

MODÉLISATION DE LA VALEUR DU TEMPS DES CHARGEURS (II)



Fei JIANG, Christian CALZADA

Cet article, qui fait suite à l'article sur la modélisation du choix modal des chargeurs en transport de marchandises [Notes de synthèse n° 118], présente une analyse de la valeur du temps des chargeurs en transport de marchandises. A ce jour, seule une valeur du temps socio-économique *tutélaire* est disponible, valeur qui ne tient pas compte de la valeur intrinsèque des marchandises transportées et qui a été fixée à 195 francs (1994) par poids lourd et par heure gagnée.

Les travaux présentés ci-après s'appuient sur les éléments tirés de l'*Enquête auprès des chargeurs*, menée par l'INRETS en 1988.

Estimation des prix et des temps de transport pour chaque mode

Le choix du mode de transport de leurs marchandises qu'opèrent les chargeurs est fonction de nombreux paramètres (origine et destination, valeur, poids et conditionnement de l'envoi, ...) parmi lesquels le temps de transport et son prix jouent un rôle primordial. Pour analyser les valeurs du temps et les effets de prix et de temps de transport sur le choix modal, il faut disposer à la fois de données de prix et de temps pour chaque mode.

Malheureusement, seules les données de prix et de temps du mode de transport choisi sont renseignées dans l'enquête auprès des chargeurs. En conséquence, les prix et temps d'acheminement de l'alternative non choisie ont été reconstitués en fonction de variables explicatives relatives à l'envoi (distance et poids par exemple)¹ [cf. tableau n°1].

Analyse des effets de l'offre de transport sur le choix modal

La reconstitution des prix et temps d'acheminement relatifs à l'ensemble des alternatives modales du transport public (route, fer, combiné) permet d'estimer un modèle de choix modal discret [tableau n°2] pour ces variables spécifiques aux alternatives considérées et d'estimer, comme on l'a fait dans la note de synthèse n° 118 de juillet-août 1998 pour les variables relatives à l'envoi et au chargeur les effets marginaux du temps et des prix sur la probabilité de choix modal.

Les effets marginaux du temps et des prix sur la probabilité de choix sont présentés dans le tableau n°3. On observe par exemple que, si le temps ferroviaire augmente d'une heure, la probabilité de choisir la route augmente de 0,18 % et celle de choisir le fer diminue de 0,19 %.²

¹ Pour ce faire, il est nécessaire de corriger l'éventuel biais de sélection de l'échantillon sur lequel on opère (les chargeurs choisissant le fer - comme, en sens inverse, ceux qui choisissent la route - ne sont pas tirés au hasard). La méthode utilisée dite de Heckman consiste à introduire dans la relation à ajuster une variable explicative supplémentaire qui représente ce biais de sélection.

Cette méthode permet de constater que les facteurs qui influencent le plus le temps de transport ferroviaire sont la distance et la nature de la marchandise alors qu'en transport routier, la distance et le poids de la marchandise jouent plus.

² Au voisinage de la valeur moyenne des variables explicatives.

MODÈLES

On remarque sur le graphique n°1 que les effets du prix ferroviaire sur la probabilité de choix de l'un ou l'autre mode sont plus forts que ceux des prix routiers. Malgré tout, quel que soit le mode, ces effets demeurent faibles.

Les effets du temps sur la probabilité de choix apparaissent plus forts pour le transport ferroviaire que pour le transport routier. Cela signifie que, pour modifier le partage modal fer-route des chargeurs, une réduction du temps ferroviaire aura plus d'impact qu'une augmentation (réglementation sociale plus contraignante) du temps routier. D'autre part, le temps de transport a un effet plus important que le prix sur le partage modal.

Effets du temps et des prix sur le choix modal

On procède ici à l'analyse des évolutions des probabilités de choix en fonction de la valeur des temps et des prix [graphique 2]. Si l'on modifie uniquement la valeur d'une variable explicative (temps ou prix) pour une alternative (route ou fer), la direction de changement des probabilités sera prévisible : la probabilité prévue pour l'alternative dont une variable est changée, changera dans une direction et toutes les autres probabilités prévues pour les autres alternatives évolueront dans la direction opposée. Bien évidemment, on peut soit modifier l'ensemble des variables explicatives, soit changer les variables l'une après l'autre.

Ainsi, le premier graphique représente l'évolution des probabilités de choix pour un envoi dont la distance de transport et le poids sont respectivement de 800 kilomètres et de 6 tonnes. Lorsque le prix du fer diminue progressivement de 0,61 franc par tonne-kilomètre à 0,35 franc par tonne-kilomètre et pour des prix de la route et du combiné qui demeurent inchangés respectivement à 0,53 franc par tonne-kilomètre et 0,58 franc par tonne-kilomètre, la probabilité de choisir le fer passe de 10 % à 23 %.

Valeur du temps et facteurs logistiques

Le modèle permet également de calculer, en faisant le rapport des coefficients du prix et du temps dans la fonction d'utilité estimée par celui-ci, une valeur du temps (qui dépend a priori à la fois du mode et du chargeur).

L'analyse des valeurs du temps moyennes conduit à trois remarques principales : tout d'abord, les résultats pour deux modes et trois modes sont très proches ; ensuite, il est clair que la valeur du temps (chargeurs) de la route est plus grande que celle du fer ; enfin, la valeur du temps par heure et par tonne est beaucoup plus grande pour le transport combiné que pour les autres modes [tableau n°4].

Effets des caractéristiques logistiques des chargeurs

La valeur du temps dépend des caractéristiques logistiques des chargeurs : ainsi, des chargeurs différents n'auront pas nécessairement les mêmes exigences en matière de délais d'acheminement et donc une évaluation monétaire différente des temps de transport [tableau n°5].

L'analyse des effets des variables continues (distance, poids de l'envoi, valeur de l'envoi, fréquence et taille d'établissement) sur la valeur du temps nécessite de savoir comment les valeurs du temps changent suivant les modifications de ces variables. On peut ainsi émettre des hypothèses sur la forme mathématique des relations entre valeur du temps des chargeurs et variables logistiques continues [graphique n°3].

On constate ainsi qu'en général, l'augmentation de la distance de transport, de la taille d'envoi ou de la fréquence diminue la valeur du temps par heure et par tonne. La valeur du temps du chargeur est maximale pour une distance moyenne qui se situe autour de 300 kilomètres et une fréquence d'environ vingt envois par jour.

MODÈLES

Tableau n°1 : Estimations des prix et temps de l'alternative

Variables explicatives	Prix Fer	Temps Fer	Prix Route	Temps Route
constante	3,232 ***	0,232	1,837 ***	-2,170 ***
log (distance-km)	-0,911 ***	0,663 ***	-0,747 ***	0,928 ***
log (poids-kg)	-0,500 ***		-0,546 ***	-0,019 ***
log (nombre annuel d'envois)	-0,034 ***		-0,013 ***	
log (valeur de l'envoi, francs 1988)			0,010 ***	
chargeur = entrepôt			-0,152 **	
destinataire = magasin			-0,166 ***	
destinataire = usine		-0,126 **		
envoi dans un lot			-0,155 ***	-0,132 **
conditionnement en conteneur	0,419 **	0,228 ***		
bulk packaging				-0,093 *
conditionnement multiple	-0,413 **			
destination étrangère de l'envoi	0,530 ***		0,128 **	0,098 *
départ de Paris	0,288 ***	-0,153 **		
camions < 3 tcu	-0,181 **			
métaux ferreux		-0,574 **		
produits manufacturés et matériaux de construction		-0,758 **		
autres produits chimiques		-0,491 ***		0,109 **
autres articles manufacturés		-0,204 **		
produits alimentaires				0,101 **
matériel de transport et agricole	0,371 **		0,141 **	
machines et articles métalliques	0,218 ***		0,142 ***	
ratio de Mills	-0,147	-0,393	1,213 ***	-0,171
R ²	0,950	0,865	0,906	0,837
Nombre d'observations	137	79	1465	814

* : seuil de significativité à 10%

** : seuil de significativité à 5%

*** : seuil de significativité à 1%

Tableau n°2 : Modèle conditionnel d'offre pour trois modes de transport

Variables explicatives	Modèle 1			Modèle 2		
	Route vs Fer	Combiné vs Fer	Fer	Route vs Fer	Combiné vs Fer	Fer
Constante :						
Route	4,160	9,3		4,400	9,9	
Combiné		-1,0E+00	-1,8		-1,2E+00	-2,0
Temps :						
Route	-3,7E-02	-3,6		-5,4E-02	-6,2	
Combiné		-1,2E-01	-5,1		-5,4E-02	-6,2
Fer			-1,1E-01 -4,7			-5,4E-02 -6,2
Prix :						
Route	-2,2E-04	-3,8		-3,5E-04	-2,9	
Combiné		-9,2E-04	-4,0		-3,5E-04	-2,9
Fer			-7,2E-04 -3,6			-3,5E-04 -2,9
poids de l'envoi				6,7E-05	2,4	-1,1E-04 -1,6
valeur de l'envoi				1,7E-05	2,0	1,4E-05 1,7
distance	-7,3E-03	-4,7	2,2E-03 1,9	-3,3E-03	-5,0	1,4E-03 1,7
nombre de salariés	-5,6E-04	-2,5		-4,9E-04	-2,3	
accès ferré du destinataire	-9,0E-02	-2,5		-9,1E-01	-2,4	
envoi à l'étranger	3,0E+00	2,9		3,4E+00	3,3	
wagons en propre du chargeur	-4,6E-02	-3,0		-4,8E-02	-2,9	
envoi au départ de Paris			-1,190 -1,5			-1,090 -1,4
Log vraisemblance du modèle complet	241,9			-244,4		
Log vraisemblance du modèle réduit	-333,7			-333,7		
pourcentage correct de prédiction	89%			88%		

Modèle 1 : les coefficients de temps et de prix pour les différents modes sont considérés comme différents.

Modèle 2 : ces coefficients sont identiques, la valeur du temps des trois modes est donc la même.

Tableau n°3 : Les effets marginaux de temps et de prix sur la probabilité de choix (3 modes)

Modes	valeurs moyennes	effets marginaux sur la probabilité			élasticités en valeur moyenne			
		ROUTE	COMBINE	FER	ROUTE	COMBINE	FER	
ROUTE	Prix	1687	0,00%	0,00%	0,00%	-0,01	0,36	0,36
	Temps	25	-0,09%	0,03%	0,06%	-0,02	0,92	0,92
COMBINE	Prix	1820	0,00%	0,00%	0,00%	0,01	-1,70	0,01
	Temps	31	0,09%	-0,09%	0,00%	0,03	-3,60	0,03
FER	Prix	1820	0,00%	0,00%	0,00%	0,02	0,02	-1,30
	Temps	31	0,18%	0,00%	-0,19%	0,06	0,06	-3,20

Francs 1988

MODÈLES

Tableau n°4 : Valeurs du temps moyennes (VDT)*

	VDT / heure / envoi		Poids moyen tonnes	VDT / heure / tonne	
	2 modes	3 modes		2 modes	3 modes
FER	175	181	32,0	5	6
ROUTE	194	210	5,1	38	41
COMBINE		157	4,3		36
TOUS MODES	175	188	6,6	27	29

Francs 1996

Sources : Enquête Chargeurs (Inrets 1988) et calculs des auteurs

* VDT :

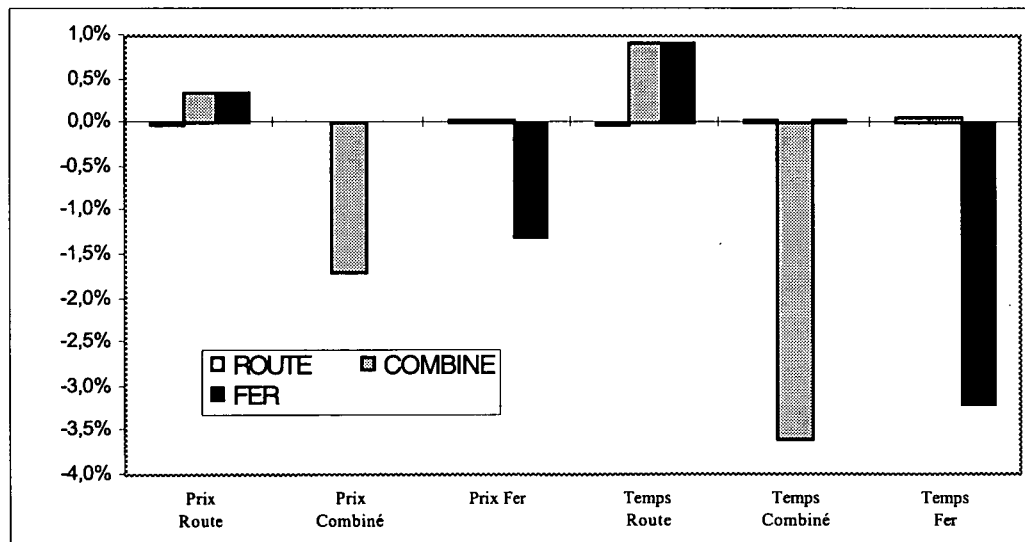
U : Fonction d'utilité

$$VDT = \frac{dC}{dT} = \frac{\frac{\partial U}{\partial T}}{\frac{\partial U}{\partial C}}$$

Tableau n°5 : Effets des caractéristiques des chargeurs sur la VDT

Variables logistiques	VDT / heure / envoi			VDT / heure / tonne		
	TOTAL	ROUTE	FER	TOTAL	ROUTE	FER
envoi en colis	105	42	3	57	20	41
chargeur = usine	205	316	44	28	44	4
destinataire = magasin	56	41	13	19	12	67
envoi vers Paris	171	125	45	44	29	82
chargeur = multinationale	159	182	10	23	23	0,3
embranchement ferré du chargeur	120	369	35	9	30	1
produits chimiques de base	194	119	236	29	18	13
produits de la métallurgie	267	385	186	6	38	1
machines et articles métalliques	265			154		
autres articles manufacturés	159	46	4	58	16	13

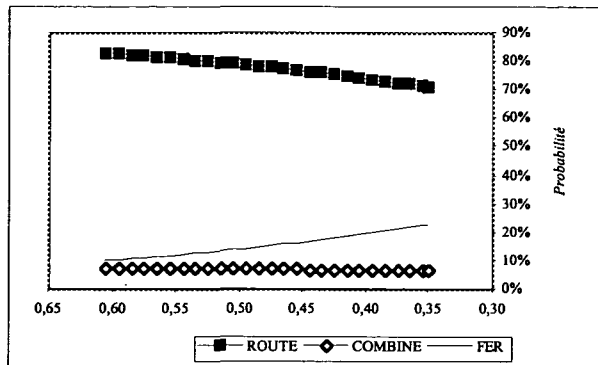
Graphique n°1 : Elasticités moyennes (en %) du partage modal aux prix et temps



MODÈLES

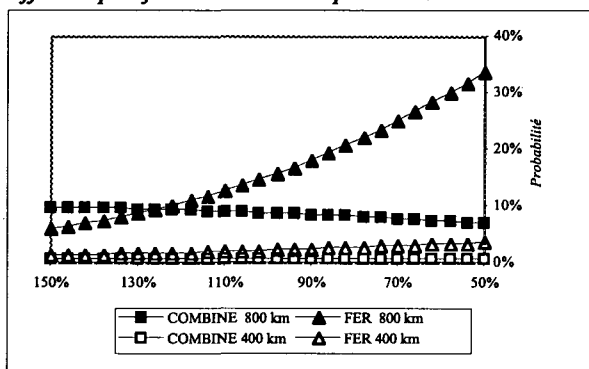
Graphique n°2 : Effets du temps et des prix sur la probabilité de choix

Effets du prix ferroviaire en tonnes-km*

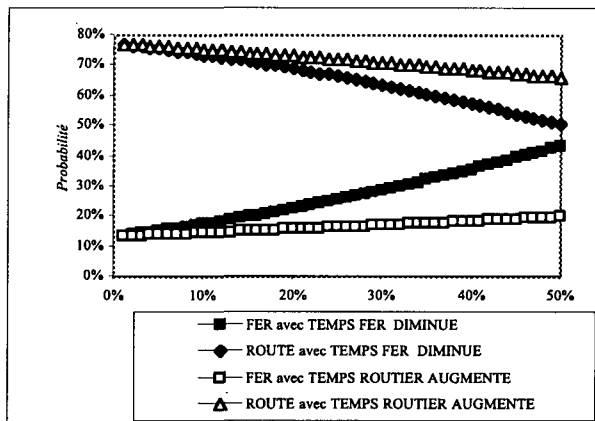


* pour une distance moyenne de 800 km et un poids moyen de 6 tonnes pour des prix routier et combiné qui restent à 0,53 FF/t-km et 0,58 FF/t-km

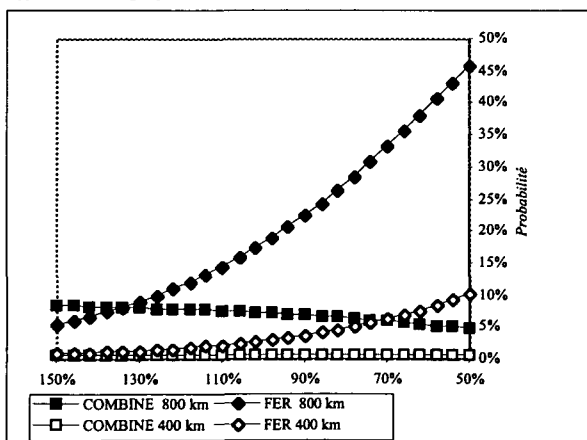
Effets du prix ferroviaire en % du prix routier



Effets des temps ferroviaire et routier



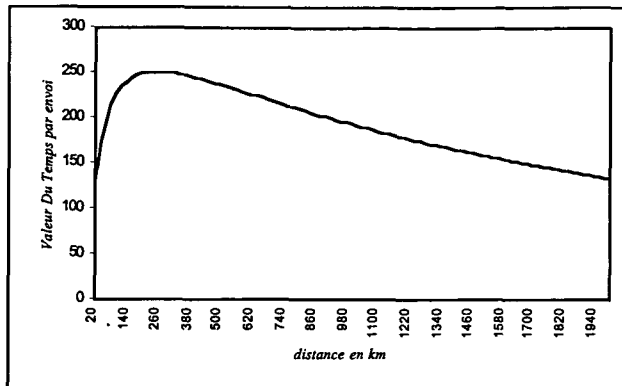
Effets du temps ferroviaire en % du temps routier



MODÈLES

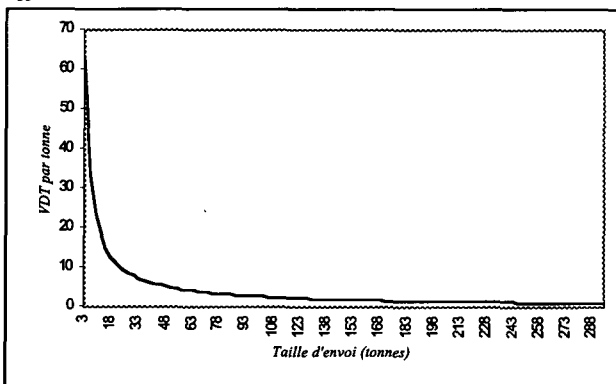
Graphique n°3 : Effets des facteurs logistiques des chargeurs sur la VDT

Effets de la distance



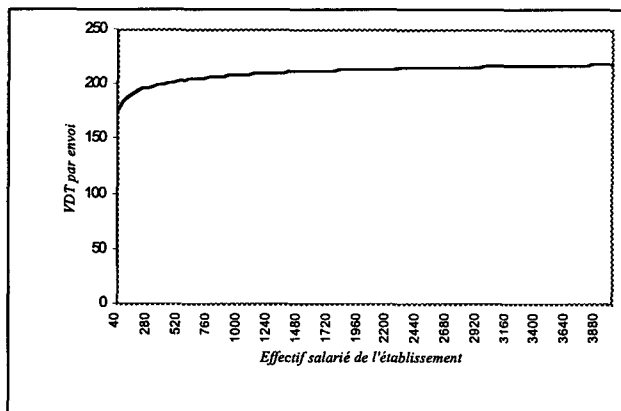
$$VDT(D) = 53,5 * D * \exp(-D^{1/4})$$

Effets de la taille d'envoi



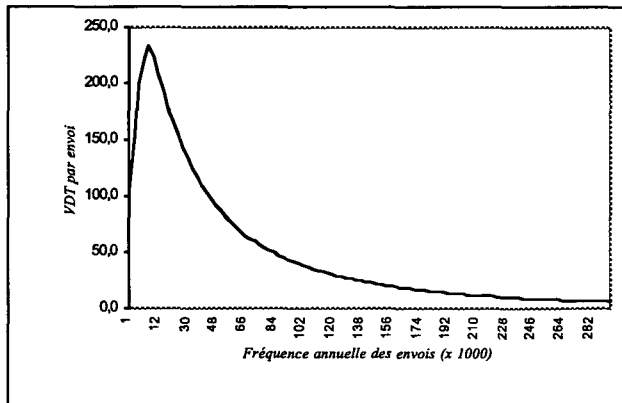
$$VDT(T) = 84,5 * T^{1/10}$$

Effets de la taille d'établissement



$$VDT(E) = 246,2 * [1 / (1+E^{-1/4})]$$

Effets de la fréquence annuel des envois



$$VDT(F) = 0,5 * F^{3/2} * \exp(-F^{1/4,5})$$