

MODÈLES DE DEMANDE INTÉGRANT ATTITUDES ET PERCEPTIONS

Aurélie Glerum, TRANSP-OR, EPFL
Michel Bierlaire, TRANSP-OR, EPFL
Bilge Atasoy, TRANSP-OR, EPFL
Michaël Thémans, TRACE, EPFL

Séminaire du laboratoire GAEL
8 décembre 2011

Introduction & motivation

Collecte de données

Etude de cas 1: choix modal

Etude de cas 2: choix de véhicule

Spécification du modèle

Modèle 1: attitude anti-TP

Modèle 2: attitudes anti-TP et pro-environnementales

Modèle 3: indicateurs utilisant des mots

Modèle 4: choix de véhicule

Résultats d'estimation

Modèle 1: attitude anti-TP

Modèle 2: attitudes anti-TP et pro-environnementales

Modèle 3: indicateurs utilisant des mots

Modèle 4: choix de véhicule

Validation & prédiction

Amélioration des HCM sur les MNL

Questions de recherche pour la prédiction

Evolution des parts de marché

Conclusion

Modélisation de choix discrets

Méthodologie permettant d'**expliquer** et **prédire** les décisions des individus à un niveau **désagrégé**

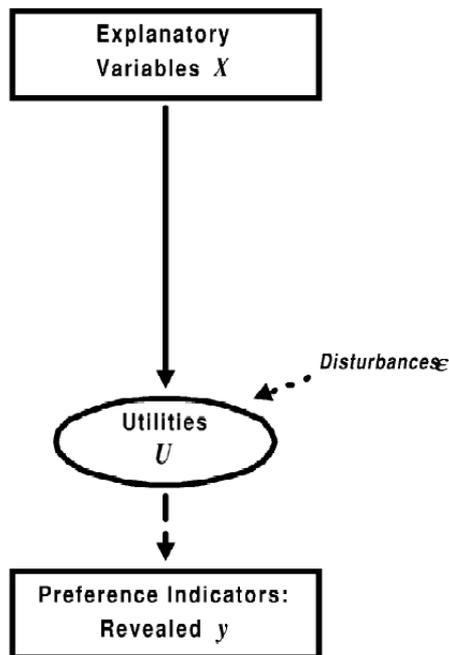
But: modéliser le comportement de choix, afin de comprendre la demande pour certains biens

Applications dans plusieurs domaines:

- Marketing
- Transport
- Psychologie
- Sciences environnementales
- Etc.

Structure d'un modèle de choix discret

Modèle d'utilité aléatoire (p. ex. modèle logit binaire)



Chaque choix i est caractérisé par une fonction d'utilité.

$$U_{in} = V(X_{in}; \beta) + \varepsilon_{in}$$

Caractéristiques X_{in} de l'alternative i et de l'individu n

Terme aléatoire ε_{in} de distribution EV(0,1)

Les paramètres β sont estimés par maximum de vraisemblance.

$$\mathcal{L}^* = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in C_n} P_n(i | X_{in}; \beta)^{y_{in}}$$

Développements récents en modélisation de choix:

- Choix ne peut pas seulement être expliqué par indicateurs économiques (temps de parcours, prix d'un trajet/d'un bien, etc.)
- **Attitudes & perceptions**: rôle important dans le comportement de choix
 - ⇒ Les prendre en compte dans les modèles de choix

Questions de recherche:

- **Collecte de données:** comment mesurer avec précision les attitudes et perceptions?
- **Modélisation:** comment intégrer ces informations dans un modèle de choix discret?
- **Prédiction de la demande:** quel est l'effet des attitudes et perceptions sur la demande? Comment ces informations aident-elles à prédire la demande?

Questions de recherche:

- **Collecte de données:** comment mesurer avec précision les attitudes et perceptions?
- **Modélisation:** comment intégrer ces informations dans un modèle de choix discret?
- **Prédiction de la demande:** quel est l'effet des attitudes et perceptions sur la demande? Comment ces informations aident-elles à prédire la demande?

⇒ **Sujet de la présentation**

Problème: attitudes & perceptions sont des concepts latents

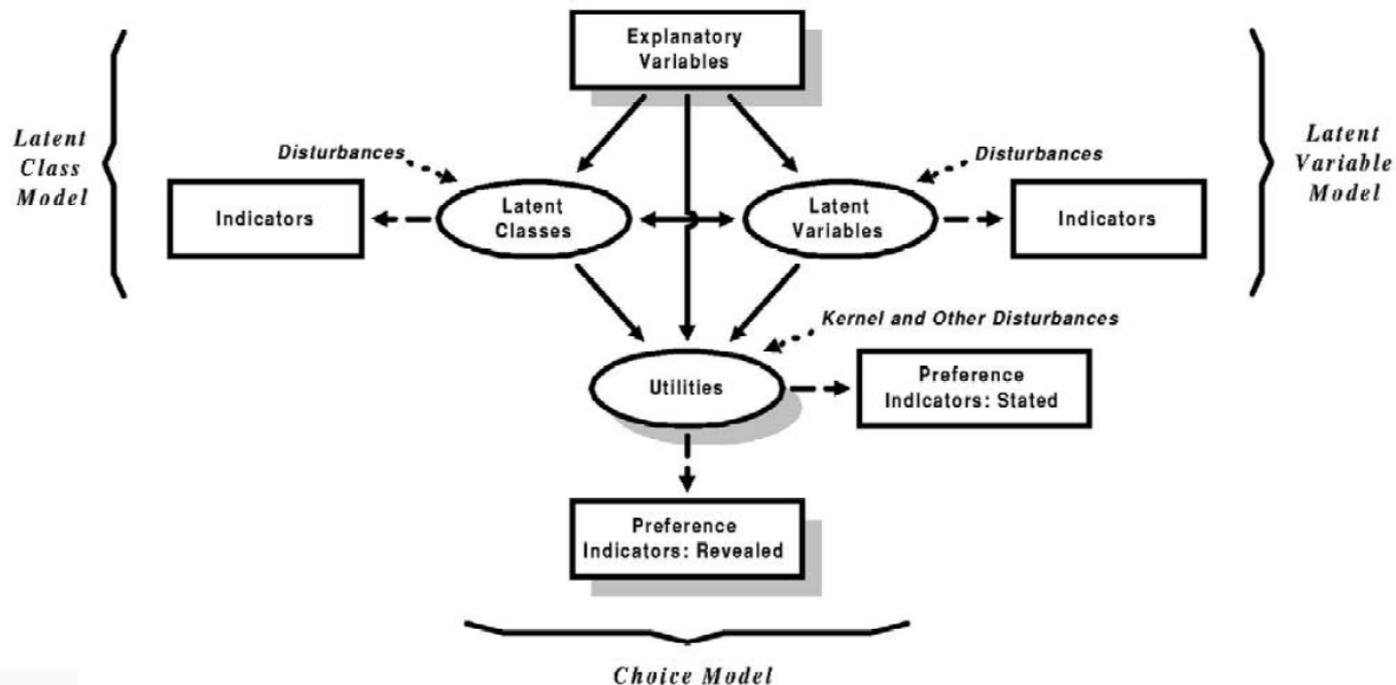
- Pas directement mesurables
- Mais: doivent être mesurés par des données réelles

Développements récents: nouvelles techniques d'enquête élaborées par sociologues

Inconvénient: données récoltées pas nécessairement conçues pour l'application de modèles de choix.

Modèle de choix discret avec **constructions latentes** capturant **attitudes et perceptions**

⇒ **Modèle de choix hybride (HCM)**
(Walker, 2001; Ben-Akiva et al., 2002)

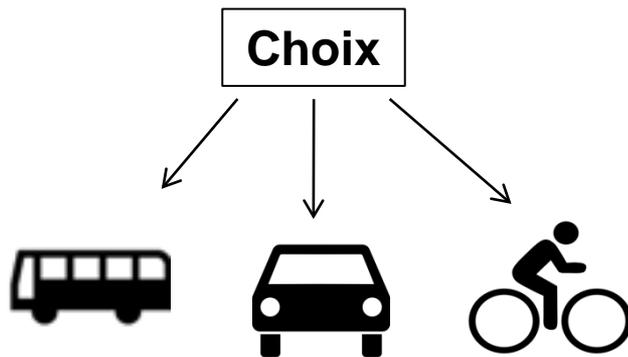


Travail récent sur deux études de cas:

Etude de cas 1: choix de mode de transport dans régions à faible densité

Etude de cas 2: choix de véhicule

Etude de cas 1: choix de mode de transport dans les régions à faible densité de Suisse



ETUDE DE CAS 1: CHOIX MODAL

Etude à grande échelle:

- **Etude qualitative (LaSUR):**
 - Entretiens avec les habitants de régions peu desservies par les transports publics
 - Enregistrements GPS de leurs déplacements
- **Etude quantitative (LaSUR, CEAT, TRANSP-OR):**
 - **Enquête de préférences révélées (RP)** conçue sur la base des résultats de l'enquête qualitative

ETUDE DE CAS 1: CHOIX MODAL

Enquête RP:

- Réalisée entre 2009-2010 dans les régions de Suisse peu connectées par les transports publics
- Réalisée en partenariat avec CarPostal (entreprise de bus opérant dans les zones à faible densité)
- **57 villes/villages connectés par des cars postaux**
⇒ représentatif du réseau entier de CarPostal
- Répondants: 16 ans et plus
- **1763 questionnaires valables obtenus**

Structure de l'enquête RP:

- Description de tous les déplacements effectués en un jour
- Habitudes de mobilité
- Opinions
- Perception des modes de transport
- Données socio-économiques & description du ménage

ETUDE DE CAS 1: CHOIX MODAL

Structure de l'enquête RP:

- Description de tous les déplacements effectués en un jour
- Habitudes de mobilité
- Opinions
- Perception des modes de transport
- Données socio-économiques & description du ménage



- Mode utilisé
- Activité à destination
- Durée du déplacement
- Coût de carburant / prix du billet de transports publics

ETUDE DE CAS 1: CHOIX MODAL

Structure de l'enquête RP:

- Description de tous les déplacements effectués en un jour
- **Habitudes de mobilité** 
- Opinions
- Perception des modes de transport
- Données socio-économiques & description du ménage

- Modes utilisés pour des déplacements particuliers (travail, achats, etc.)
- Modes utilisés pendant l'enfance

ETUDE DE CAS 1: CHOIX MODAL

Structure de l'enquête RP:

- Description de tous les déplacements effectués en un jour
- Habitudes de mobilité
- **Opinions** 
- Perception des modes de transport
- Données socio-économiques & description du ménage

Liste d'affirmations sur la conscience environnementale, la mobilité, le choix résidentiel et le style de vie.

Prendre le bus aide à rendre la ville plus confortable et accueillante. [Mobilité]

Niveau d'accord indiqué sur une échelle à 5 niveaux.

ETUDE DE CAS 1: CHOIX MODAL

Structure de l'enquête RP:

- Description de tous les déplacements effectués en un jour
- Habitudes de mobilité
- Opinions
- Perception des modes de transport →
- Données socio-économiques & description du ménage

3 adjectifs décrivant le mieux un mode de transport:

- Voiture
- Train
- Bus/métro/tram
- Car postal
- Vélo
- Marche

ETUDE DE CAS 1: CHOIX MODAL

Structure de l'enquête RP:

- Description de tous les déplacements effectués en un jour
- Habitudes de mobilité
- Opinions
- Perception des modes de transport
- **Données socio-économiques & description du ménage** 

- Variables socio-économiques classiques: âge, sexe, etc.
- Caractéristiques du ménage: composition de la famille, nombre de personnes, etc.

ETUDE DE CAS 1: CHOIX MODAL

Quatre themes pour les affirmations d'opinion:

- **Environnement** *Il faudrait augmenter le prix de l'essence pour réduire les embouteillages et la pollution de l'air.*
- **Mobilité** *Prendre le bus aide à rendre la ville plus confortable et accueillante.*
- **Choix résidentiel** *Les conditions d'accessibilité et de mobilité sont importantes dans le choix d'un logement.*
- **Style de vie** *Je planifie toujours mes activités longtemps à l'avance.*

Les répondants indiquent leur accord à chacune des phrases sur une échelle à 5 niveaux (échelle de Likert)

Fortement en désaccord (1) \rightleftharpoons Complètement d'accord (5)

ETUDE DE CAS 1: CHOIX MODAL

Adjectifs reportés pour la perception des modes de transport:

Pour chacun des moyens de transport suivants, indiquez 3 adjectifs qui, selon vous, les décrivent le mieux.

		Adjectif 1	Adjectif 2	Adjectif 3
1	La VOITURE est:	pratique	confortable	cher
2	Le TRAIN est:	relaxant	ponctuel	reposant
3	Le BUS, METRO, TRAM sont:	rapide	fréquent	bon marché
4	Le CAR POSTAL est:	ponctuel	confortable	bon marché
5	Le VELO est:	stimulant	pratique	bon marché
6	MARCHER est:	sain	relaxant	indépendant

ETUDE DE CAS 1: CHOIX MODAL

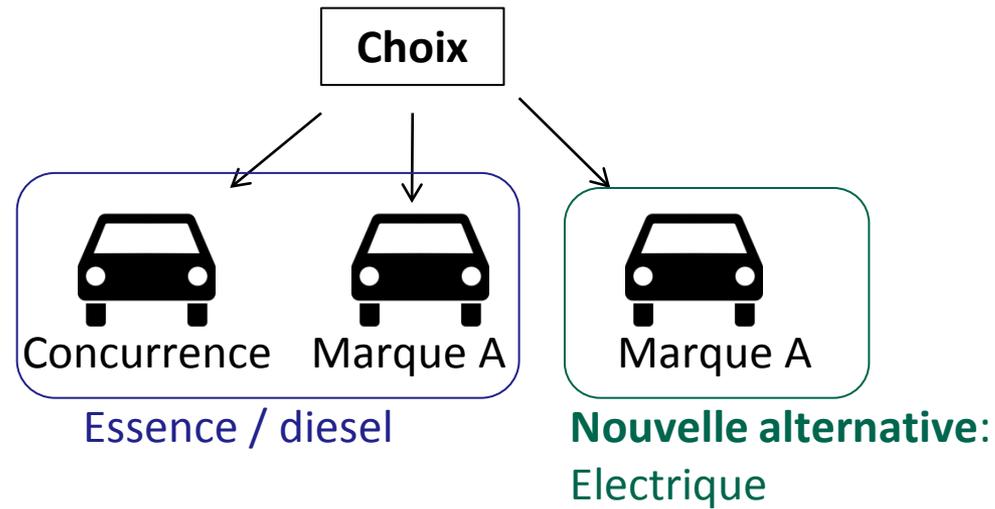
Adjectifs reportés pour la perception des modes de transport:

Traitement des données:

1. Classification en thèmes:
 - Perception du coût
 - Perception du temps
 - Difficulté d'accès
 - Flexibilité
 - Confort, etc.
2. Pour chaque thème: attribution d'un niveau de -2 à 2

Confort	Echelle
A peine rempli	1
Bondé	-1
Cahotique	-2
Confortable	1
Dur	-1
Enervant	-2
Fatigant	-1
Inapproprié avec sacs	-1
Inconfortable	-1
Mauvais air	-2

Etude de cas 2: choix de véhicule (thermiques vs électriques)

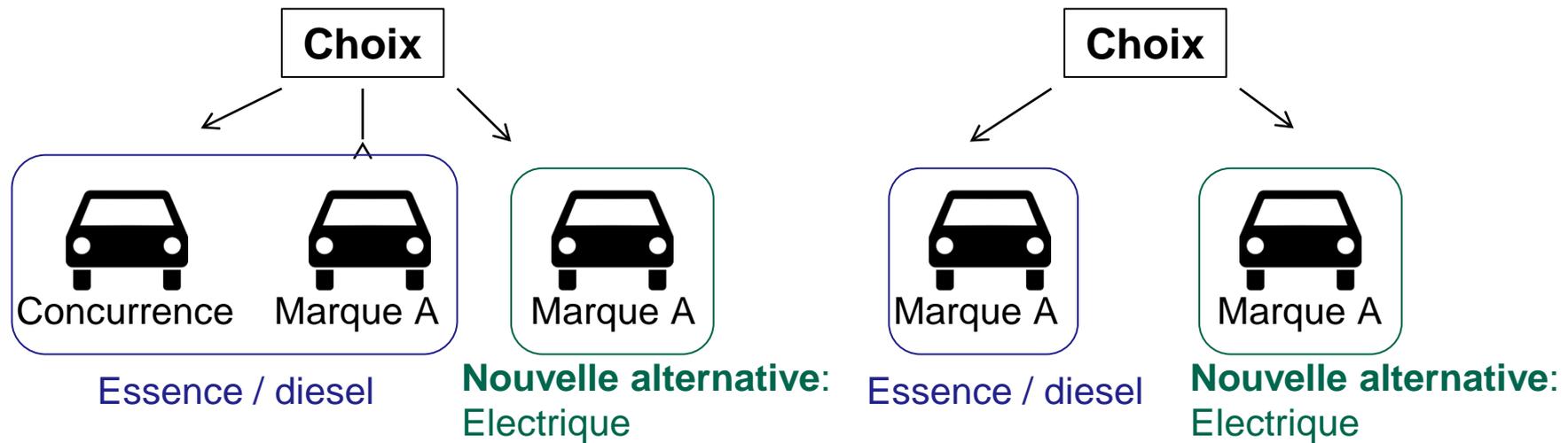


ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Type d'enquête: **préférences déclarées (SP)**

Dans le même segment automobile: choix hypothétiques entre:

- Voiture du répondant (Marque A ou concurrence)
- Marque A – essence / diesel
- Marque A – électrique

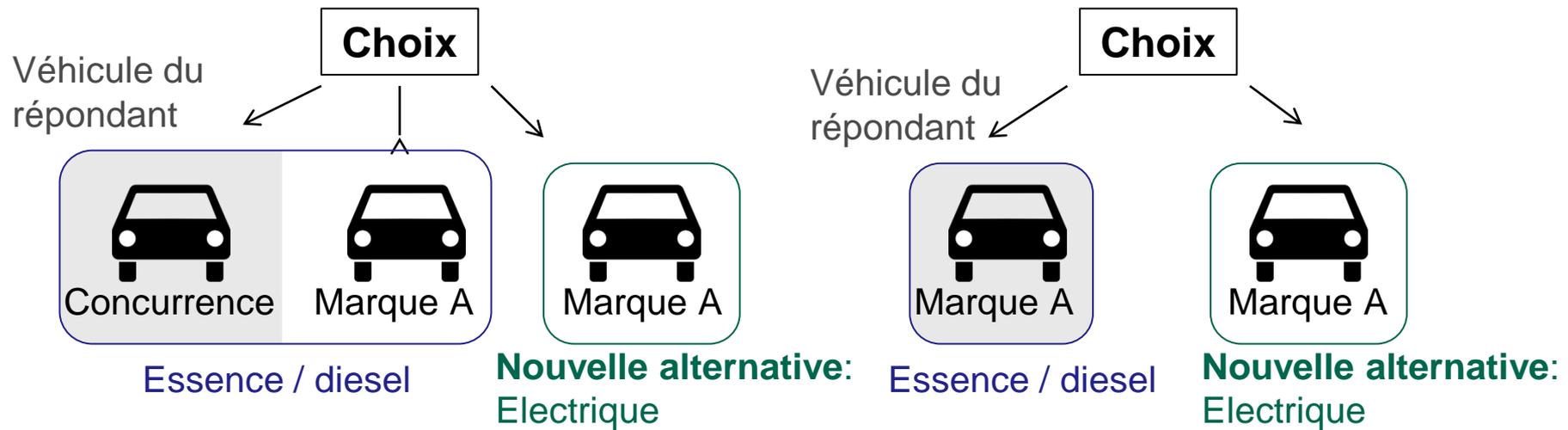


ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Type d'enquête: **préférences déclarées (SP)**

Dans le même segment automobile: choix hypothétiques entre:

- Voiture du répondant (Marque A ou concurrence)
- Marque A – essence / diesel
- Marque A – électrique



ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

5 types de répondants échantillonnés en Suisse:

- Acheteurs récents
- Intentionnistes
- Clients actuels de la marque A
- Pré-commandes de VE
- Membres d'une newsletter sur les VE

Protocole d'échantillonnage → représentatif de:

- 3 régions linguistiques de Suisse (allemand, français, italien)
- Sexe
- Catégorie d'âge (18-35 ans, 36-55 ans, 56-74 ans)

ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

5 types de répondants échantillonnés en Suisse:

- Acheteurs récents
- Intentionnistes
- Clients actuels de la marque A
- Pré-commandes de VE
- Membres d'une newsletter sur les VE



Protocole d'échantillonnage

Toutes les adresses disponibles

Protocole d'échantillonnage → représentatif de:

- 3 régions linguistiques de Suisse (allemand, français, italien)
- Sexe
- Catégorie d'âge (18-35 ans, 36-55 ans, 56-74 ans)

Structure de l'enquête: 2 phases

Phase I:

- Caractéristiques du (des) véhicule(s) du répondant
- Données socio-économiques
- Habitudes de mobilité

Phase II:

- Opinions sur thèmes VE
- Perceptions de 4 types de véhicules
- Situations de choix

Structure de l'enquête: 2 phases

Phase I:

- Caractéristiques du (des) véhicule(s) du répondant
- Données socio-économiques
- Habitudes de mobilité



Génération des situations de choix

Phase II:

- Opinions sur thèmes VE
- Perceptions de 4 types de véhicules
- Situations de choix

Structure de l'enquête: 2 phases

Phase I:

- Caractéristiques du (des) véhicule(s) du répondant
- **Données socio-économiques**
- Habitudes de mobilité



Segmentation, identification des clients potentiels

Phase II:

- Opinions sur thèmes VE
- Perceptions de 4 types de véhicules
- Situations de choix

ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Structure de l'enquête: 2 phases

Phase I:

- Caractéristiques du (des) véhicule(s) du répondant
- Données socio-économiques
- **Habitudes de mobilité**



Phase II:

- Opinions sur thèmes VE
- Perceptions de 4 types de véhicules
- Situations de choix

Caractérisation de la mobilité des utilisateurs potentiels:

- Distance totale parcourue en un jour de semaine
- Distance totale parcourue le week-end
- Durée moyenne d'un déplacement en un jour de semaine
- Nombre de voitures dans le ménage

ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Structure de l'enquête: 2 phases

Phase I:

- Caractéristiques du (des) véhicule(s) du répondant
- Données socio-économiques
- Habitudes de mobilité

Phase II:

- **Opinions sur thèmes VE**
- Perceptions de 4 types de véhicules
- Situations de choix



Evaluation de l'effet des attitudes sur le choix:

- Conscience environnementale
- Attitudes envers les nouvelles technologies
- Perception de la fiabilité d'un VE
- Perception du leasing

ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Structure de l'enquête: 2 phases

Phase I:

- Caractéristiques du (des) véhicule(s) du répondant
- Données socio-économiques
- Habitudes de mobilité

Phase II:

- Opinions sur thèmes VE
- **Perceptions de 4 types de véhicules**
- Situations de choix



Evaluation de l'effet des perceptions sur le choix:

- Véhicules thermiques
- Véhicules hybrides
- Véhicules électriques
- Véhicules de la marque A

Structure de l'enquête: 2 phases

Phase I:

- Caractéristiques du (des) véhicule(s) du répondant
- Données socio-économiques
- Habitudes de mobilité

Phase II:

- Opinions sur thèmes VE
- Perceptions de 4 types de véhicules
- **Situations de choix**



- Partie fondamentale de l'enquête SP
- 5 situations de choix par individu

ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Un exemple de situation de choix

Reportés
par le
répondant

Characteristics	Your vehicle	Vehicle with combustion engine from brand A	Electric vehicle from brand A
Make	Brand C	Brand A	Brand A
Model	Model X	Model Y	Model Z
Fuel	Gasoline	Gasoline	Electricity
Purchase price (in CHF)	42'400	37'200	56'880
Incentive (in CHF)	0	0	-1'000
Total purchase price (in CHF)	42'400	37'200	55'880
OR: Monthly leasing price (in CHF)	477	399	693
Maintenance costs (in CHF for 30'000 km)	850	850	425
Cost in fuel / electricity for 100 km (in CHF)	11.70	13.55	3.55
Battery lease (in CHF per month)	0	0	125
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Un exemple de situation de choix

Characteristics	Your vehicle	Vehicle with combustion engine from brand A	Electric vehicle from brand A
Make	Brand C	Brand A	Brand A
Model	Model X	Model Y	Model Z
Fuel	Gasoline	Gasoline	Electricity
Purchase price (in CHF)	42'400	37'200	56'880
Incentive (in CHF)	0	0	-1'000
Total purchase price (in CHF)	42'400	37'200	55'880
OR: Monthly leasing price (in CHF)	477	399	693
Maintenance costs (in CHF for 30'000 km)	850	850	425
Cost in fuel / electricity for 100 km (in CHF)	11.70	13.55	3.55
Battery lease (in CHF per month)	0	0	125
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Déduites du segment du véhicule du répondant

ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Un exemple de situation de choix

Characteristics	Your vehicle	Vehicle with combustion engine from brand A	Electric vehicle from brand A
Make	Brand C	Brand A	Brand A
Model	Model X	Model Y	Model Z
Fuel	Gasoline	Gasoline	Electricity
Purchase price (in CHF)	42'400	37'200	56'880
Incentive (in CHF)	0	0	-1'000
Total purchase price (in CHF)	42'400	37'200	55'880
OR: Monthly leasing price (in CHF)	477	399	693
Maintenance costs (in CHF for 30'000 km)	850	850	425
Cost in fuel / electricity for 100 km (in CHF)	11.70	13.55	3.55
Battery lease (in CHF per month)	0	0	125

Obtenus d'une base de données des véhicules neufs du marché actuel

ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Un exemple de situation de choix

Characteristics	Your vehicle	Vehicle with combustion engine from brand A	Electric vehicle from brand A
Make	Brand C	Brand A	Brand A
Model	Model X	Model Y	Model Z
Fuel	Gasoline	Gasoline	Electricity
Purchase price (in CHF)	42'400	37'200	56'880
Incentive (in CHF)	0	0	-1'000
Total purchase price (in CHF)	42'400	37'200	55'880
OR: Monthly leasing price (in CHF)	477	399	693
Maintenance costs (in CHF for 30'000 km)	850	850	425
Cost in fuel / electricity for 100 km (in CHF)	11.70	13.55	3.55
Battery lease (in CHF per month)	0	0	125
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Attributs fixes

ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Un exemple de situation de choix

Characteristics	Your vehicle	Vehicle with combustion engine from brand A	Electric vehicle from brand A
Make	Brand C	Brand A	Brand A
Model	Model X	Model Y	Model Z
Fuel	Gasoline	Gasoline	Electricity
Purchase price (in CHF)	42'400	37'200	56'880
Incentive (in CHF)	0	0	-1'000
Total purchase price (in CHF)	42'400	37'200	55'880
OR: Monthly leasing price (in CHF)	477	399	693
Maintenance costs (in CHF for 30'000 km)	850	850	425
Cost in fuel / electricity for 100 km (in CHF)	11.70	13.55	3.55
Battery lease (in CHF per month)	0	0	125

Variables du design

ETUDE DE CAS 2: CHOIX DE VÉHICULE

Design expérimental: « fractional factorial »

Variables du design:

Variable du VE	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4
Prix d'achat	$(P_{\text{orig.}} + 5'000) * 0.8$	$(P_{\text{orig.}} + 5'000) * 1$	$(P_{\text{orig.}} + 5'000) * 1.2$	-
Aide gouvernementale	- 0 CHF	- 500 CHF	- 1'000 CHF	- 5'000 CHF
Coût d'électricité pour 100 km	1.70 CHF	3.55 CHF	5.40 CHF	-
Leasing de la batterie	85 CHF	105 CHF	125 CHF	-

Plusieurs spécifications de modèles de choix pour les 2 études de cas:

- **Modèles de choix hybrides** avec indicateurs d'opinion:
 - **Modèle 1**: impact de l'attitude contre les transports publics sur le **choix modal**
 - **Modèle 2**: impact de d'une attitude contre les transports publics et d'une attitude pro-environnementale sur le choix modal
- **Modèles de choix hybrides** avec indicateurs en mots (adjectifs):
 - **Modèle 3**: impact de la perception du confort dans les transports publics sur le choix modal
- **Modèle logit** avec alternatives multiples
 - **Modèle 4**: identification des facteurs affectant le **choix de véhicule** (& le choix d'un véhicule électrique en particulier)

Modèle de choix hybride (forme continue)

Equations structurelles:

Modèle de choix:

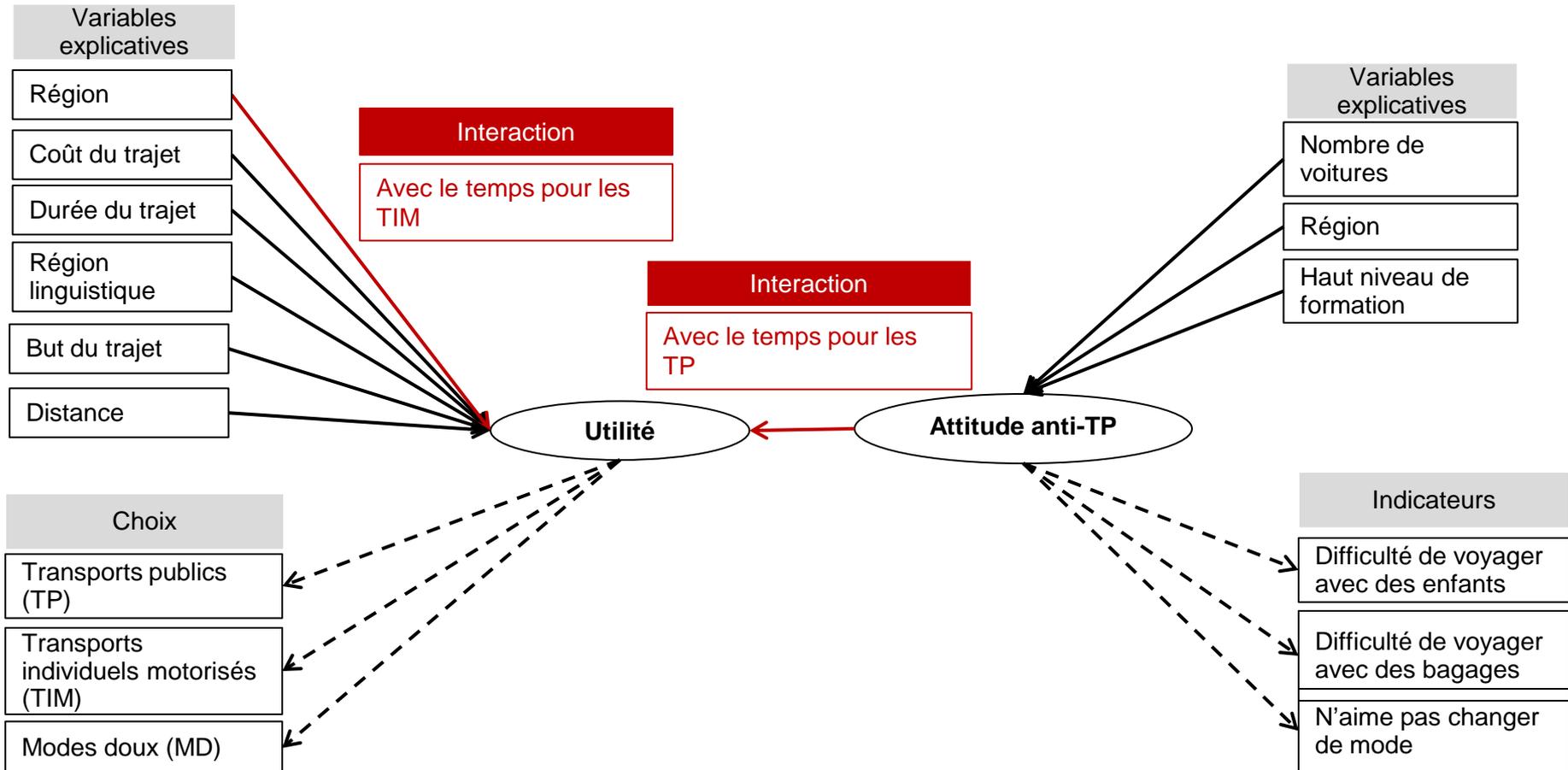
$$U_{in} = V(X_{in}, X_n^*; \beta) + \varepsilon_{in} \quad \text{avec} \quad \varepsilon_{in} \sim EV(0,1)$$

Modèle à variable latente:

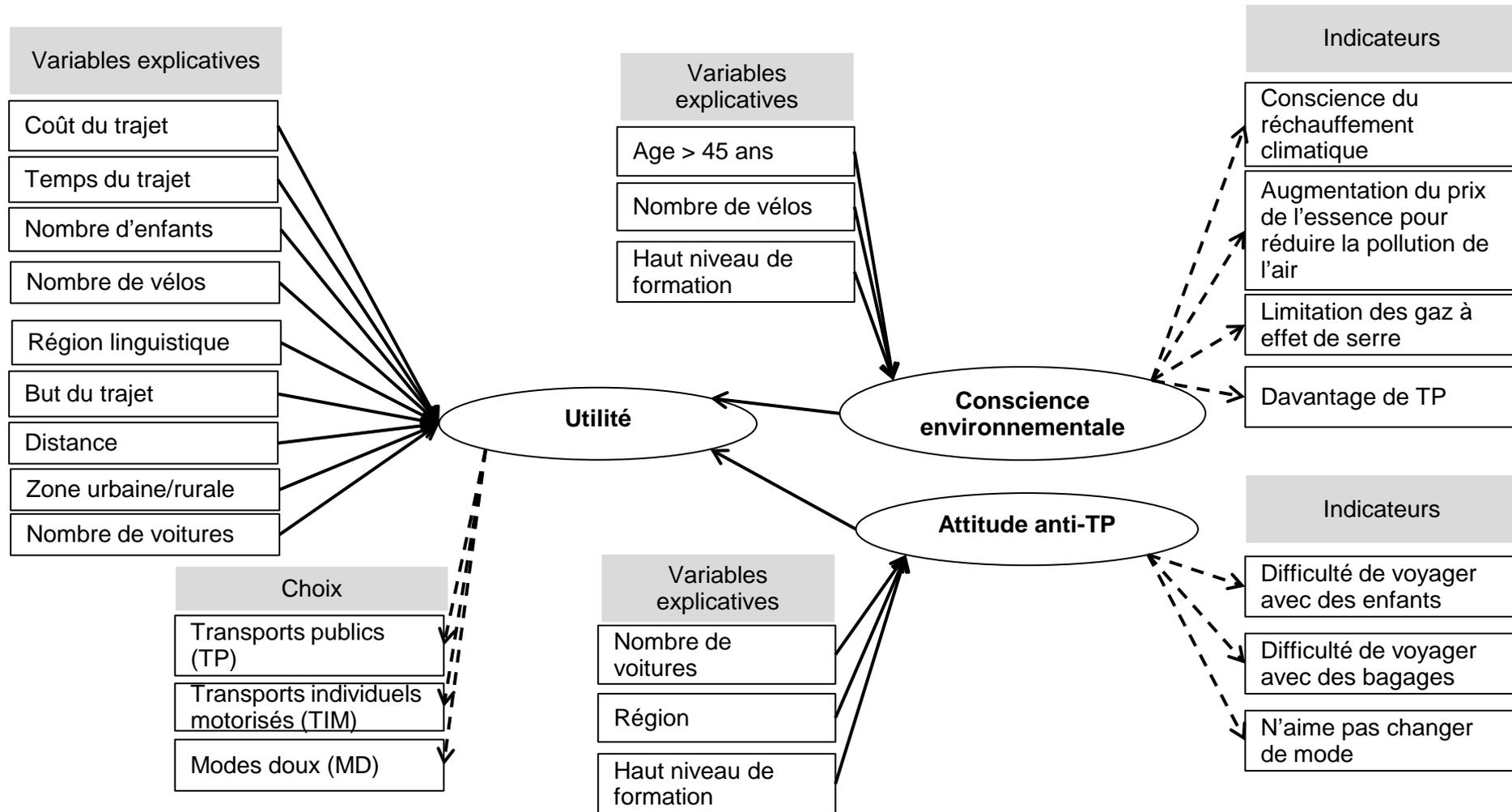
$$X_n^* = h(X_{in}; \lambda) + \omega_{in} \quad \text{avec} \quad \omega_{in} \sim N(0, \sigma_\omega)$$

Equations de mesure:

$$I_{kn} = \alpha_{kn} + \theta_{kn} X_n^* + \nu_{kn}, \quad \text{avec} \quad \nu_{kn} \sim N(0, \sigma_{kn})$$



MODÈLE 2



Modèle de choix hybride (forme discrète)

Equations structurelles:

Modèle de choix:

$$U_{in} = V(X_{in}, X_n^*; \beta) + \varepsilon_{in} \quad \text{avec} \quad \varepsilon_{in} \sim EV(0,1)$$

Modèle à variable latente:

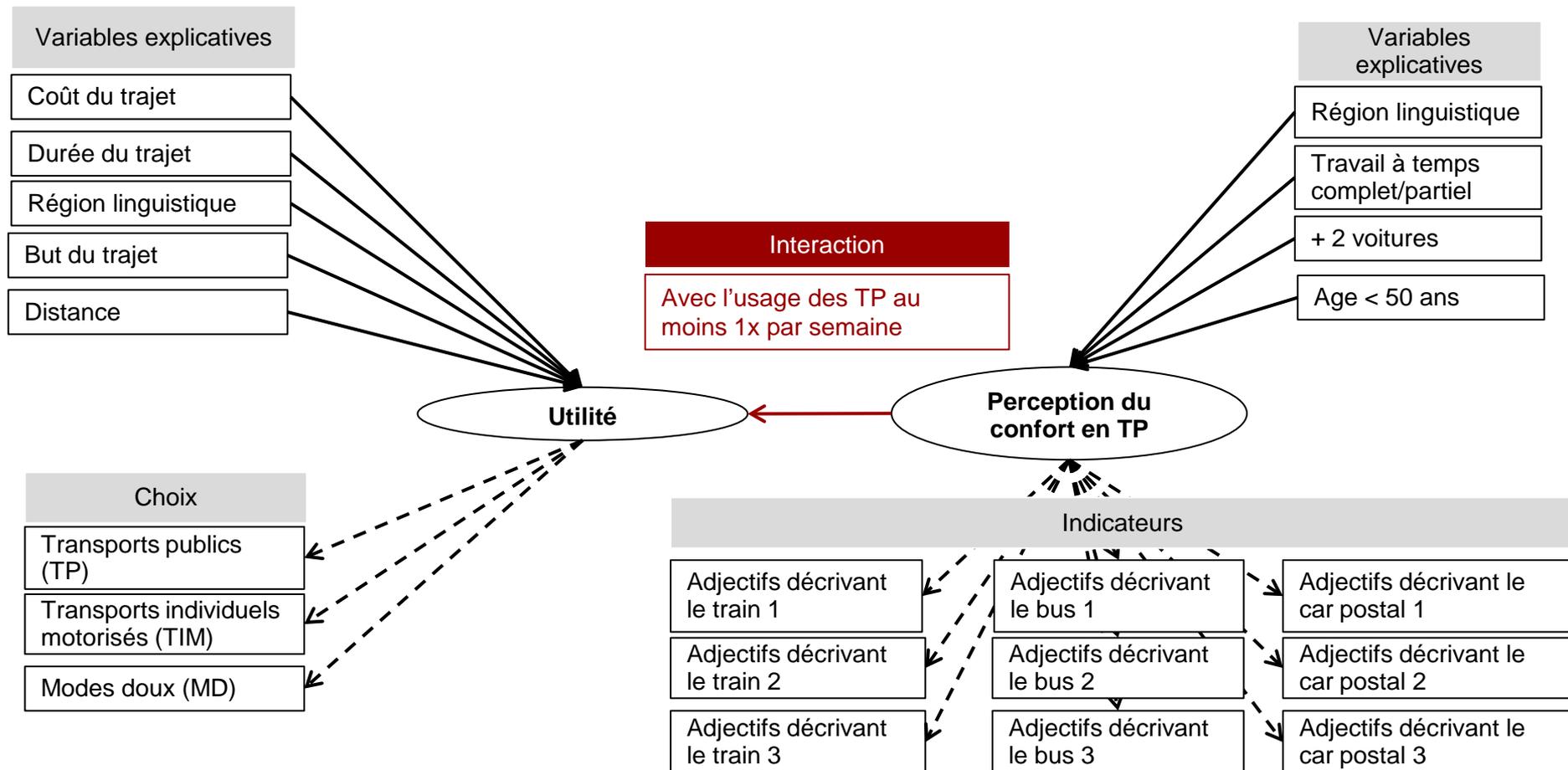
$$X_n^* = h(X_{in}; \lambda) + \omega_{in} \quad \text{avec} \quad \omega_{in} \sim N(0, \sigma_\omega)$$

Equations de mesure:

$$I_n = m(X_n^*; \alpha) + v_n$$

$$v_n \sim Logistic(0,1)$$

$$I_n = \begin{cases} -2 & \text{if } -\infty < X_n^* \leq \tau_1 \\ -1 & \text{if } \tau_1 < X_n^* \leq \tau_2 \\ 0 & \text{if } \tau_2 < X_n^* \leq \tau_3 \\ 1 & \text{if } \tau_3 < X_n^* \leq \tau_4 \\ 2 & \text{if } \tau_4 < X_n^* \leq +\infty \end{cases}$$

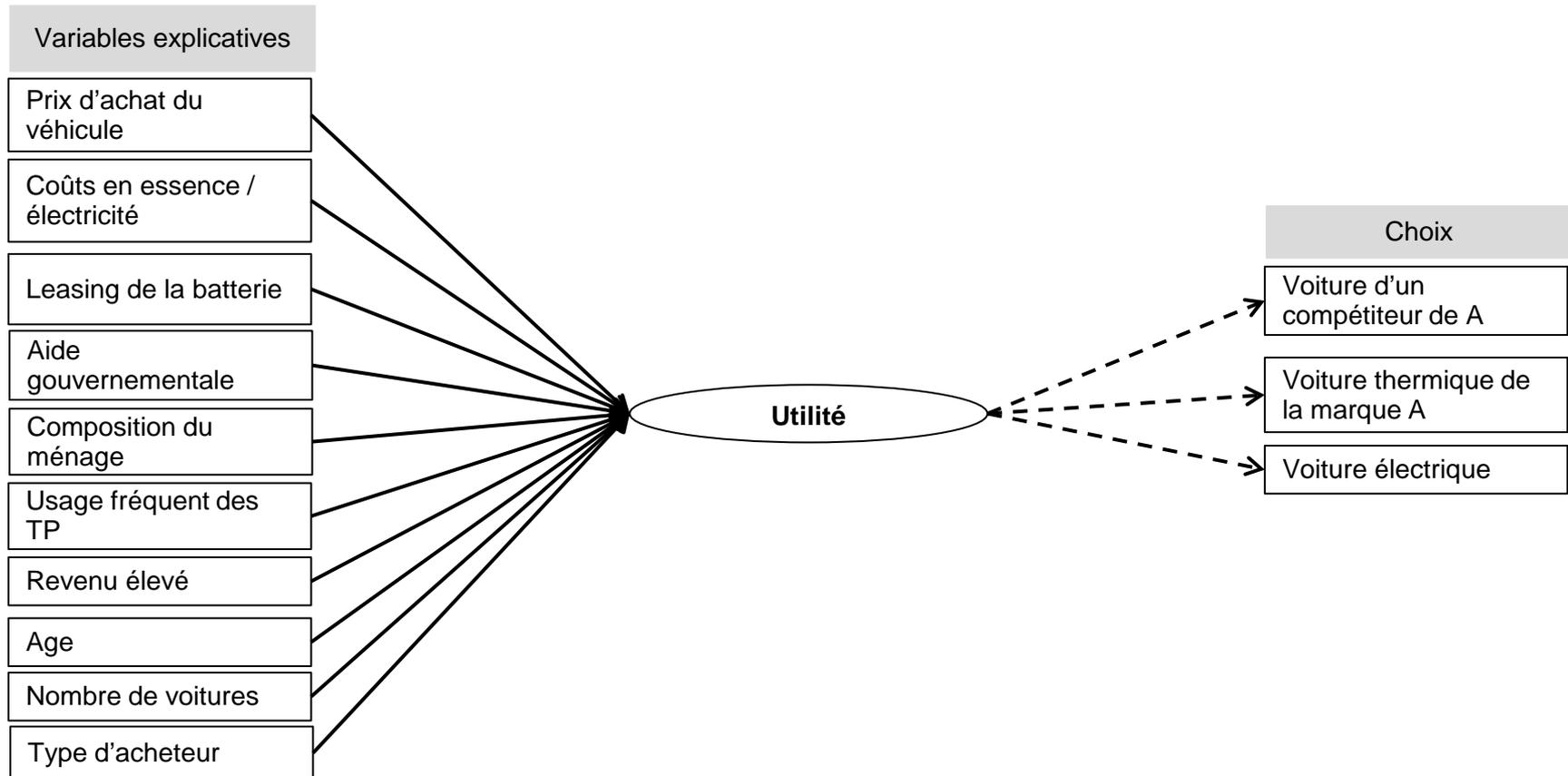


Modèle logit avec plusieurs alternatives

Equation structurelle:

Modèle de choix:

$$U_{in} = V(X_{in}, X_n^*; \beta) + \varepsilon_{in} \quad \text{avec} \quad \varepsilon_{in} \sim EV(0,1)$$



Fonction de vraisemblance pour un modèle de choix hybride:

$$L = \prod_{n=1}^N f(y_{in}, I_n | X_{in}; \alpha, \beta, \lambda, \sigma_\omega) \quad \text{avec}$$

$$f(y_{in}, I_n | X_{in}; \alpha, \beta, \lambda, \sigma_\omega) = \int_{X_n^*} P(y_{in} | X_{in}, X_n^*; \beta) \cdot f(I_n | X_{in}, X_n^*; \alpha) \cdot f(X_n^* | X_n; \lambda, \sigma_\omega) dX_n^*$$

$$y_{in} = \begin{cases} 1 & \text{si } U_{in} = \max_j U_{jn} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Estimation par maximum de vraisemblance

Utilisation du logiciel **BIOGEME**

(Bierlaire, 2003; Bierlaire et Fétiarison, 2009)

Modèle de choix

- Coût et distance: impact négatif sur le choix
- Effet du temps en TIM diffère d'une région à l'autre
- Individus avec attitude anti-TP: très sensibles à des variations du temps en TP
- TP préférés pour se rendre au travail
- Individus des régions francophones préfèrent les TIM.

	Utilités	TIM	TP	MD
	0.483	-	1	-
	0.175	-	-	1
	-0.0421	Durée TIM	-	-
	0.0142	-	Durée TP	-
	-0.92	-	Durée TP · Anti-TP / 100	-
	0.00735	Durée TIM · Valais	-	-
	0.018	Durée TIM · Berne	-	-
	0.0156	Durée TIM · Bâle	-	-
	0.0147	Durée TIM · Est CH	-	-
	0.0133	Durée TIM · Grisons	-	-
	-0.0709	Coût TIM	Coût TP	-
	-0.231	-	-	Distance
	-0.465	Trajets travail	-	-
	1.35	Partie francophone	-	-

Modèle à variable latente

- TP bien perçus dans les régions germanophones
- Individus avec plusieurs voitures dans le ménage n'apprécient pas les TP.
- Un haut niveau de formation conduit à une attitude positive envers les TP.

Attitude anti-TP	Variable
2.95	1
-0.224	Bâle
-0.27	Grisons
-0.205	Est CH
-0.198	Valais
-0.34	Berne
0.123	Nombre de voitures
-0.159	Haut niveau de formation

Modèle de choix

- Coefficients du temps, du coût et de la distance négatifs
- Attitude anti-TP a un effet négatif sur le choix des TP
- Attitude pro-environnementale favorise le choix des TP

Utilités	TIM	TP	MD
-0.599	1	-	-
-0.772	-	-	1
-0.0294	Durée TIM	-	-
-0.0119	-	Durée TP	-
-0.0559	Coût TIM	Coût TP	-
-0.224	-	-	Distance
-0.574	-	Anti-TP	-
0.393	-	Pro-environnemental	-

Modèle de choix

- Plusieurs voitures, enfants dans le ménage favorisent l'usage des TIM
- Les TP et MD sont préférés pour les trajets au travail
- Les TIM sont préférés dans les régions francophones
- Les TP sont préférés dans les régions urbaines
- Les étudiants préfèrent les TP
- Les ménages comprenant plusieurs vélos préfèrent les MD

Utilités	TIM	TP	MD
0.970	Nombre de voitures	-	-
0.215	Nombre d'enfants	-	-
--0.583	Trajets travail	-	-
1.06	Francophone	-	-
0.283	-	Urbain	-
3.26	-	Etudiant	-
0.385	-	-	Nombre de vélos

Modèles à variables latentes

Anti-TP

- Plusieurs voitures, niveau d'éducation bas favorisent une attitude anti-TP
- Germanophones ont une attitude pro-TP

Pro-environnement

- Haut niveau d'éducation, plusieurs vélos dans le ménage, âge > 45 ans favorisent une attitude pro-environnementale

Attitudes	Anti-PT	Pro-environnement
3.02	1	-
3.23	-	1
0.104	Nb de voitures	-
0.235	- Haut niveau de formation	Haut niveau de formation
0.0845	-	Nb vélos
0.00445	-	Age > 45
-0.223	Valais	
-0.361	Berne	-
-0.256	Bâle	-
-0.228	Est CH	-
-0.303	Grisons	-

Modèle de choix

- Coefficients négatifs des temps, coûts et distance
- TP et MD sont préférés pour les trajets au travail
- Les TIM sont préférés aux TP dans les régions francophones
- Une bonne image du confort dans les TP encourage leur choix

Utilités	TIM	TP	MD
0.425	1	-	-
-1.78	-	1	-
-0.0214	Durée TIM	-	-
-0.00857	-	Durée TP	-
-0.0223	Coût TIM	Coût TP	-
-0.209	-	-	Distance
-0.553	Trajets travail	-	-
-0.114	-	Trajets travail	-
0.966	Francophone	-	-
0.411	-	Francophone	-
0.394	-	Image confort TP	-

Modèle à variable latente

- Bonne perception du confort en TP dans les régions germanophones
- Les individus < 50 perçoivent le confort en TP de manière négative
- Les individus travaillant à temps plein/partiel ont une image négative du confort en TP
- Les individus avec plus d'une voiture ont une image négative du confort en TP

Image du confort en TP	Variable
7.43	1
0.143	Germanophone
-0.277	Age < 50
-0.286	Travail temps plein/partiel
-0.193	Nombre de voitures > 1

Modèle de choix

- Le prix a l'effet le plus important sur le choix d'un VE
- Hétérogénéité dans la perception du prix au sein de la population d'acheteurs

Utilités	Concurrence, thermique	Marque A, thermique	Marque A, électrique
-0.0212**	Prix CT	-	-
-0.211	-	Prix AT · Groupes1245	-
-0.598	-	Prix AT · Groupe3	-
-0.404	-	-	Prix AE · Groupes12
-1.00	-	-	Prix AE · Groupe3
-0.628	-	-	Prix AE · Groupes45
-0.049**	Coût d'utilisation, thermique	Coût d'utilisation, thermique	-

** <90% significativité

Modèle de choix

- Impact des coûts d'utilisation diffère d'un modèle de VE à l'autre
- Les coûts d'utilisation affectent seulement le choix d'un des 2 modèles de VE
- Une aide gouvernementale importante favorise le choix d'un VE

Utilités	Concurrence, thermique	Marque A, thermique	Marque A, électrique
-0.252	-	-	Haut coût d'utilisation · Modèle1
-0.778	-	-	Haut coût d'utilisation · Modèle2
-0.447	-	-	Coût d'utilisation moyen · Modèle2
-0.205*	-	-	Leasing de la batterie élevé
-0.0539**	-	-	Leasing de la batterie moyen
0.73	-	-	Aide gouvernementale élevée
0.0803**	-	-	Aide gouvernementale moyenne
-0.00224**	-	-	Aide gouvernementale basse

** <90% significativité

Modèle de choix

- Utilisateurs des TP préfèrent le VE
- Familles avec enfants: clients potentiels
- Un revenu élevé favorise le choix d'un VE
- Hétérogénéité des les préférences dans la population d'acheteurs potentiels

Utilités	Concurrence, thermique	Marque A, thermique	Marque A, électrique
-0.279	TP · Groupes1245	-	-
-0.552	-	TP · Groupes1245	-
-1.85	TP · Groupe3	-	-
-1.07	-	TP · Groupe3	-
-0.217	Familles avec enfants	-	-
0.0454**	-	Familles avec enfants	-
-0.25	Revenu	-	-
-0.297	-	Revenu	-

** <90% significativité

Modèle de choix

- Acheteurs potentiels des VE possèdent plusieurs voitures
- Les VE sont plus appréciés dans les régions germanophones et italianophones
- L'âge a un impact sur le choix de voiture

Utilités	Concurrence, thermique	Marque A, thermique	Marque A, électrique
-0.172	Nb voitures · Groupes1245	-	-
-0.157	-	Nb cars · Groupes1245	-
-0.384**	Nb cars · Groupe3	-	-
-0.729	-	Nb cars · Groupe3	-
0.335	Francophone	-	-
0.0876**	-	Francophone	-
0.0124	Age	-	-
-0.00187**	-	Age	-

** <90% significativité

Modèle de choix

- Hétérogénéité dans les préférences des acheteurs potentiels

Utilités	Concurrence, thermique	Marque A, thermique	Marque A, électrique
1.97	Groupes12	-	-
1.04	-	Groupes12	-
-0.635	Groupe3	-	-
2.45	-	Groupe3	-
-2.12	1	-	-
-1.67	-	1	-

** <90% significativité

Correction des constantes

Utilisation de:

- Données de marché pour les alternative existantes
- Données de l'enquête SP

} Pour estimer la part probable des VE

Correction des constantes

Evaluation de la part de marché potentielle des VE

Taux d'acceptation du VE dans le questionnaire pour les détenteurs de CT (pondéré)

Taux d'acceptation du VE dans le questionnaire pour les détenteurs de AT (pondéré)

$$PM(AE) = \%(\text{Choix AE} \mid \text{Possède CT}) \cdot 95\% + \%(\text{Choix AE} \mid \text{Possède AT}) \cdot 5\%$$

Part de marché de la concurrence

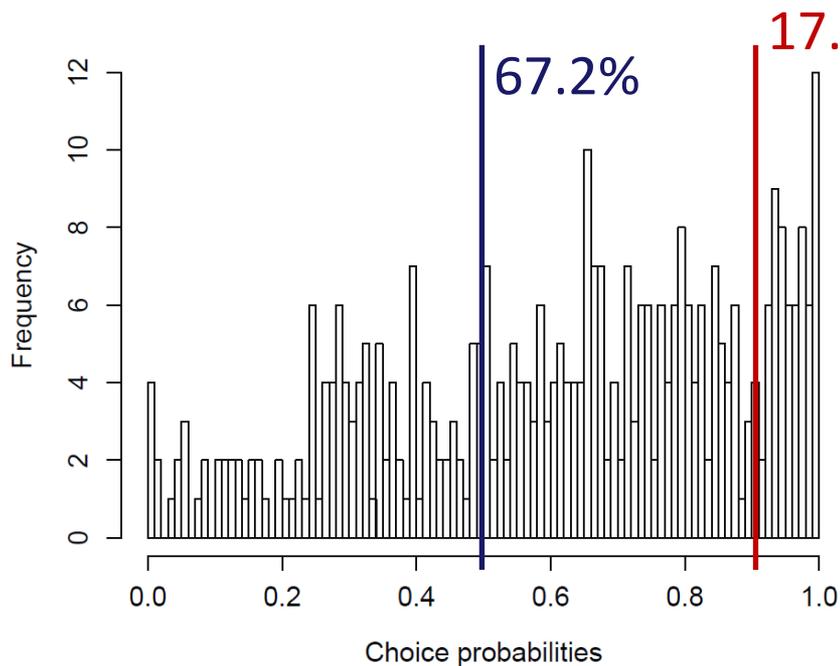
Part de marché de la marque A

Application des modèles montre que le pouvoir prédictif de modèles de choix est amélioré suite à l'inclusion de variables latentes

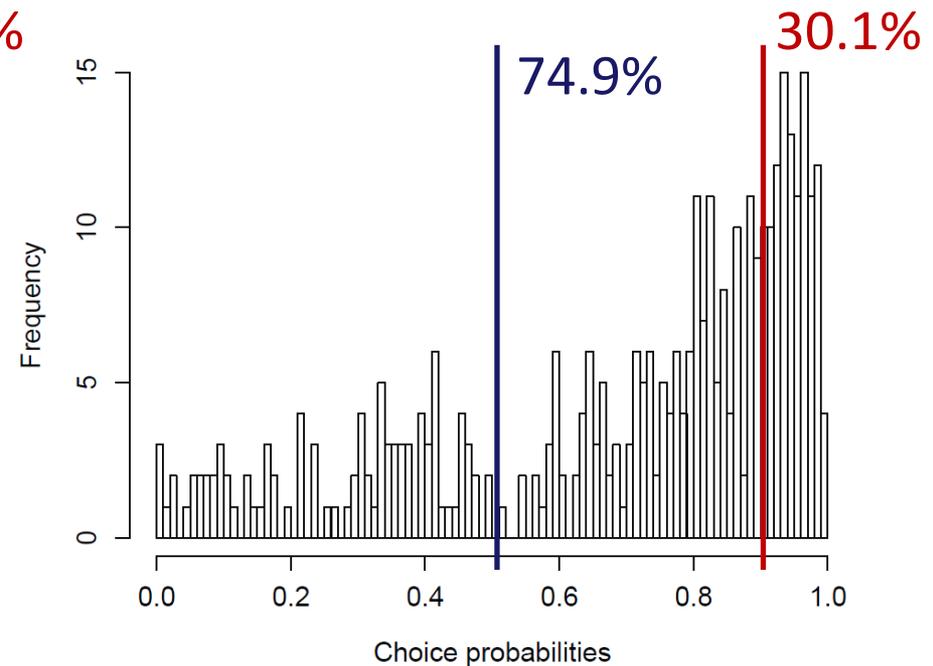
⇒ Histogramme des probabilités de choix

⇒ Exemple pour le **modèle 3** (étude de cas 1: choix modal)

Histogramme des probabilités de choix prédites par le modèle logit (MNL) et le modèle de choix hybride (HCM) (80%/20%)



MNL



HCM

Questions survenant lors de l'application de modèles de choix hybrides et de leur utilisation pour la prédiction

1. Comment peut-on dériver des indicateurs de demande impliquant des variables latentes?
2. Comment peut-on introduire des données de marché agrégées pour la prédiction de parts de marché?

1. Analyse des indicateurs de demande impliquant des variables latentes

Indicateurs de demande dépendant d'une variable latente:

⇒ Permettent de tenir compte de l'hétérogénéité de la valeur du temps (VOT) dans la population (Abou-Zeid et al., 2010)

Valeur du temps:
$$VOT_{TP,n} = \frac{\beta_{duréeTP} - \beta_{antiTP} \cdot antiTP_n}{\beta_{coûtTP}}$$

Resultat:

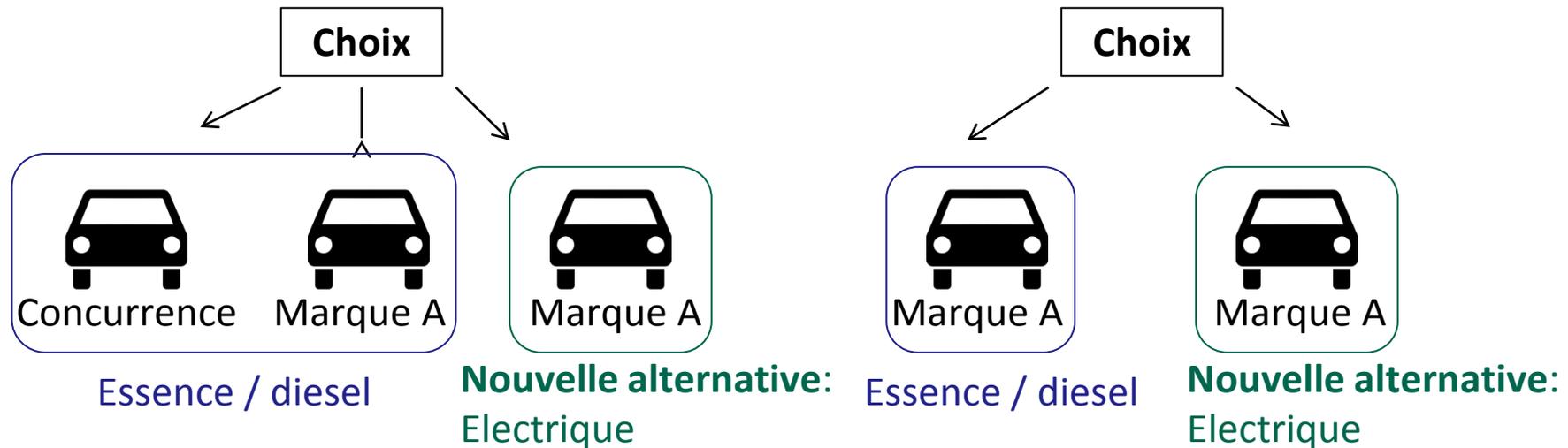
- Pour les individus avec une attitude négative envers les TP:
⇒ une augmentation de la durée de trajet va décroître la probabilité de sélectionner TP.
- Pour les individus avec une attitude positive envers les TP:
⇒ une augmentation de la durée de trajet va accroître la probabilité de sélectionner les TP.
- Impact sur la VOT.

2. Intégration de données de marché agrégées pour la prédiction

Information manquante sur une alternative dans un modèle basé sur une enquête SP

⇒ Intégration d'alternatives agrégées pour la prédiction des parts de marché

Deux types de situations de choix pour l'étude de cas 2



Problème:

- Ensemble de choix: supposé représenter toutes les alternatives disponibles à chaque individu
- Pas le cas pour les détenteurs de voitures de la marque A

Solution:

- Imputer des données de marché agrégées pour l'alternative « Concurrence »

Alternative agrégée imputée pour la « concurrence »:

$$V_{CT} = \log \sum_{l \in L} \exp V_{ln}$$

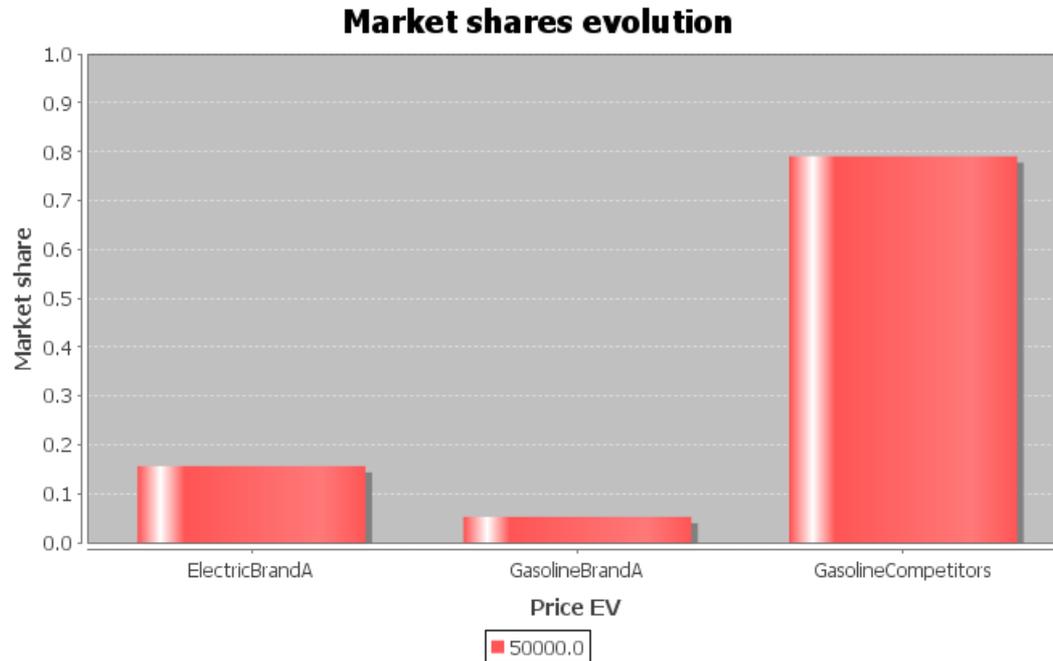
$$V_{ln} = ASC_{CT} + \sum_{s \in S_n} \beta_s \cdot x_s + \beta_{prix_{CT}} \cdot prix_l + \beta_{CoûtUsageThermique} \cdot Coût100_l \cdot (Coût100_l \leq 12)$$

Précisément: création d'une alternative agrégée utilisant **prix** et **coûts** d'utilisation des nouvelles voitures sur le marché (dans même segment que 2 alternatives proposées)

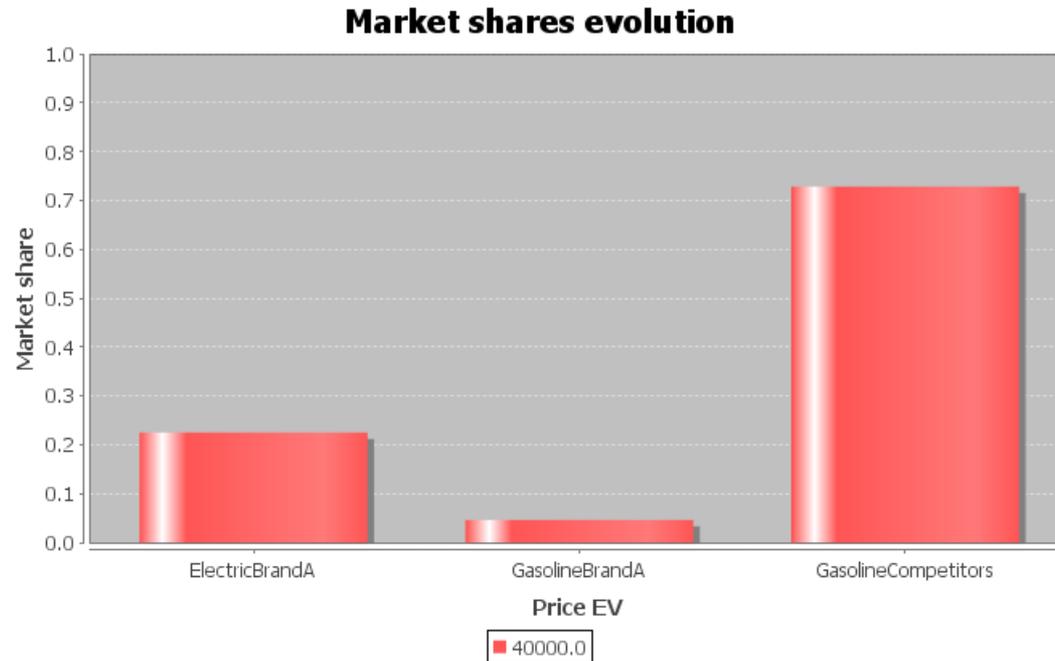
Evolution des parts de marché

Modèles de choix développés: peuvent être utilisés pour prédire l'effet d'un changement dans une variable (ou plus) sur les parts de marché de toutes les alternatives.

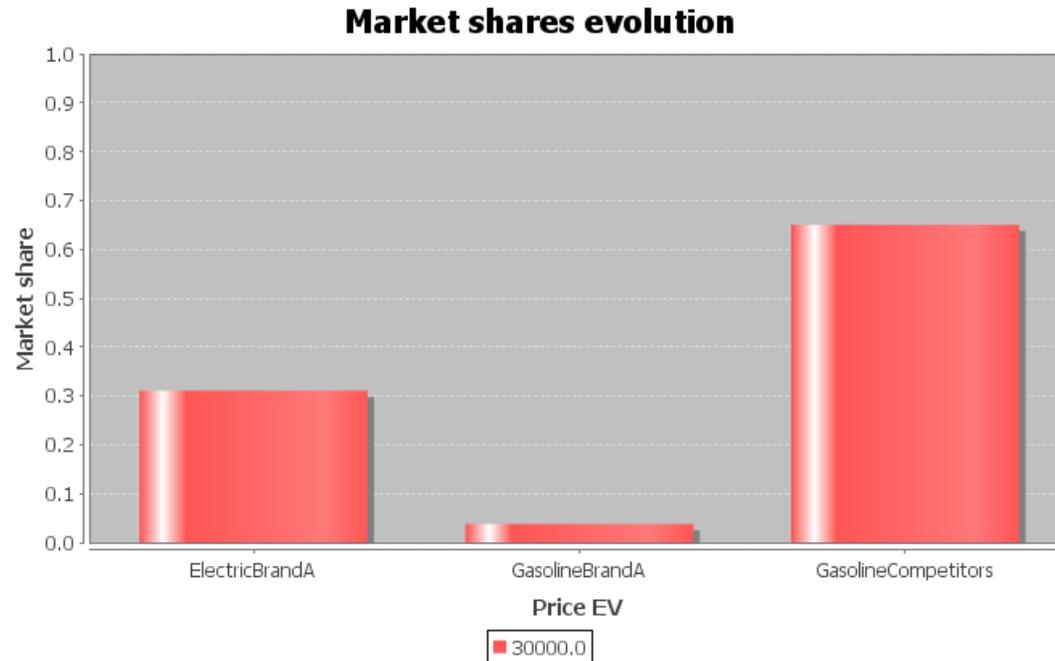
Exemple (modèle 4): quelle est l'effet d'une réduction du prix d'un VE sur le marché automobile?



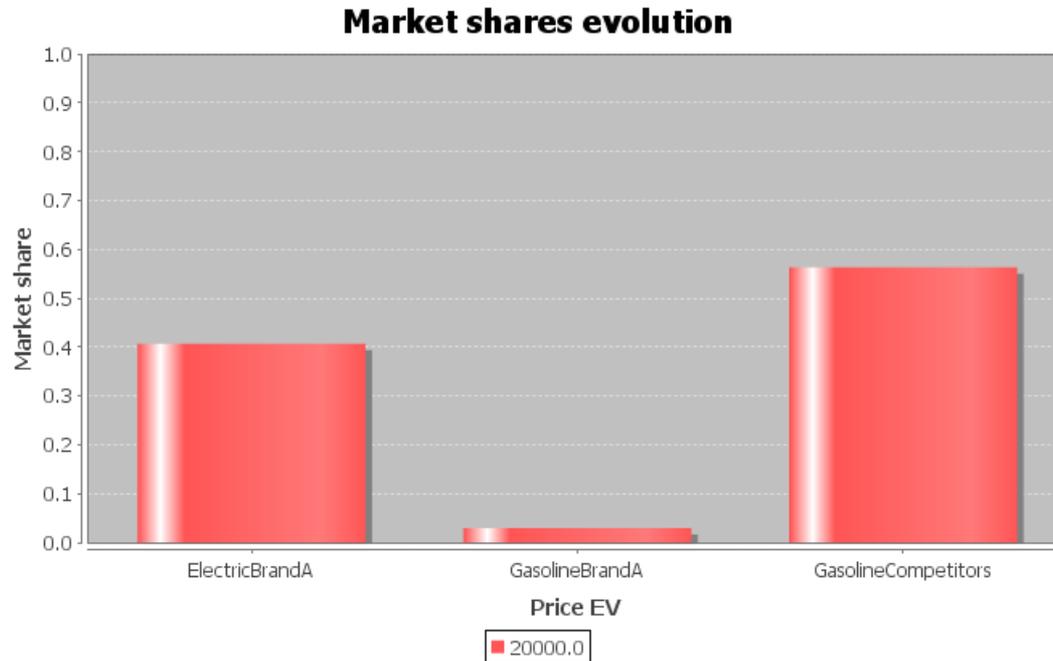
Parts de marché quand le prix d'un VE = 50'000 CHF (\approx 43'400 €)



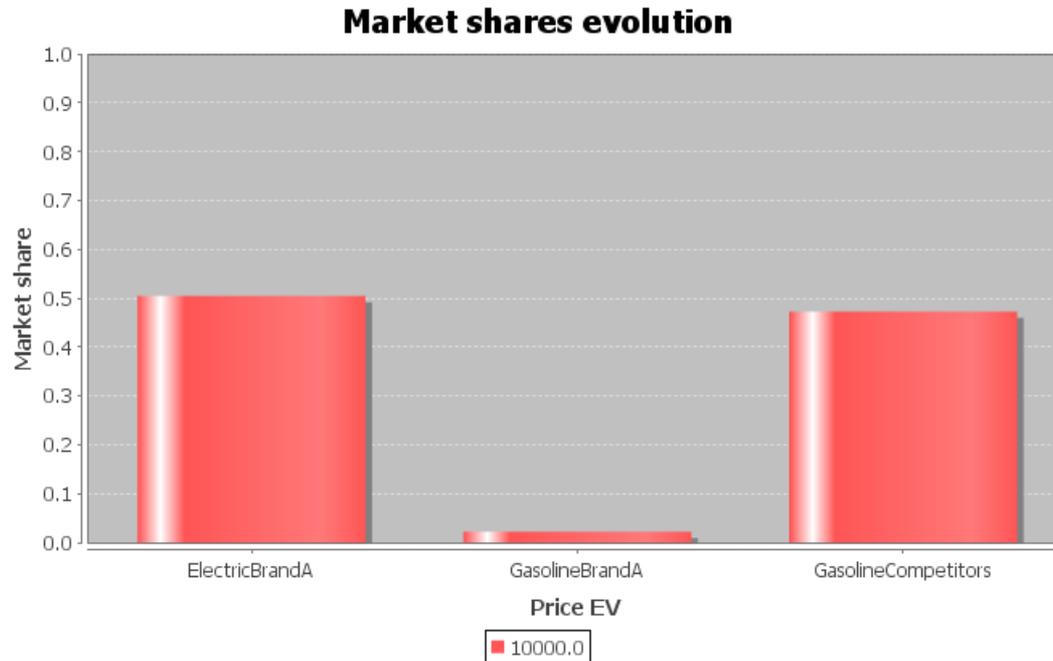
Parts de marché quand le prix d'un VE = 40'000 CHF (\approx 32'300 €)



Parts de marché quand le prix d'un VE = 30'000 CHF (\approx 24'200 €)



Parts de marché quand le prix d'un VE = 20'000 CHF (\approx 16'100 €)



Parts de marché quand le prix d'un VE = 10'000 CHF (\approx 8'100 €)

Développements récents en modélisation de choix: intégration d'attitudes et perceptions dans un modèle de choix

- Les attitudes / perceptions ont un impact significatif sur le choix
- Le pouvoir de prédiction d'un modèle logit est amélioré
- Définitions d'indicateurs de demande plus complexes