

Collège de France
Chaire de théorie économique et organisation sociale
Roger GUESNERIE, Professeur
Cours 2008-2009

17 décembre 2008
16h30-17h30

**Le calcul économique
et les infrastructures de transport**

Joël MAURICE
Professeur honoraire à l'ENPC

Introduction

- Aide à la décision : convient-il ou non de réaliser une infrastructure de transport ?
 - du point de vue collectif (« bénéfice socio-économique »)
 - du point de vue financier (« valeur actualisée nette »)

- **Un peu d'histoire**

- **Jules DUPUIT :**

- 1844 « De la mesure de l'utilité des travaux publics »

- 1849 « De l'influence des péages sur l'utilité des voies de communication »

- **Analyse coûts-avantages**, appliquée aux transports, mais à bien d'autres secteurs

- France : P. Massé, J. Lesourne, E. Malinvaud, R. Guesnerie, C. Abraham, E. Quinet, A. Bernard, B. Walliser, M. Boiteux (1994)

- Le sujet reste d'actualité et a été ponctué par une série de rapports récents sur lesquels je reviendrai

- Mais il fait débat : rôle réel du calcul économique ? pertinence ?

Partie A : principes du calcul économique

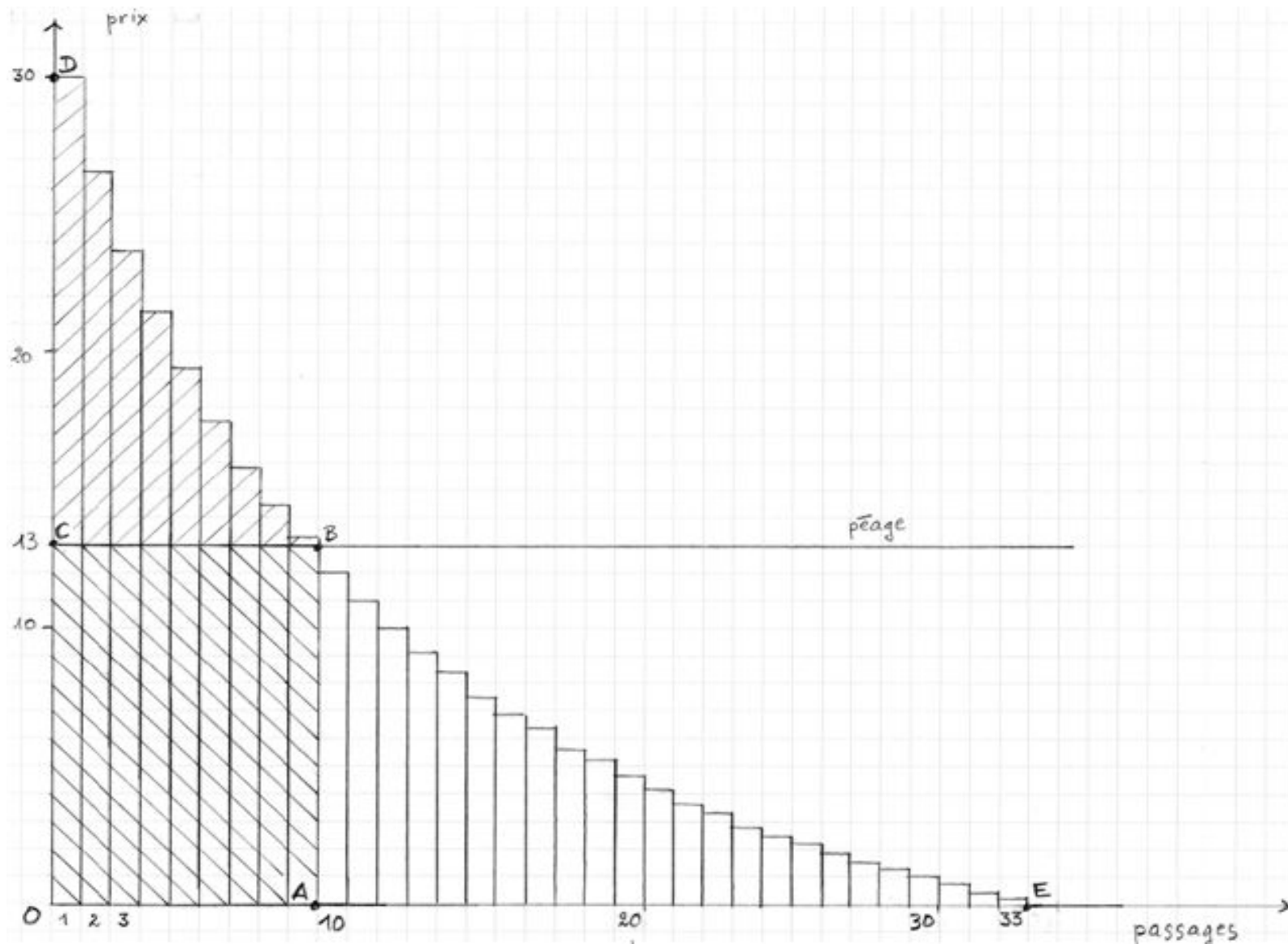
Partie B : instruction-cadre en vigueur

Partie C : situation et débats

Partie A

Principes du calcul économique

- **Jules DUPUIT** (cas d'un pont)
 - Pour un **usager individuel** :
L'utilité brute : prix **maximum** qu'il consentirait à payer
L'utilité nette : utilité brute moins prix effectivement payé
 - **Pour l'ensemble des usagers** :
Courbe de demande (décroissante)
Surplus des usagers : somme des utilités nettes
 - Pour la **puissance publique ou l'exploitant**
Surplus net = recettes du péage moins coût annuel du pont
- Hypothèses sous-jacentes :**
- forme de la fonction d'utilité particulière (séparable semi linéaire);
 - distribution optimale des revenus.



Partie A : principes du calcul économique

- **Externalités**

En dehors de l'utilisateur et de l'exploitant (public ou privé), le transport exerce des effets sur des agents « extérieurs » : le surplus général doit tenir compte de ces effets externes.

Rapport **Boiteux 2** (2001) : Choix des investissements et coût des nuisances » :

Exemples :

- congestion
- morts ou blessés évités
- bruit, pollution atmosphérique locale, gaz à effet de serre

Partie A : principes du calcul économique

- **Actualisation : théorie des choix intertemporels.**

- Une personne donnée arbitre entre consommation actuelle et consommation future :

1 euro d'aujourd'hui s'échange contre $(1+r)$ euros dans 1 an

1 euro dans 1 an s'échange contre $1/(1+r)$ euros d'aujourd'hui

- Rapport **Lebègue** (2005) : « Le prix du temps et la décision publique » : **r** ramené de 8% à **4% par an** (hors inflation)

$$r = \delta + \gamma \cdot \mu$$

δ taux de préférence pure pour le présent

γ coefficient d'aversion pour le risque

μ taux d'accroissement annuel du PIB

Partie B

Instruction cadre des 24 mars 2004 et 27 mai 2005

Horizon temporel : 30 ans

Choix d'un scénario de référence (« sans projet »)

Scénario « avec projet »

Coûts et avantages : écarts par rapports à la situation de référence

Décomposition du surplus entre les agents :
gagnants et perdants

Analyse des risques

Partie B : Instruction cadre des 24 mars 2004 et 27 mai 2005

➤ Bénéfice socio-économique pour la collectivité

$$B = -(I - I_{\text{éludés}}) + \sum_{t=1}^T \frac{a_{(t_0+t)}}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{\Delta I_{(t_0+t)}}{(1+r)^t} + \frac{R}{(1+r)^T}$$

En euros constants, hors toutes taxes et subventions.

Critère : on fait le projet si et seulement si $B \geq 0$

Remarque : il faut optimiser le projet (dimensions, date de réalisation)

Partie B : Instruction cadre des 24 mars 2004 et 27 mai 2005

✓ Valeur du temps

→ Voyageurs interurbains

Par voyageur et par heure, en euros 2000

Mode	Pour des distances inférieures à :		Pour les distances d comprises entre 50 km ou 150 km et 400 km	Stabilisation pour les distances supérieures à 400 km
	50 km	150 km		
Route	8,94 €	-	$50 \text{ km} < d \text{ VdT} = 0,016xd + 8,1 \text{ €}$	14,5 €
Fer 2° Cl.	-	11,3 €	$150 \text{ km} < d \text{ VdT} = 0,0067xd + 10,3 \text{ €}$	13 €
Fer 1° Cl.	-	28,9 €	$150 \text{ km} < d \text{ VdT} = 0,021xd + 25,7 \text{ €}$	34,1 €
Aérien	-	-	48,2 €	48,2 €

Partie B : Instruction cadre des 24 mars 2004 et 27 mai 2005

→ Voyageurs urbains

Par voyageur et par heure, en euros 2000

Mode de déplacement	France entière hors Île-de-France (euros/h)	Île-de-France (euros /h)
Déplacement professionnel	11,1 €	13,7 €
Déplacement domicile -travail	10,0 €	12,2 €
Autres déplacements (achat, loisir, tourisme, etc.)	5,5 €	6,7 €
Valeur moyenne pour tous les déplacements (lorsqu'on ne dispose pas du détail des trafics par motifs)	7,6 €	9,3 €

Partie B : Instruction cadre des 24 mars 2004 et 27 mai 2005

→ Valeur de la vie humaine

1,5 M€2000 en transports collectifs

1,0 M€2000 en projet routier

→ Bruit : perte de valeur locative en fonction du bruit (DB(A)) de jour en façade

→ Pollution urbaine : en €/ véh.km, en distinguant le type de véhicule (VP, VL, bus ou car, train) et le milieu (urbain dense, urbain diffus, rase campagne)

Partie B : Instruction cadre des 24 mars 2004 et 27 mai 2005

→ Effet de serre

Rapport A. Quinet (2008) : valeur tutélaire du carbone

Valeur socioéconomique -« tutélaire » - d'une tonne de CO₂
(en euros 2010)

	2010	2020	2030	2050
Valeur recommandée	32	56	100	200 (150-350)
Valeur tutélaire actuelle (Valeur « Boiteux »)	32 ⁽¹⁾	43	58	104

(1) Le rapport Boiteux donnait une valeur de la tonne de CO₂ de 27€ en 2000, correspondant après prise en compte de l'inflation à une valeur de 32€ en euros 2010

Nota :

1 baril de pétrole correspond à l'émission de 0,42 tCO₂ donc **100 €/tCO₂ = 42 €/b = 56 \$/b**

1 litre essence émet 2,4 kgCO₂ donc **100 €/tCO₂ = 0,24€/l essence**

1 litre de gazole émet 2,8 kgCO₂, donc **100 €/tCO₂ = 0,28 €/l gazole**

Partie B : Instruction cadre des 24 mars 2004 et 27 mai 2005

➤ Valeur actualisée nette : rentabilité financière

$$VAN = - \left(I^f - I_{\text{éludés}}^f \right) + \sum_{t=1}^{T_f} \frac{\Delta EBE_{(t_0+t)}}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^{T_f} \frac{\Delta I_{(t_0+t)}^f}{(1+i)^t} + \frac{R^f}{(1+i)^{T_f}}$$

En euros courants et TTC

Critère : le projet est rentable si et seulement si $VAN \geq 0$

Partie C

Situation et débats

- **La place réelle du calcul économique**
 - 2003 : l'écart entre l'audit des grands projets (février) et le CIADT (décembre)
 - Le débat public
 - L'acceptabilité sociale : gagnants et perdants
 - paiement par l'utilisateur ou le contribuable ?
 - effets selon les classes sociales
 - effets selon les territoires (accessibilité)
- « Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport »
(Economica, octobre 2007)

Partie C : situation et débats

• Les critiques

➤ Les erreurs de prévision

Source : **Flyvberg** « Policy and planning for large infrastructure projects : problems, causes, cures » (2007)

Table 1. Inaccuracy of transportation-project cost estimates by type of project, in constant prices.

Type of project	Number of cases (<i>N</i>)	Average cost overrun (%)	Standard deviation
Rail	58	44.7	38.4
Bridges and tunnels	33	33.8	62.4
Road	167	20.4	29.9

Table 2. Inaccuracy in forecasts of rail passenger and road-vehicle traffic.

Type of project	Number of cases (<i>N</i>)	Average inaccuracy (%)	Standard deviation
Rail	25	-51.4	28.1
Road	183	9.5	44.3

Partie C : situation et débats

➤ **Erreurs de prévision de la demande :**

- Spécification du modèle de trafic
(génération, distribution, choix modal, itinéraire, horaire)
- Connaissance des données de l'année de base
- Prévision des variables exogènes futures :

Exemple : croissance mondiale, prix de l'énergie

- Comportement des acteurs

Partie C : situation et débats

➤ La valorisation du temps gagné surclasse tous les autres effets.

Exemple bénéfique socio-économique de la LGV Méditerranée :

**Bilan actualisé à 8%
sur 20 ans d'exploitation
En millions d'euros 2003**

Coûts d'investissement (avec subventions publiques)	-5058	
Excédent brut d'exploitation (opérateur intégré)	2312	
Autres sociétés de transport	-182	
Surplus voyageurs LGV	2796	
Etat et collectivités (taxe, compensation tarifs sociaux)	-75	Total partiel : - 207
Externalités		
. Insécurité	75	
. Pollution	25	
. Effet de serre	154	
. Congestion	nd	Total partiel : 254
Total bilan	47	

Partie C : situation et débats

➤ **Impact sur la localisation des agents économiques**

- Prise en compte des effets d'agglomération

Travaux de Venables (2004, 2007) sur la ville monocentrique :
baisse du coût de transport, accroissement de l'agglomération,
augmentation de la productivité du travail

- Effets « localisation endogène »

Modèles « land use »

➤ **Du projet aux programmes**

- **Contraintes budgétaires :**

Utilisation d'un **coût de rareté des fonds publics**

Nota : situation de crise.

- **Un programme** peut-il être considéré comme « **petit** »
par rapport au PIB ?

En guise de conclusion

Analyse coûts avantages

OU

analyse multicritères ?

- **Méthode Electre** (B. ROY, « LAMSADE ») : classement
- **Royaume Uni** : *New Approach to Appraisal (NATA)*. Critères :
 - monétaires, ex : surplus du consommateur, des pouvoirs publics
 - quantitatifs, ex : population exposée au bruit, émissions de CO₂
 - qualitatifs (échelle 1 à 7), ex : biodiversité, paysages, eau, « land use »

Pas de pondération *a priori*.

Problème : cohérence, transparence, efficacité, équité ?

Annexe

Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport (2007) Economica,

**De la modélisation des comportements au calcul économique :
équité des politiques de transport**

Charles Raux et alii

Extraits

Annexe

T_j^i flux des déplacements de la zone i vers la zone j

- **Modèle gravitaire**

$$T_j^i = k^i \cdot O^i \cdot k_j \cdot D_j \cdot f(c_j^i) \text{ avec :}$$

$$k^i = \frac{1}{\sum_j k_j \cdot D_j \cdot f(c_j^i)} \text{ et } k_j = \frac{1}{\sum_i k^i \cdot O^i \cdot f(c_j^i)}$$

$$f(c_j^i) = e^{-\beta \cdot c_j^i}$$

$$\text{Accessibilité : } A^i = \sum_j D_j \cdot e^{-\beta \cdot c_j^i}$$

$$\Delta S^i = - \sum_j \int_{c_j^i(1)}^{c_j^i(2)} T_j^i \cdot dc_j^i$$

$$\Leftrightarrow \Delta S^i = \frac{O^i}{\beta} \cdot \ln \frac{\sum_j D_j \cdot e^{-\beta \cdot c_j^i(2)}}{\sum_j D_j \cdot e^{-\beta \cdot c_j^i(1)}}$$

$$\Leftrightarrow \Delta S^i = \frac{O^i}{\beta} \cdot [\ln A^i(2) - \ln A^i(1)]$$

Annexe

- **Modèle de choix discret à utilité aléatoire**

$$U_j^i = u_j^i + \varepsilon_j^i$$

Modèle **logit multinomial**

Probabilité que l'individu i choisisse la destination j :
$$\Pr_j^i = \frac{e^{\frac{u_j^i}{\mu}}}{\sum_k e^{\frac{u_k^i}{\mu}}}$$

Accessibilité = espérance du maximum des utilités :
$$A^i = \mu \cdot \ln \sum_j e^{\frac{u_j^i}{\mu}}$$

Annexe

- **Modèle de Koenig –Poulit**

$$Pr_j^i = \frac{D_j \cdot e^{-\frac{c_j}{\mu}}}{\sum_k D_k \cdot e^{-\frac{c_k}{\mu}}}$$

Modèle logit dans lequel $u_j^i = \mu \cdot \ln D_j - c_j^i$