

Modélisation de la demande de transport

4C

Sur le choix du mode

Fabien Leurent
ENPC / LVMT

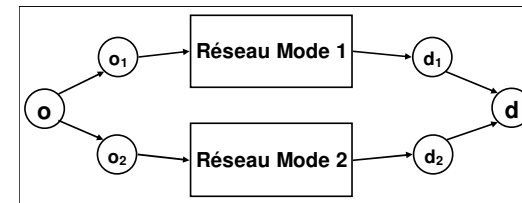
Plan

- Introduction
 - Définitions
 - Choix et réseaux
- Choix modal à structure simple
- Intégration des réseaux modaux
 - État de la pratique
- Réseau plurimodal
 - État de la recherche

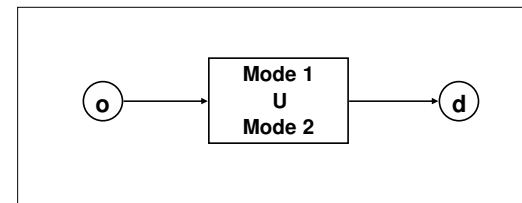
Définitions

- Multimodalité
 - Combinaison des modes en parallèle
- Intermodalité
 - Combinaison des modes en série
- Plurimodalité
 - ensemble des relations entre les modes de transport
 - interactions fortes : partages de ressources, relations de serveur à client
 - interactions faibles par communication d'unités de flux : multimodalité, intermodalité
- Mutualisation
 - Mise en commun de ressources en vue d'une optimisation sur l'ensemble pour un certain acteur

Choix et réseaux



Choix modal à structure simple



Intégration des modes, moyens complexes

Choix modal simple

- Résultats
 - Par classe u , par motif
 - Par relation O-D i : volume Q_{uim} par mode m
- Inputs
 - Par classe u , le paramètre Θ_u
 - Par O-D i : le volume plurimodal Q_{ui}
 - *L'identification des options modales*
 - Par mode m , les composantes X_{uimk}

Principe

- Formules de proportion modale
 - Les proportions π_{umi} appelées aussi « parts de marché »
- Volume modal $Q_{uim} = Q_{ui} \cdot \pi_{umi}$
- Place du coût généralisé
 - Constitue-t-il une étape dans la formulation des parts modales ?
- *Sur les modèles de demande directe*
 - *Un modèle direct consiste à modéliser Q_{uim} directement, sans passer par le volume total Q_{ui}*
 - *Dans ce cas là, la question de la répartition modale reste importante : il convient d'examiner le volume total (obtenu comme la somme des volumes modaux), et les parts de marché Q_{uim} / Q_{ui}*

Techniques, 1/2

- Abaque pour un choix binaire
 - Méthode = par segment de demande et relation origine-destination, appliquer des proportions forfaitaires en fonction d'un caractère pour chacun des deux modes
 - Abaque = un tableau contenant dans chaque case, la proportion du mode 1, pour une condition sur chaque mode
 - Condition en ligne : des tranches de CG pour le mode 1
 - Condition en colonne : des tranches de CG pour le mode 2
- Les proportions sont observées par des enquêtes, ou obtenues d'après d'autres modèles

Techniques, 2/2

- Formules de proportion
- Forme quotient : fonctions J_m telles que
$$\pi_{mi}(u) = \frac{J_m(\Theta_u, X_i, Y_u)}{\sum_r J_r(\Theta_u, X_i, Y_u)}$$
- Forme distribution : Cf distribution des APT dans le modèle prix-temps
- Interprétation micro-économique et estimation statistique : Cf choix discret
- *Quels facteurs d'offre et de demande, parmi les variables explicatives X ?*

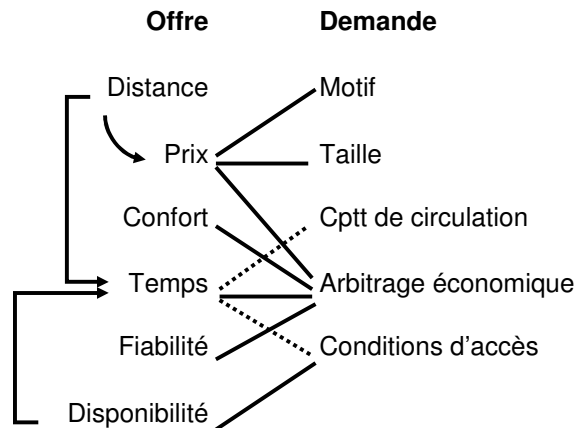
Facteurs d'offre

- Prix, temps, distance
- Confort : type de temps par position ; transitions, ruptures
- Fiabilité : de manière statistique
 - Dispersion du temps
 - Fréquence des retards > seuil
- Disponibilité
 - En temps : fréquences
 - En espace : positions des stations et densité

Facteurs de demande

Voyageurs	Fret	Modèle
Motif d'activité	Nature du produit, type de chargement	Segment par motif
Taille de groupe	Masse de chargement	Segment de taille
Comportement de circulation	Cptt circulation	Segment de cptt de circulation
Arbitrage économique	Arbitrage éco	Segment d'arbitrage économique
Conditions d'accès, besoins spéciaux	Matières dangereuses, flux tendus	Segments d'accès aux services

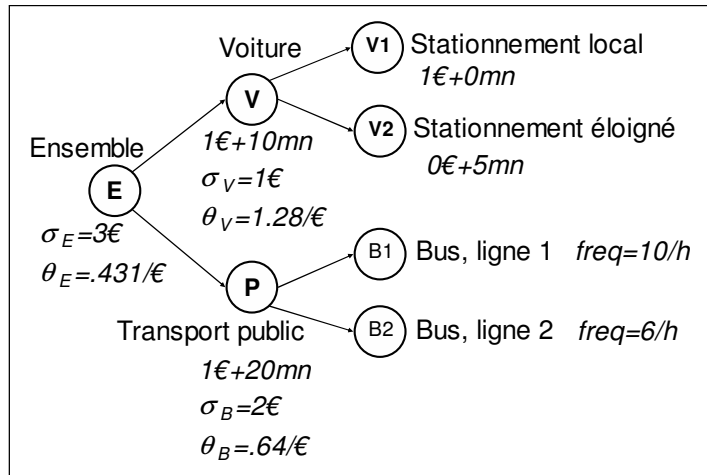
Correspondance Offre-Demande



Correspondance offre-demande

- Méthode
 - Structuration des choix
 - La segmentation
 - Par segment : le coût généralisé
 - Cas du modèle logit binaire
 - Par segment u , coefficient Θ_u dont constantes modales
 - Utilité $U_{mi}(u) = \Theta_u \cdot X_{mi} + \varepsilon_{umi}$
- (les paramètres de ε peuvent dépendre de u)

Influence du stationnement



Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Parts modales

- APT = 10 €/h
- Nœud V (voiture)
 - $G(V1) = 1$; $G(V2) = .83$
 - $U(V) = -.37$; $V1 = 45\%$ et $V2 = 55\%$
- Nœud B (transport public)
 - $G(B1) = 1$; $G(B2) = 1.67$
 - $U(B) = -.22$; $B1 = 60\%$ et $B2 = 40\%$
- Nœud E (ensemble)
 - $G(V) = 3.04$; $G(B) = 4.55$
 - $U(E) = -2.05$; $V = 66\%$ et $B = 34\%$

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Etat de la pratique

- Sujets examinés
 - Structuration
 - Segmentation
 - Réunion des réseaux modaux
- ... en considérant
 - L'état des études
 - La capacité des logiciels

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Structuration des choix

- Etat des études
 - En majorité, un seul étage
 - Nested logit : 2 étages pour Voyageurs, 3 pour Fret
- Capacité des logiciels
 - Tous logiciels : structures à 1 ou plusieurs étages
 - Raffinements très faciles dans certains logiciels : Trips/Cube, Omnitrans
 - Raffinements à programmer par l'utilisateur à l'aide d'un langage macro (« scripts ») : TransCad, Visem-Visum, Emme/2

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Sur la segmentation

- Etat des études
 - Majorité : une à trois classes
 - Parfois, jusqu'à une vingtaine de classes
- Capacité des logiciels
 - Toutes possibilités dans tous logiciels
 - En particulier, spécification des conditions d'accès

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Réunion des réseaux modaux

- Enjeu = constitution d'un super-réseau intégré, représentation des correspondances
- Etat des études (voyageurs et fret)
 - Qq applications à la limite de la recherche
- Capacité des logiciels
 - Conditions de transfert : pénalités temporelles, aspect tarifaire
 - Pénalisation des correspondances : ex. Polydrom (tous trafics), Nodus (Fret), CUBE / Cargo, TransCad...
 - Limitation des ruptures : avec Emme/2 au plus une rupture entre VP et TC, TransCad...

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Exemple de réunion des réseaux modaux

- Modélisation RATP des déplacements urbains de voyageurs
 - Logiciel maison pour codage fin des correspondances
 - Mais il reste à étudier systématiquement les effets sur les itinéraires, les cheminements
 - Tentative d'adaptation de TRIPS-CUBE : abandon après trois ans...
 - Depuis 2005 : coopération avec le LVMT

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Réseau plurimodal

Intégrer les modes dans un super-réseau

- Intermodalité
 - Coder les conditions de correspondance
 - Coder le comportement de correspondance : local et global (restriction du nb de ruptures de charge ?)
- Multimodalité
 - Répartir localement le volume entre les services en //
 - Pertinence économique des services au niveau global ?

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

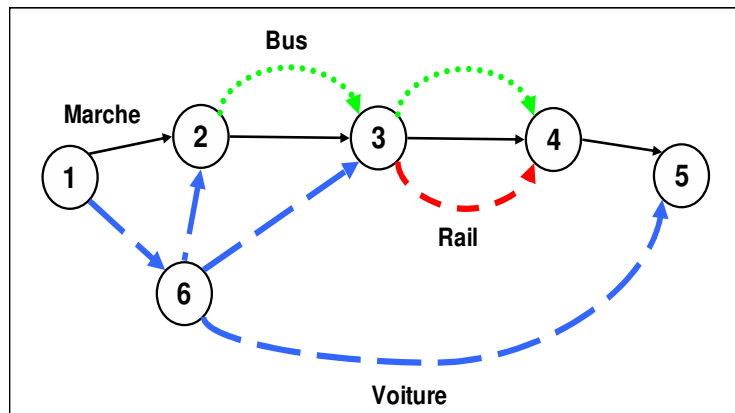
Modèle à mutualisation

- Mutualisation locale
 - Si l'utilisateur peut / veut exploiter au mieux les moyens offerts en un nœud
 - Rôle des conditions instantanées, de l'information dynamique : Cf fréquences combinées en TC
 - Également : disponibilité des modes
- Structure topologique : cheminement en chaîne ou en treillis (hyperchemin, stratégie)
- Algorithme à la Dijkstra
 - Conditions tarifaires : avec les linoïdes

Mutualisation en TC urbain de voyageurs

Attribut \ Mode	Marche	Voiture	TC
Durée parcours v_a	Temps	Temps+ P/α	Temps+ P/α
Disponibilité ρ_a	1	1 ou partiel	$f_a s_a$ séjour
Fréquence f_a	Infini	Infini	f_a
Irrégularité $\beta = \varpi_a$	0	0	De 0 à 1
Attente si présent w_{a1}	0	0	$s_a/2$
Attente si absent w_{a0}	0	0	$s_a + \beta / f_a$
Temps moyen	v_a	V_a	$v_a + \rho_a w_{a1} + (1 - \rho_a) w_{a0}$

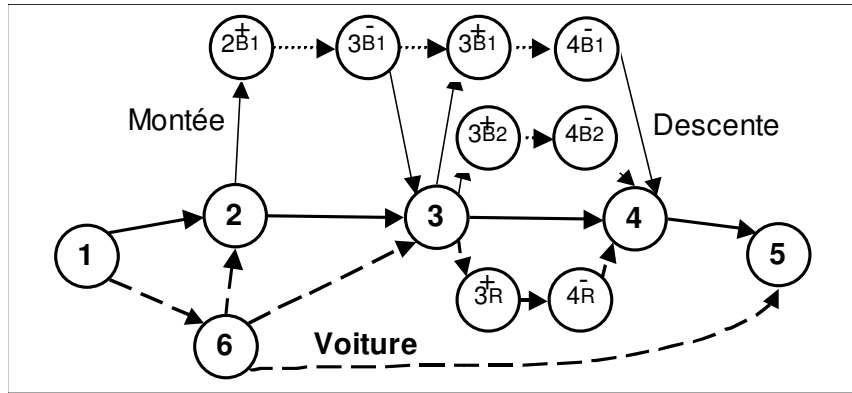
Exemple



Description des moyens

Arc, Mode	Longueur	v_a	f_a (/h)	ϖ_a	ρ_a	s_a	w_{a1}	w_{a0}
(1,2) M	0.3	3.6	—	0	1	0	0	0
(1,6) V	0.01	.12	—	0	.6	0	0	0
(2,3) M	0.4	4.8	—	0	1	0	0	0
(2,3) B	0.4	2	4	1	.02	.30	.15	15.3
(3,4) M	0.8	4.8	—	0	1	0	0	0
(3,4) B	0.4	2	8	1	.04	.30	.15	7.8
(3,4) R	0.4	1.2	10	1	.07	.40	.20	6.4
(4,5) M	0.3	3.6	—	0	1	0	0	0
(6,2) V	0.3	.6	—	0	1	0	0	0
(6,3) V	0.7	1.4	—	0	1	0	0	0
(6,5) V	1.2	2.4	—	0	1	0	0	0

Recodage du réseau



Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Application de l'algorithme de chaîne optimale

Courant	Pistes	Liste d'attente L
$\bar{0} = [-1, \emptyset, 0, -]$	$\bar{1} = [1, 2, \{M, V\}, 1.87, @\bar{0}]$ $\bar{2} = [1, 3, \{M, V\}, 4.27, @\bar{0}]$ $\bar{3} = [1, 4, \{M\}, 13.2, @\bar{0}]$ $\bar{4} = [1, 5, \{M, V\}, 8.23, @\bar{0}]$ $\bar{5} = [1, 6, \{V\}, 120, @\bar{0}]$	$\{\bar{1}, \bar{2}, \bar{4}, \bar{3}, \bar{5}\}$
$\bar{1} = [1, 2, \{M, V\}, 1.87, @\bar{0}]$	$[2, 3, \{M, B\}, 8.62, @\bar{1}]$ non $\bar{3} = [2, 4, \{M, B\}, 11.36, @\bar{1}]$ $[2, 5, \{M\}, 14.37, @\bar{1}]$ non	$\{\bar{2}, \bar{4}, \bar{3}, \bar{5}\}$
$\bar{2} = [1, 3, \{M, V\}, 4.27, @\bar{0}]$	$\bar{3} = [3, 4, \{M, B, R\}, 8.73, @\bar{2}]$	$\{\bar{4}, \bar{3}, \bar{5}\}$
$\bar{4} = [1, 5, \{M, V\}, 8.23, @\bar{0}]$	Destination atteinte, stop	$\{\bar{3}, \bar{5}\}$

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Algorithme hyperchemin optimal

Courant	Pistes	Liste d'attente L
$u_5 = 0$	(4, 3.6), (6, 2.4)	{4, 6}
$u_5 = 0$	(1, 122.5)	{6, 1}
$u_6 = 2.4$	$(4\bar{R}, 4), (4\bar{B1}, 4), (4\bar{B2}, 4), (3, 8.4)$	$\{4\bar{R}, 4\bar{B1}, 4\bar{B2}, 3, 1\}$
$u_4 = 3.6$	$(3\bar{R}^+, 4.8)$	$\{4\bar{B1}, 4\bar{B2}, 3\bar{R}^+, 3, 1\}$
$u(4\bar{R}) = 4$	$(3\bar{B1}^+, 6)$	$\{4\bar{B2}, 3\bar{R}^+, 3\bar{B1}^+, 3, 1\}$
$u(4\bar{B2}) = 4$	$(3\bar{B2}^+, 6)$	$\{3\bar{R}^+, 3\bar{B1}^+, 3\bar{B2}^+, 3, 1\}$
$u(3\bar{R}^+) = 4.8$	(3, 8.16) modes R+M	$\{3\bar{B1}^+, 3\bar{B2}^+, 3, 1\}$
$u(3\bar{B1}^+) = 6$	(3, 8.11) R+B1+M, $(3\bar{B1}, 6.3)$	$\{3\bar{B2}^+, 3\bar{B1}^+, 3, 1\}$
$u(3\bar{B2}^+) = 6$	(3, 8.06) R+B1+B2+M	$\{3\bar{B1}^+, 3, 1\}$
$u(3\bar{B1}) = 6.3$	$(2\bar{B1}^+, 8.3)$	$\{3, 2\bar{B1}^+, 1\}$
$u(3) = 8.06$	(2, 12.86) M	$\{2\bar{B1}^+, 2, 1\}$
$u(2\bar{B1}^+) = 8.3$	(2, 12.77) B1+M	{2, 1}
$u(2) = 12.77$	(1, 8.06) M+V	{1}
$u(1) = 8.06$	Origine atteinte, stop	{}

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Modèles à conditions globales

- Condition globale : au niveau du déplacement
 - Limitation de budgets : financier, temps, nb ruptures
- Structure topologique
 - État = nœud + condition économique (ex. nb correspondances depuis l'origine)
 - Cheminement en arbre sur le réseau des états, = en faisceau sur le réseau de base
- Algorithmes : PCC sur le réseau des états
 - Formation dynamique des états et des transitions

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Conclusions, 1/2

- Développer les logiciels
 - Représentation des transferts, au niveau du codage et au niveau de la mutualisation
 - Bien spécifier les conditions globales
 - Bien implémenter les algorithmes
- Développer les modèles
 - Influence des correspondances dans le coût généralisé
 - Intégrer la mutualisation et les conditions globales
 - Formulation mathématique

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal

Conclusions, 2/2

- Développer les études plurimodales
 - Quelle commande d'études ? Quels commanditaires ?
- Développer les applications de référence
 - Enquêter les comportements de mutualisation
 - Observer les conditions globales
 - Déterminer les 'bons' segments de demande
 - Évaluer l'importance économique de la mutualisation multimodale (y compris en interne aux TC)

Modélisation de la demande de transport

Modélisation du choix modal