Un nouveau modèle hybride pour la modélisation de la conduite imprudente et de la gravité des accidents

Séminaire Interne IIDE
12.10.2023 | HEIG-VD

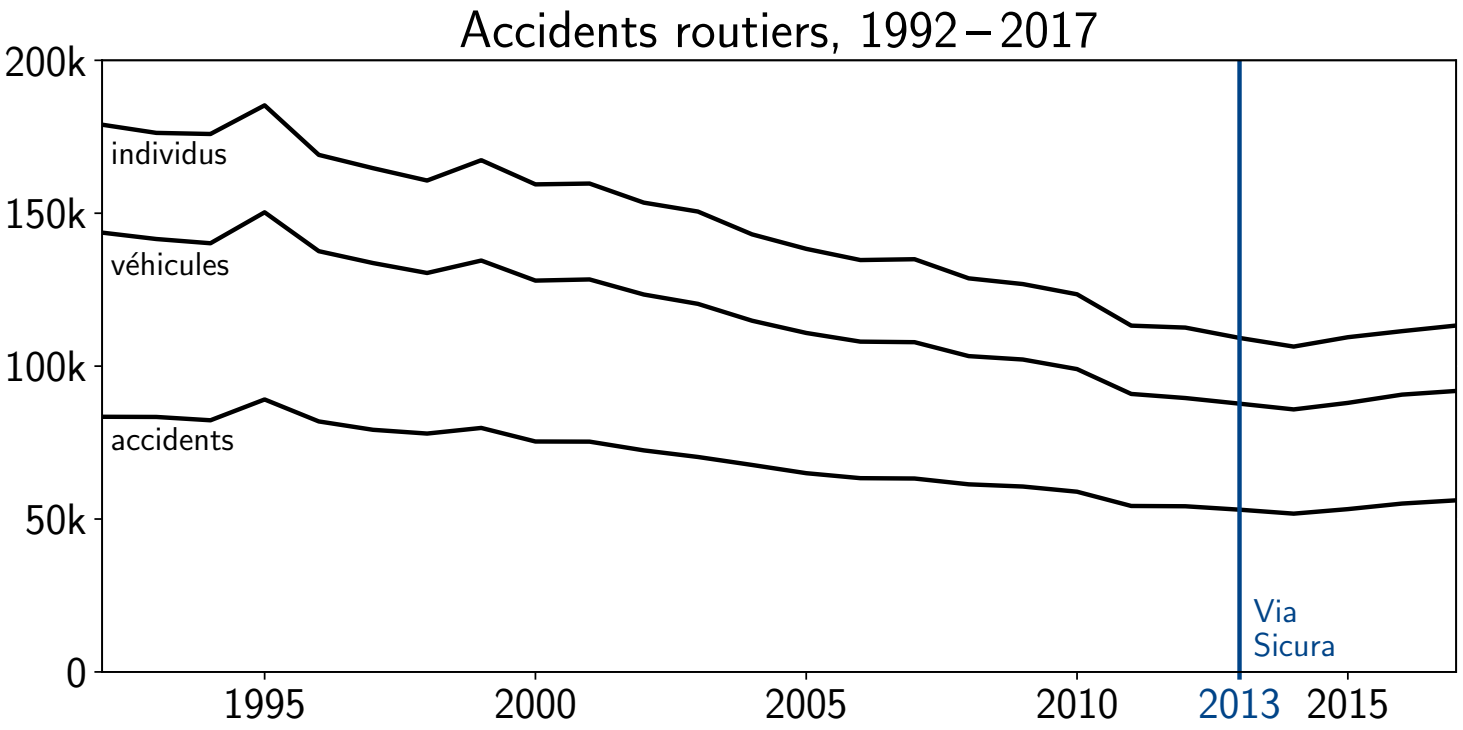
N. Ortelli [1,2], S. Varotto [3], M. Bierlaire [2], M. de Lapparent [1]

[1] Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud, HES-SO
[2] Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
[3] Université Gustave Eiffel, Lyon

Sécurité routière en Suisse

Via Sicura (OFROU, 2005)

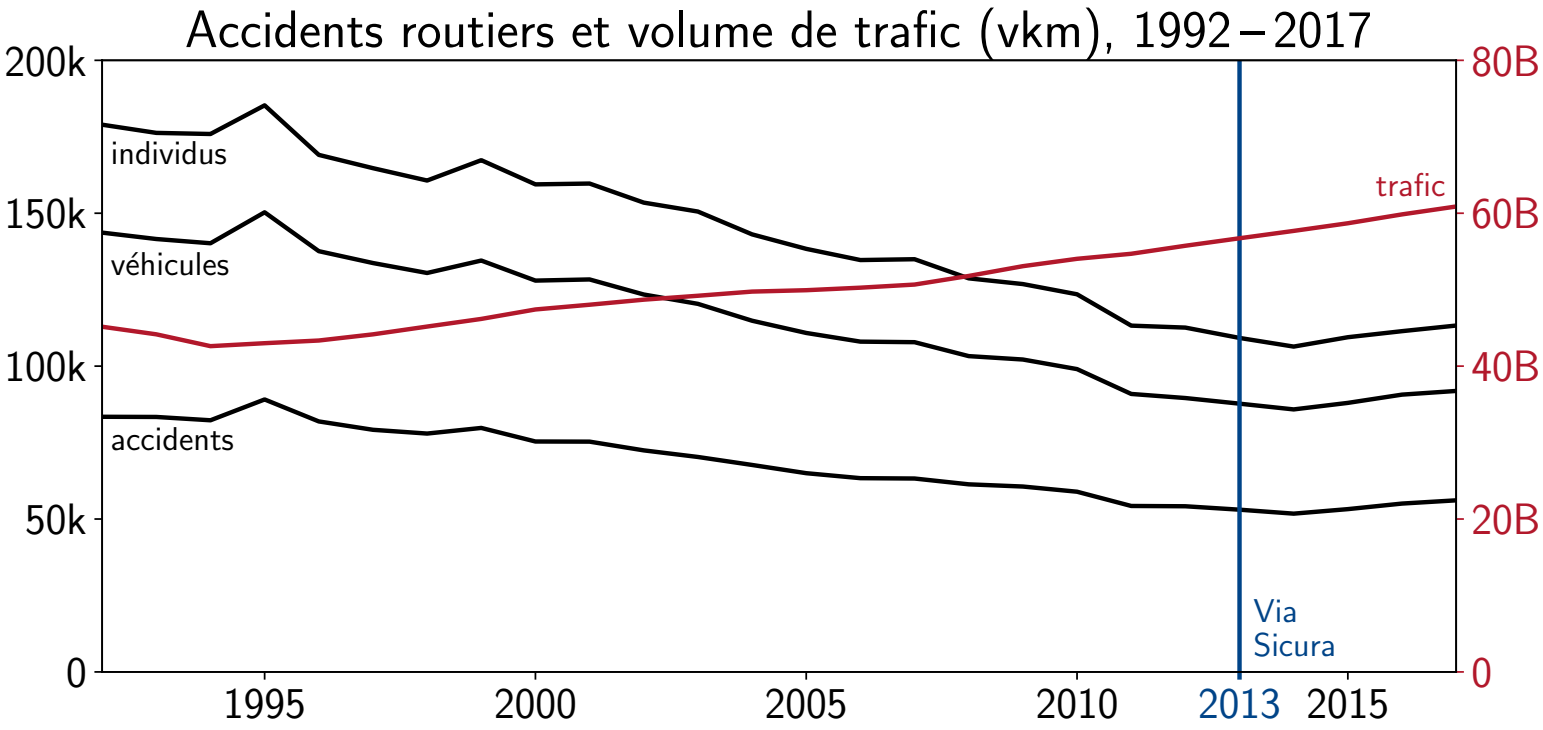
- Programme d'action pour la sécurité routière.
- "Réduire le nombre de tués et de blessés graves sur les routes."
- 20 mesures législatives, **préventives** et **répressives**.



Sécurité routière en Suisse

Via Sicura (OFROU, 2005)

- Programme d'action pour la sécurité routière.
- "Réduire le nombre de tués et de blessés graves sur les routes."
- 20 mesures législatives, **préventives** et **répressives**.



Evaluation officielle

Méthode (OFROU, 2017)

- Régression sur le nombre annuel de tués et blessés graves:
  - Estimation sur les données 2000 – 2012.
  - Prédiction sur les données 2013 – 2015, **comme si Via Sicura n'existait pas !**
- Moyenne de 4 modèles distincts.

	2013	2014	2015
Ridge	4'471	4'599	4'313
Lasso	4'495	4'546	4'504
Non-linear	4'269	4'180	4'025
PLS	4'354	4'442	4'332

Evaluation officielle

Méthode (OFROU, 2017)

- Régression sur le nombre annuel de tués et blessés graves:
  - Estimation sur les données 2000 – 2012.
  - Prédiction sur les données 2013 – 2015, **comme si Via Sicura n'existait pas !**
- Moyenne de 4 modèles distincts.

	2013	2014	2015
Ridge	4'471	4'599	4'313
Lasso	4'495	4'546	4'504
Non-linear	4'269	4'180	4'025
PLS	4'354	4'442	4'332
Moyenne	4'397	4'442	4'294

Evaluation officielle

Méthode (OFROU, 2017)

- Régression sur le nombre annuel de tués et blessés graves:
  - Estimation sur les données 2000 – 2012.
  - Prédiction sur les données 2013 – 2015, **comme si Via Sicura n'existait pas !**
- Moyenne de 4 modèles distincts.

	2013	2014	2015
Ridge	4'471	4'599	4'313
Lasso	4'495	4'546	4'504
Non-linear	4'269	4'180	4'025
PLS	4'354	4'442	4'332
Moyenne	4'397	4'442	4'294
Observés (avec Via Sicura !)	4'398	4'286	4'351

Evaluation officielle

Méthode (OFROU, 2017)

- Régression sur le nombre annuel de tués et blessés graves:
  - Estimation sur les données 2000 – 2012.
  - Prédiction sur les données 2013 – 2015, **comme si Via Sicura n'existait pas !**
- Moyenne de 4 modèles distincts.

	2013	2014	2015
Ridge	4'471	4'599	4'313
Lasso	4'495	4'546	4'504
Non-linear	4'269	4'180	4'025
PLS	4'354	4'442	4'332
Moyenne	4'397	4'442	4'294
Observés (avec Via Sicura !)	4'398	4'286	4'351
Différence	**+1**	**−156**	**+57**

Evaluation officielle

Méthode (OFROU, 2017)

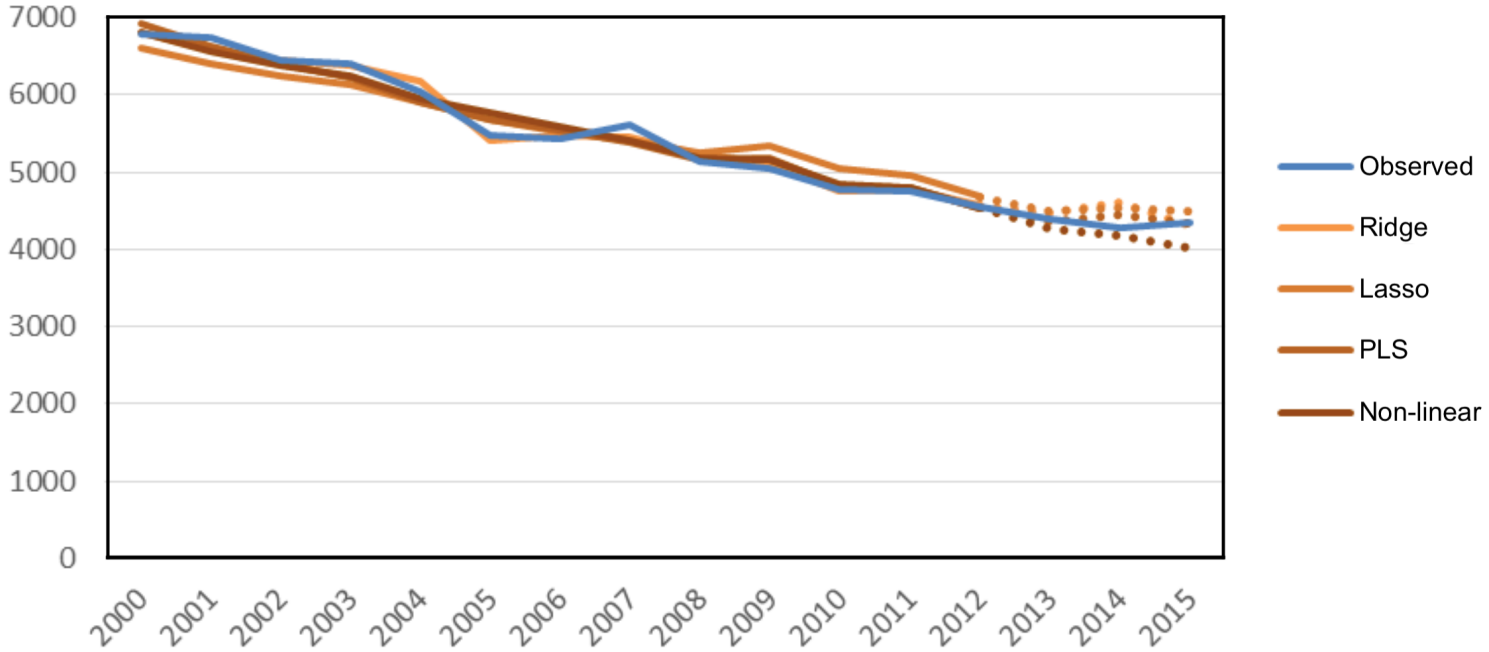
- Régression sur le nombre annuel de tués et blessés graves:
  - Estimation sur les données 2000 – 2012.
  - Prédiction sur les données 2013 – 2015, **comme si Via Sicura n'existait pas !**
- Moyenne de 4 modèles distincts.

	Erreur	2013	2014	2015
Ridge	108	4'471	4'599	4'313
Lasso	213	4'495	4'546	4'504
Non-linear	141	4'269	4'180	4'025
PLS	134	4'354	4'442	4'332
Moyenne		4'397	4'442	4'294
Observés (avec Via Sicura !)		4'398	4'286	4'351
Différence		**+1**	**−156**	**+57**

Official evaluation

Résultat (OFROU, 2017)

- L'effet de Via Sicura **n'est pas significatif**...
- ... mais est-ce que la méthode est appropriée ?



Peut-on faire mieux ?

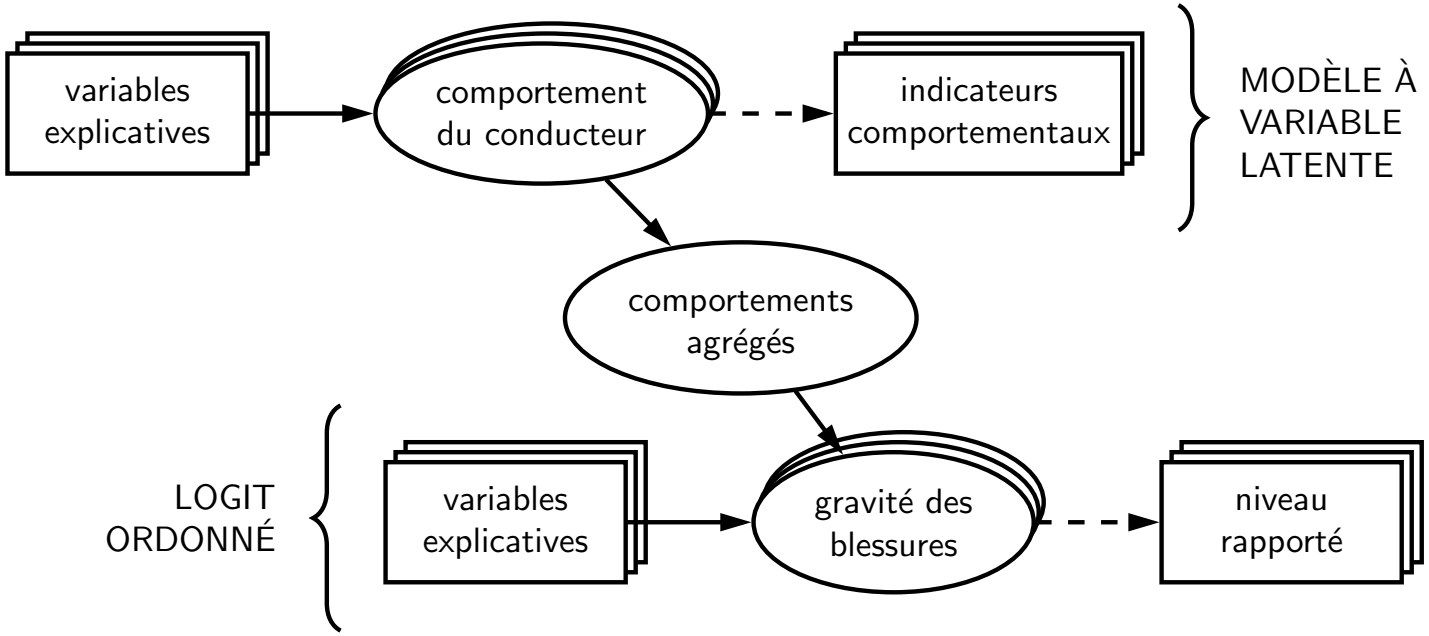
Modèle hybride (≈ Lavieri *et al.*, 2016)

- Approche désagrégée.
- Logit ordonné pour la gravité des blessures.
- Conduite imprudente comme variable latente.
- On peut évaluer l'effet dissuasif de Via Sicura !

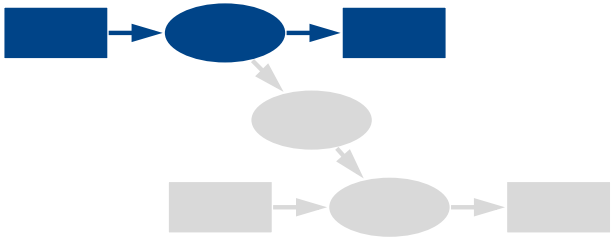
Données à disposition

- Procès verbaux de **tous les accidents** survenus entre 1992 et 2017:
  - 1.8M accidents.
  - 3.0M véhicules.
  - 3.7M individus.
- Validation du modèle sur les données 2012 – 2013.

Structure du modèle



Modèle à variable latente



Comportement du conducteur

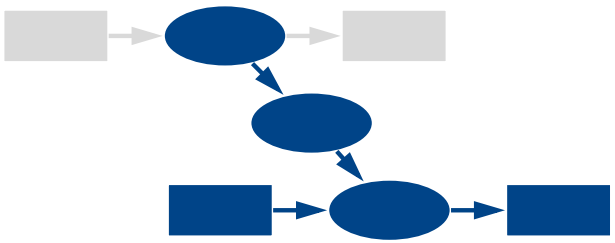
$$x_d^* = \sum_\ell \gamma_\ell z_{d\ell} + \omega_d, \quad \omega_d \sim \mathcal{N}(0, \sigma)$$

Indicateurs comportementaux

$$I_{id}^* = \alpha_{i,0} + \alpha_{i,1} x_d^* + \nu_{id}, \quad \nu_{id} \sim \mathcal{N}(0, 1)$$

$$\begin{cases} P\left(I_{id} = 0\right) = P\left(I_{id}^* < 0\right) \\ P\left(I_{id} = 1\right) = P\left(I_{id}^* \geq 0\right) \end{cases}$$

Logit ordonné



Comportements agrégés

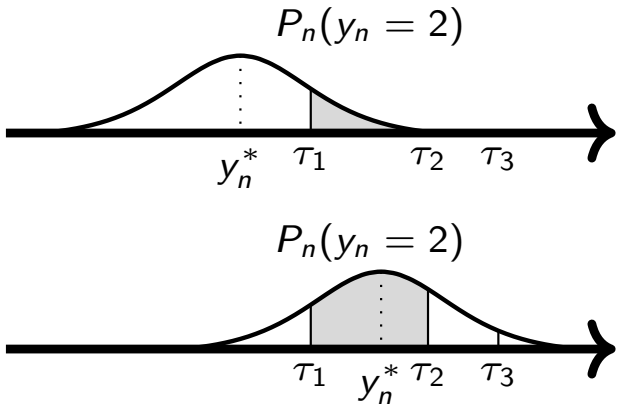
$$x^* = \frac{1}{D}\sum_{d=1}^{D} x_d^*$$

Gravité des blessures

$$y_n^* = \sum_k \beta_k x_{nk} + \beta^* x^* + \varepsilon_n, \quad \varepsilon_n \sim \mathcal{L}(0, \sigma_\varepsilon)$$

Niveau rapporté

$$P_n\left(y_n = j\right) = P\left(\tau_{j-1} < y_n^* < \tau_j\right)$$



Rapport d'estimation

Estimation séquentielle

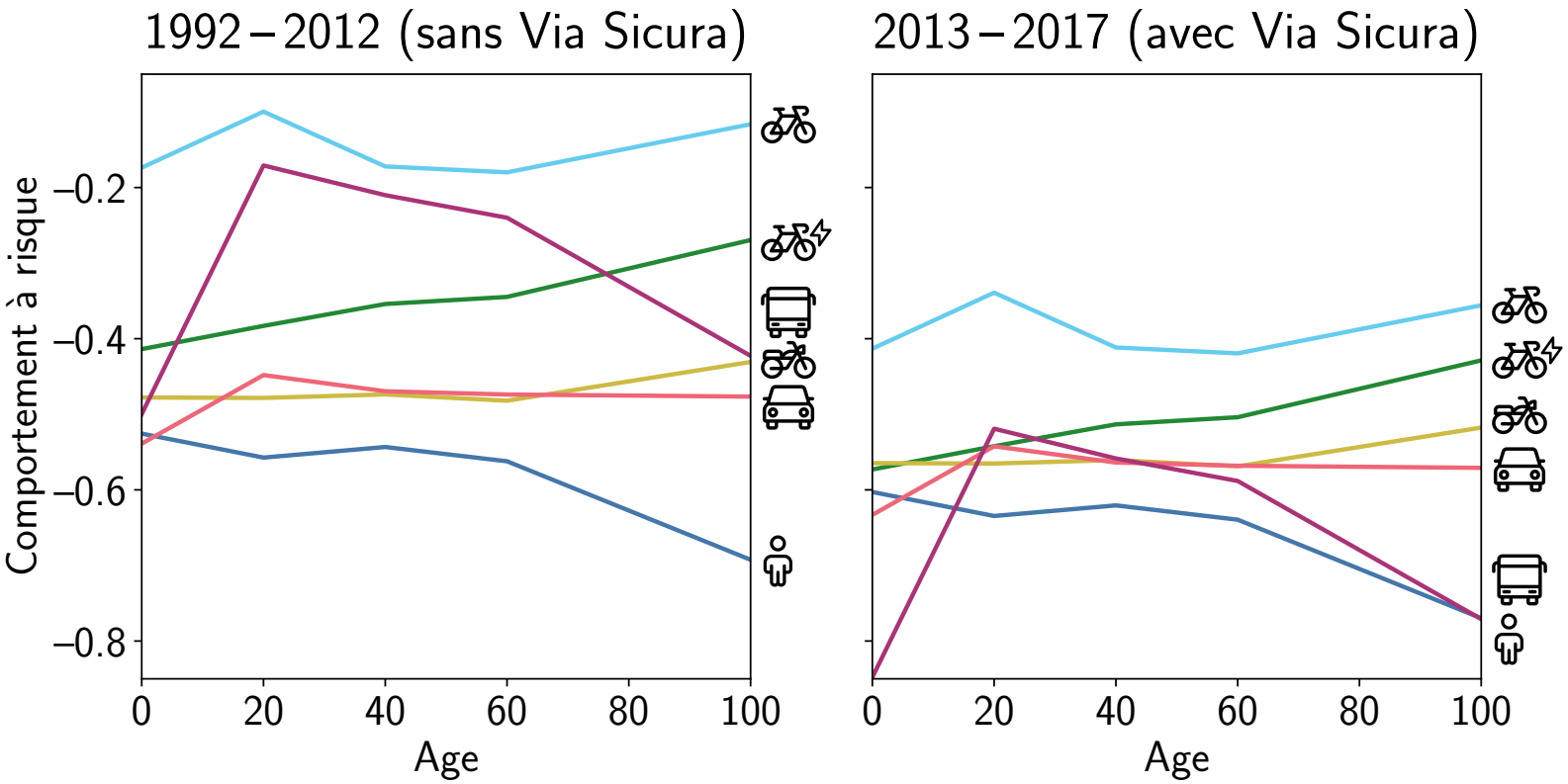
- Biogeme (Bierlaire, 2018; 2020).

	Variable latente	Logit ordonné
Taille de l'échantillon	2.5M	2.1M
Nombre de paramètres	48	20
Vraisemblance initiale	−0.439	−1.077
Vraisemblance finale	−0.438	−0.486
Vraisemblance validation	−0.420	−0.504

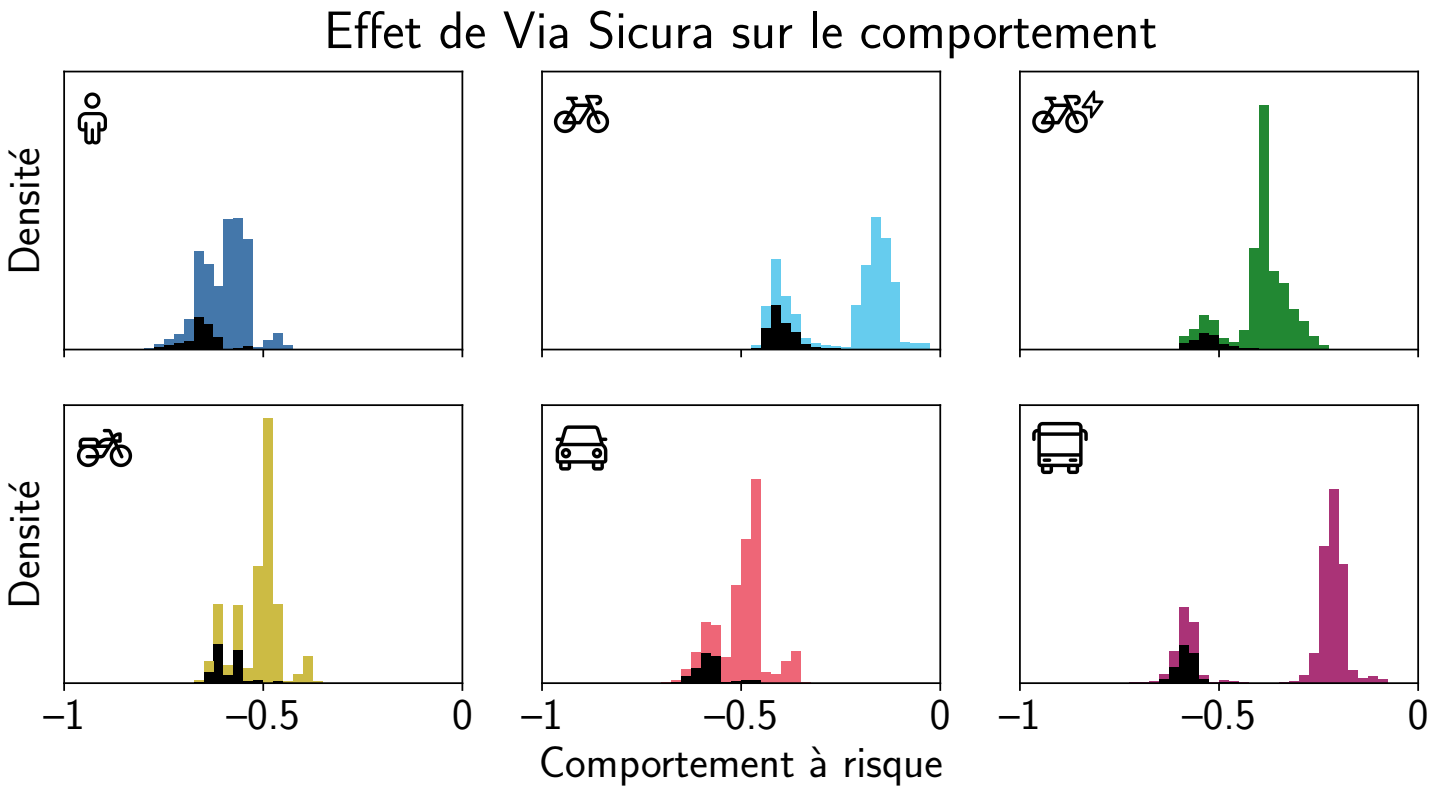
Modèle à variable latente

Paramètre	Valeur	t-test
γ_female_driver	-0.0298	-49.3
γ_two_phase	-0.0454	-53.8
γ_passenger_aboard	-0.0263	-44.3
γ_child_aboard	-0.0214	-16.5
γ_late_night	0.0991	69.4
γ_bad_visibility	-0.0153	-11.3
γ_bad_road	-0.00451	-7.23
γ_bad_weather	-0.00917	-13.2

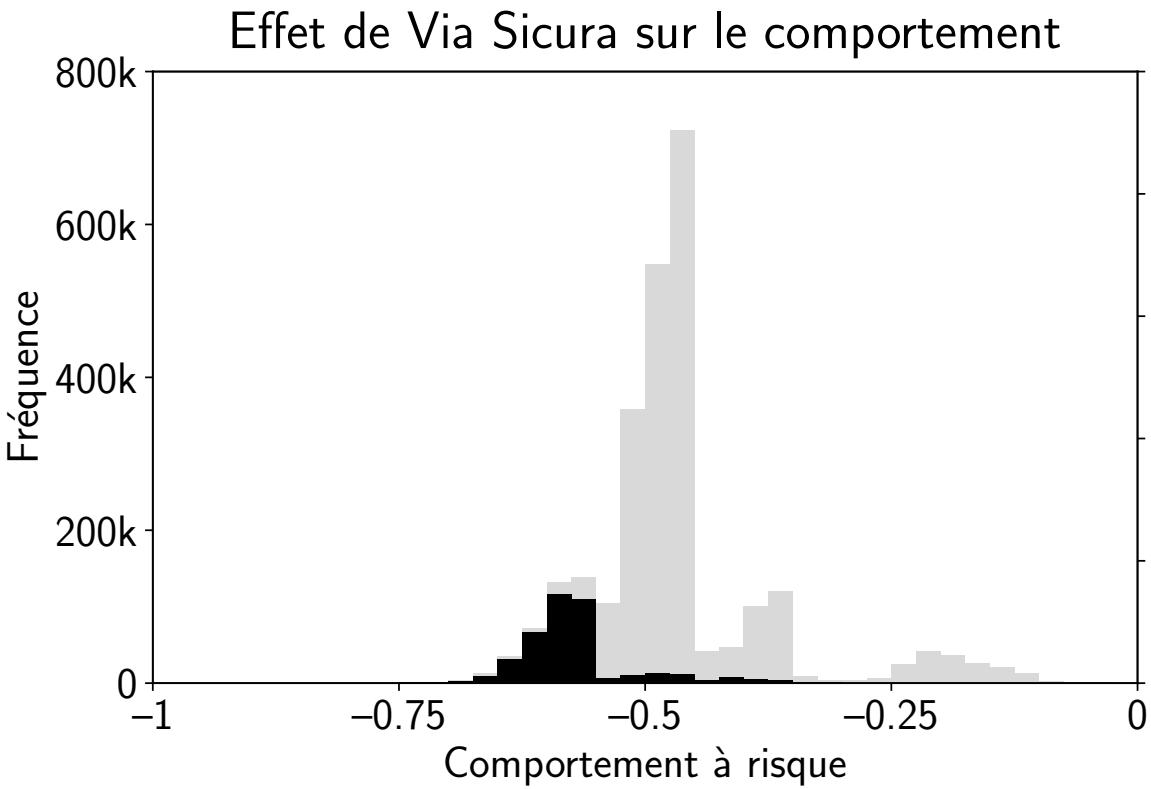
Modèle à variable latente



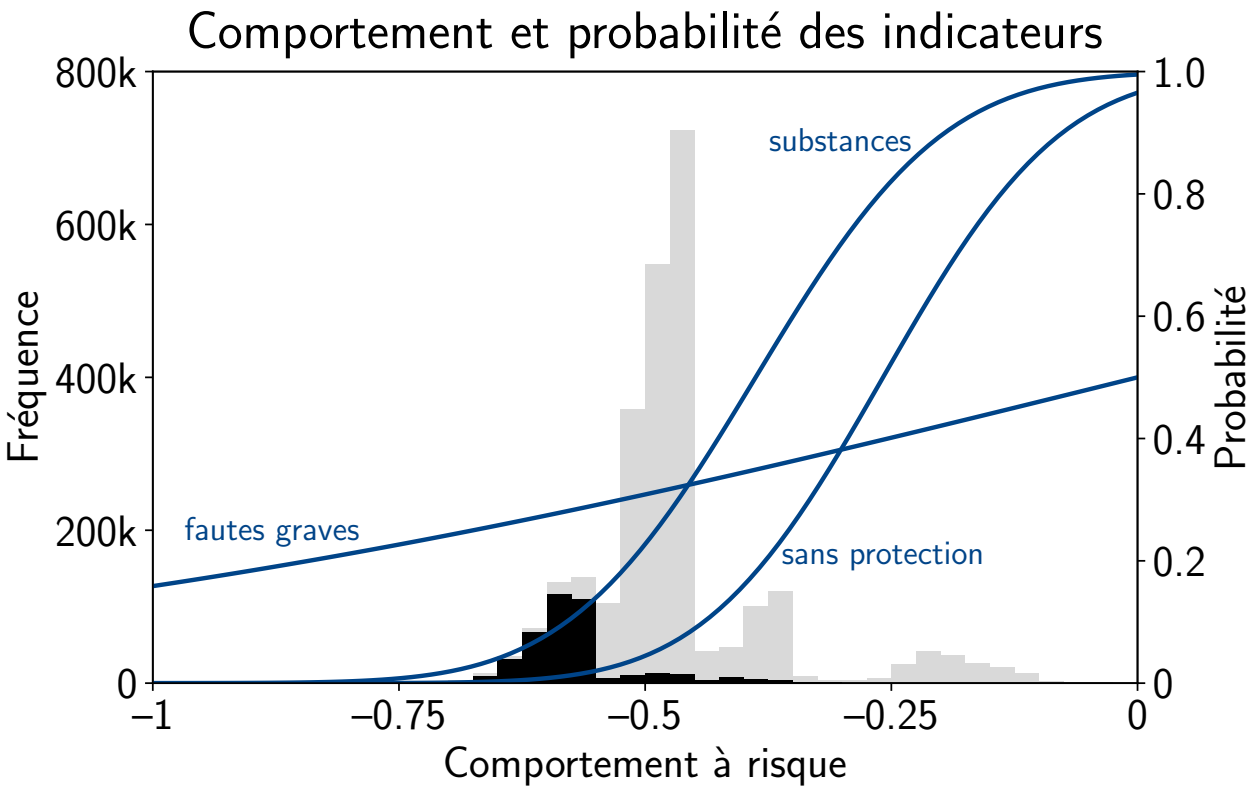
Modèle à variable latente



Modèle à variable latente

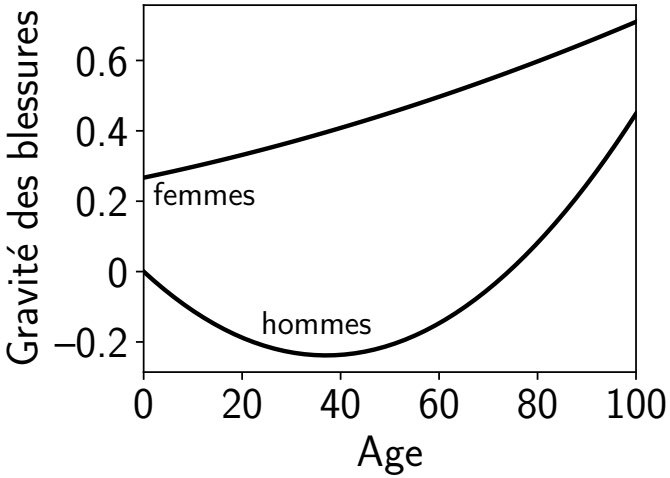


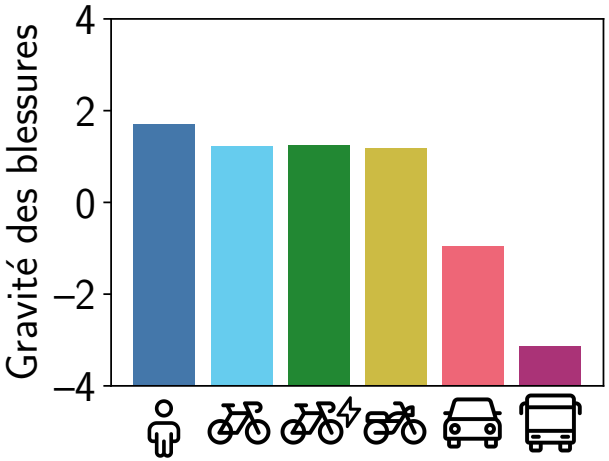
Modèle à variable latente



Logit ordonné

Paramètre	Valeur	t-test
β_RISKY	0.630	22.2
β_BELT	-1.310	-168.0
β_HELMET	-0.292	-11.3
β_MAX_SPEED_TRAFFIC_HIGH	0.797	87.6
β_MAX_SPEED_TRAFFIC_NORMAL	0.998	173.0

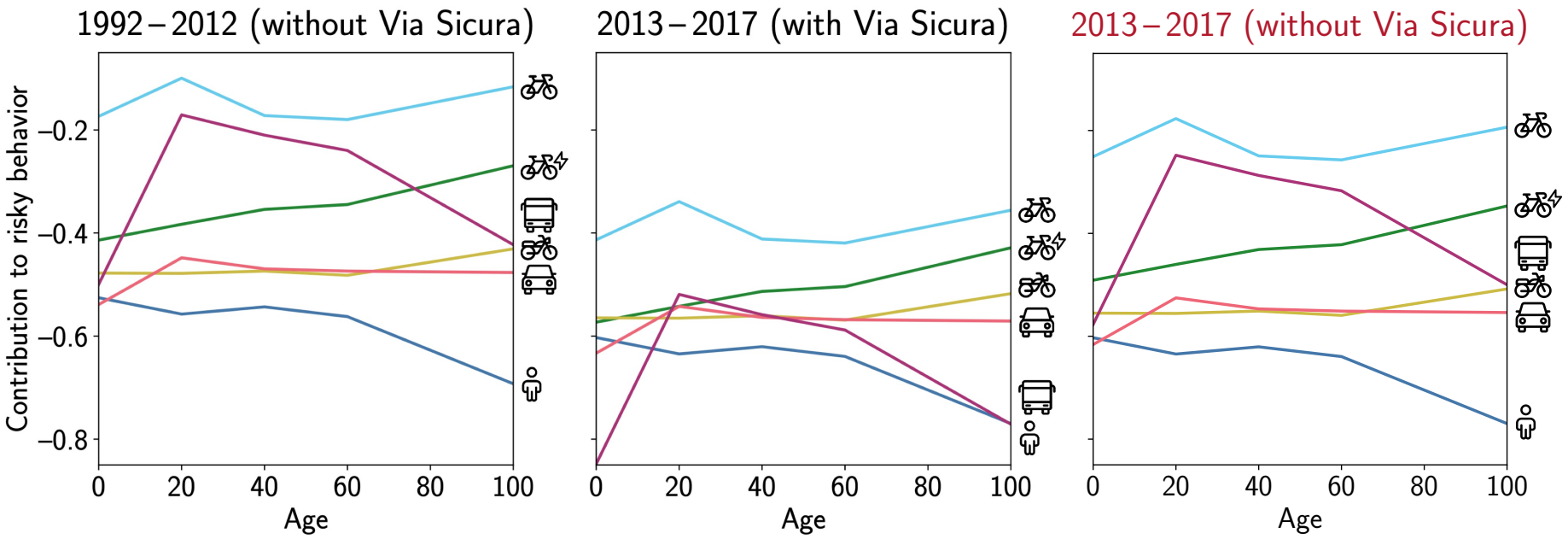




Alors... Est-ce que Via Sicura est efficace ?

Contrefactuel

- Le modèle ne tient pas compte de tous les effets influençant le comportement.
- Certains sont capturés erronément par le paramètre associé à Via Sicura.
- Que se passerait-il si l'on abandonnait Via Sicura aujourd'hui ?



Alors... Est-ce que Via Sicura est efficace ?

Contrefactuel

- Un monde sans Via Sicura...
- ... mais avec tous les autres effets capturés par erreur.

	Niveaux de blessure, 2013 – 2017		
	Observés	Sans Via Sicura	Contrefactuel
Indemnes	250'576 (77.3%)	247'963 (76.5%)	249'783 (77.1%)
Blessés légers	57'930 (17.9%)	59'535 (18.4%)	58'323 (18.0%)
Blessés graves	14'640 (4.5%)	15'578 (4.8%)	15'012 (4.6%)
Tués	833 (0.3%)	904 (0.3%)	862 (0.3%)

Conclusion

Résumé

- Modèle hybride: conduite imprudente et gravité des accidents.
- Via Sicura a un effet dissuasif sur les conducteurs.
- La gravité des accidents s'en voit réduite.

Prochains pas

- Agrégation des comportements: maximum ?
- Comparaison avec un autre pays, pour un meilleur contrefactuel.

Références

Données

- Verkehrsunfall Jahresdatensatz (DWH-VU), Federal Roads Office FEDRO.

Via Sicura

- Federal Roads Office FEDRO (2005). Via Sicura, Programme d'action de la Confédération visant à renforcer la sécurité routière.
- Federal Roads Office FEDRO (2017). Evaluation von Via Sicura, Technischer Bericht.
  Swiss Federal Council (2017). Évaluation du programme via Sicura, Rapport du Conseil Fédéral en réponse au postulat 16.3267 de la Commission des Transports et des Télécommunications du Conseil des États du 14 avril 2016.

Méthodologie

- Lavieri, P. S., Bhat, C. R., Pendyala, R. M. and Garikapati, V. M. (2016). Introducing latent psychological constructs in injury severity modeling: multivehicle and multioccupant approach, *Transportation research record*.
- Ortelli, N., Bierlaire, M. and de Lapparent, M. (2021). Can we infer on behavioral impacts of public policy on accident severity outcomes? Proceedings of the 21st Swiss Transportation Research Conference.

Logiciel

- Bierlaire, M. (2018). Pandasbiogeme: a short introduction, Technical report, TRANSP-OR 181219. Transport & Mobility Laboratory, ENAC, EPFL.
- Bierlaire, M. (2020). A short introduction to pandasbiogeme, Technical report, TRANSP-OR 200605. Transport & Mobility Laboratory, ENAC, EPFL.

Autre

- Paul Tol's notes. Colour schemes and templates. URL: `https://personal.sron.nl/~pault/`
- Tamzid Hasan @thenounproject.com. URL: `https://thenounproject.com/th_studio/`

Un nouveau modèle hybride pour la modélisation de la conduite imprudente et de la gravité des accidents

Séminaire Interne IIDE
12.10.2023 | HEIG-VD

N. Ortelli [1,2], S. Varotto [3], M. Bierlaire [2], M. de Lapparent [1]

[1] Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud, HES-SO
[2] Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
[3] Université Gustave Eiffel, Lyon