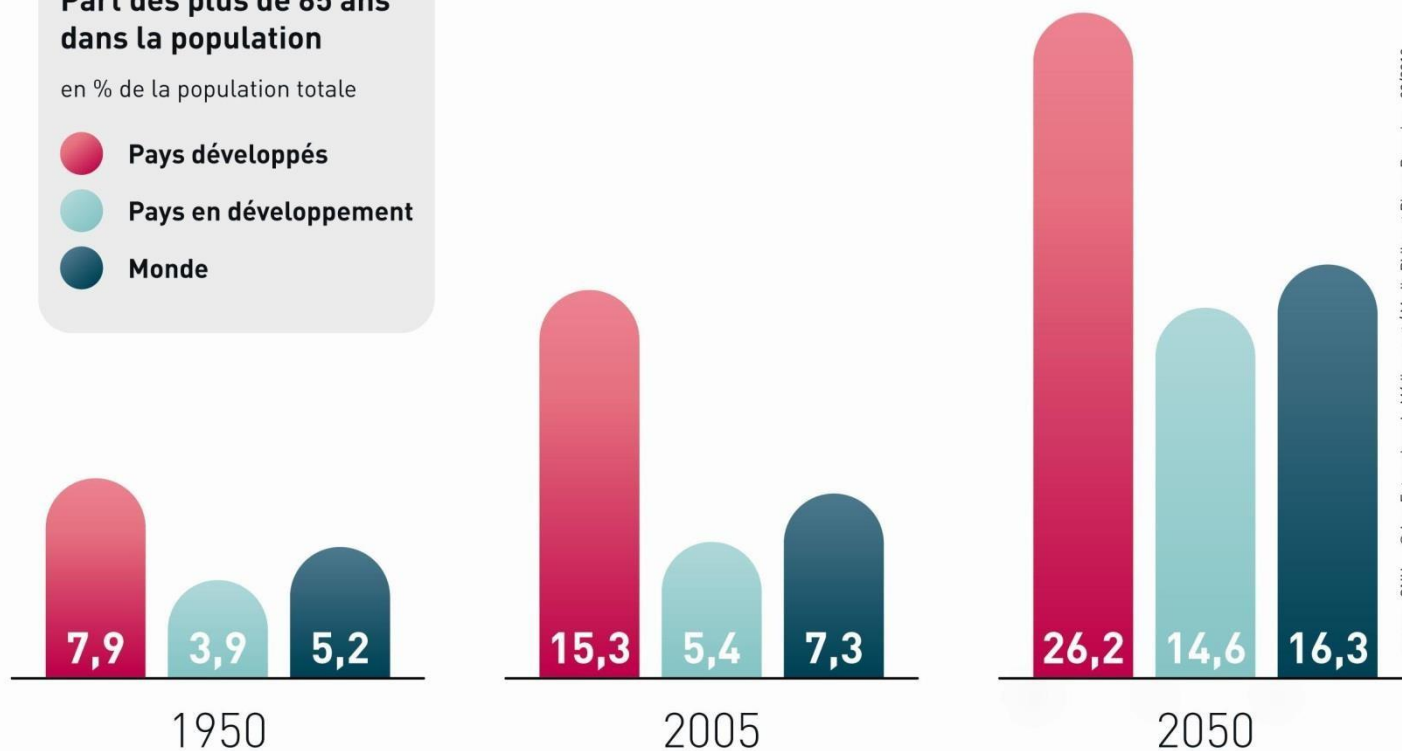
Le vieillissement de la population (2/3)

VIEILLISSEMENT DE LA POPULATION DANS LE MONDE

Part des plus de 65 ans dans la population

en % de la population totale

- Pays développés
- Pays en développement
- Monde



Le vieillissement de la population (3/3)

❑ Il faut repenser les systèmes de transport :

- Réglementation – code de la route
- Valeurs par défaut pour l'opération (ex : feux, vitesses VP)
- Principes de planification (ex : motif de déplacement, valeur de temps)
- Accessibilité aux transports publics (gares, véhicules, ..)
- Priorité (tarification, stationnement, ...)
- Les interfaces avec l'utilisateur (information, billettique, ...)

Les acteurs principaux (1/2)

■ Le planificateur

- Desservir les pôles de genèse/attraction de déplacements
- Assurer la cohérence avec les schémas directeurs d'aménagement et développement
- Choisir des investissements, élaborer les priorités

■ L'opérateur / exploitant

- Assurer le service (disponibilité et capacité), ainsi que la qualité de service
- Veiller à l'entretien et maintenance

Les acteurs principaux (2/2)

- **L'utilisateur individuel**

- Satisfaire les besoins de se déplacer (travail-domicile, ...)
- Temps de parcours acceptable, confort, sécurité, information,...

- **Les collectivités locales – la société**

- L'environnement et le développement durable

- **L'Etat et les organismes internationaux**

- Assurer la connectivité, l'équité
- Evaluer, réguler, arbitrer, ...

Acteurs – l'exemple du ferroviaire (1/4)

❑ Structuration du réseau :

- L'**Etat** définit les orientations générales du réseau, décide des grandes opérations d'aménagement, participe au financement des projets et de la rénovation du réseau,...
- Les **Régions** sont devenues autorités organisatrices des transports régionaux depuis le 1er janvier 2002. Elles interviennent largement dans la définition des politiques de transport et le financement du développement du réseau, dans le cadre notamment des contrats de projets Etat – Régions (CPER)

Acteurs – l'exemple du ferroviaire (2/4)

❑ Gestion et exploitation du réseau :

- Le **Réseau Ferré de France** est propriétaire et gestionnaire du réseau ferré national, il définit les objectifs applicables en matière de gestion du trafic, de fonctionnement et d'entretien du réseau. Son activité commerciale principale consiste dans la vente des sillons
- La **Direction de la circulation ferroviaire** (DCF) est chargée d'assurer pour le compte de RFF les missions de gestion du trafic et des circulations. Cette entité indépendante au sein de la SNCF est garante d'un accès équitable au réseau.

Acteurs – l'exemple du ferroviaire (3/4)

- Les **entreprises ferroviaires** (19) sont chargées d'assurer le transport des voyageurs et des marchandises. Elles paient à RFF des péages pour faire circuler leurs trains.

❑ **Maintenance et développement du réseau :**

- Entreprises mandataires pour l'aménagement et le développement du réseau, la construction de lignes, ...
- Les activités de maintenance et renouvellement sur le réseau existant sont assurées, selon la loi, par SNCF Infra !

Acteurs – l'exemple du ferroviaire (4/4)

❑ Sécurité, développement durable et libre accès au réseau :

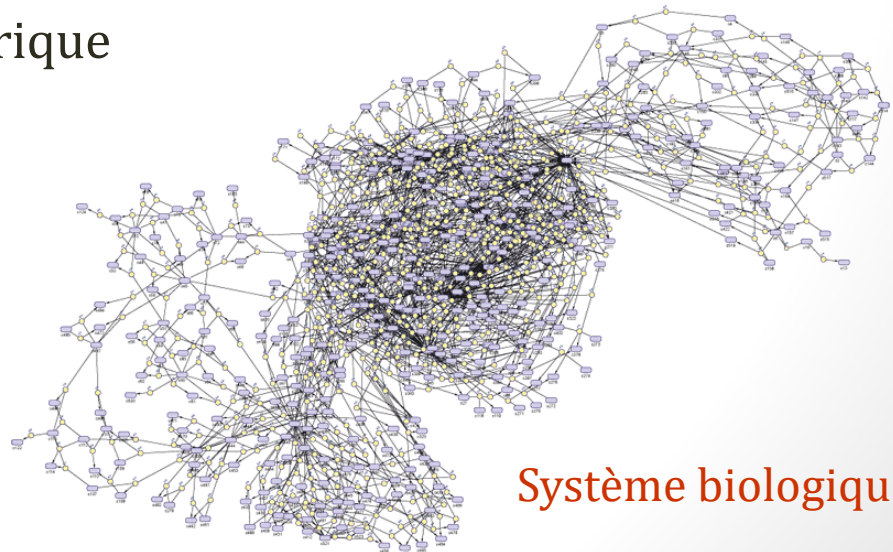
- L'Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF)
- L'autorité environnementale
- L'autorité de Régulation des Activités Ferroviaires (ARAF)
- L'autorité de la qualité de service dans les transports
- Les acteurs européens (Commission, Parlement, Agence Ferroviaire)
- Les gestionnaires d'infrastructures européens (ou EIM : European Infrastructure Managers)

4. L'approche systémique

L'analyse systémique (1/3)

❏ Définitions (F. Leurent) :

- Science de la composition et du fonctionnement des systèmes
- Inclut la description, l'interprétation et l'explication des causalités
- Démarche analytique par abstraction, faisant référence à des formes abstraites à portée générique



Système biologique

Y. Valero



L'analyse systémique (3/3)

- ❑ **Le système** : un ensemble d'éléments en interaction
- ❑ **Finalité** du système : son but d'ensemble
- ❑ **Fonction** : un service rendu par un élément-serveur à un élément-client
- ❑ **Frontière** : la délimitation entre l'intérieur (le système) et l'extérieur, appelé « environnement »
- ❑ **Le sous-système** : Sous-ensemble présentant une certaine cohérence dans sa composition et dans ses interactions internes, une certaine autonomie dans ses interactions avec le reste du système, le tout de manière permanente

Les systèmes de transport (1/4)

❏ Le système de transport :

- *Un système coordonné composé par des infrastructures, des véhicules, des services et des protocoles d'opération qui fonctionne dans l'objectif des déplacements de personnes et de biens.*
- Il permet la réalisation efficace de ces déplacements en surmontant la **friction** imposée par l'espace géographique.
- La fonction du transport est coproduite par les composants du système de transport et leur interaction

Les systèmes de transport (2/4)

❑ Composantes / Sous – Systèmes :

- Infrastructures
- Véhicules / matériel roulant
- Marchandises / voyageurs
- Informations
- Protocoles d'opération
- Services et personnel

❑ Interfaces internes :

Des liens critiques en termes de capacité etc. (cf. park relais)



Confrontation continue entre l'offre et la demande



Les systèmes de transport (4/4)

❑ Quelques interfaces externes :

- Infrastructures d'autres systèmes (interface technique)
- Territoire, environnement naturel et bâti
- Le foncier
- Réglementation et politique publique
- Supply chains
- Systèmes informatiques et internet
- Météo, activité sismique, ...

Les fonctions du système de transport

1. Innovation / Conception
2. Planification
3. Mise à disposition
4. Exploitation
5. Commercialisation
6. Maintenance / Entretien
7. Evaluation / Amélioration

La défaillance



Des avantages multiples

- Prise en compte des interactions entre les sous-systèmes
- Prise en compte des interactions avec l'environnement
- Prise en compte des **phénomènes migratoires**
- Approche intégrative de la conception à l'évaluation
- Modélisation réaliste par le croisement des sources
- Optimisation globale du système urbain
- Maximisation de compatibilité, utilisation synergétique
- Anticipation des **effets « collatéraux »**

Un choix ou une nécessité ?

- ❑ La globalisation et l'intégration des marchés se complètent
- ❑ Le rythme des évolutions accélère
- ❑ Le niveau de complexité augmente surtout dans le milieu urbain
- ❑ Des systèmes diverses s'interconnectent par les TIC
- ❑ La portée des problèmes à traiter s'élargit (échelle sémantique et géographique)
- ❑ Les effets migratoires se multiplient

5. Le rôle de l'ingénieur

Le champ du cours

- ❑ Approche transversale aux modes
- ❑ Approche verticale aux fonctions
- ❑ En prenant en compte les grands enjeux
- ❑ En prenant en compte les interactions entre acteurs



Pour arriver à une approche systémique au transport

L'ingénieur

- Vue d'ensemble, compréhension globale des enjeux
- Connaissances interdisciplinaires
- Maîtrise des outils de l'analyse systémique (modélisation, simulation, analyses de sensibilité)
- Compétences en gestion et suivi global

 **Informatique : rôle i n t é g r a t e u r**

Merci
