L'assurance paramétrique pour les risques émergents à l'ère de l'IA

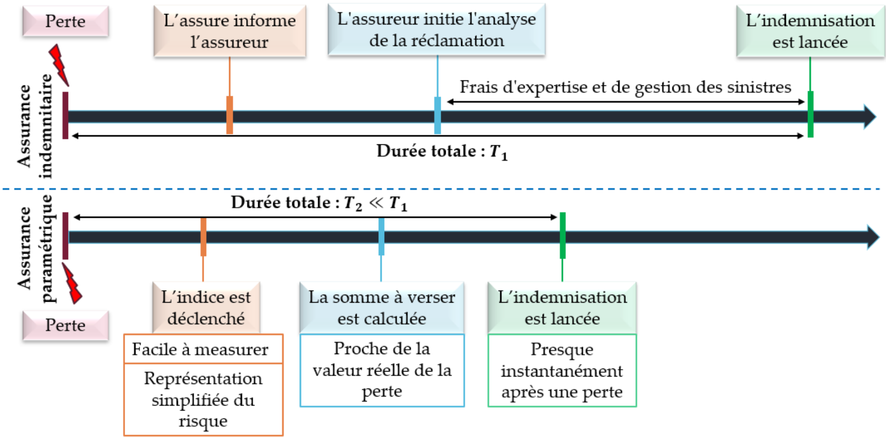
Une application aux interruptions de services de cloud

Daniel Nkameni, Antoine Heranval

joint work with Olivier Lopez

Plan

Aperçu de l'assurance paramétrique



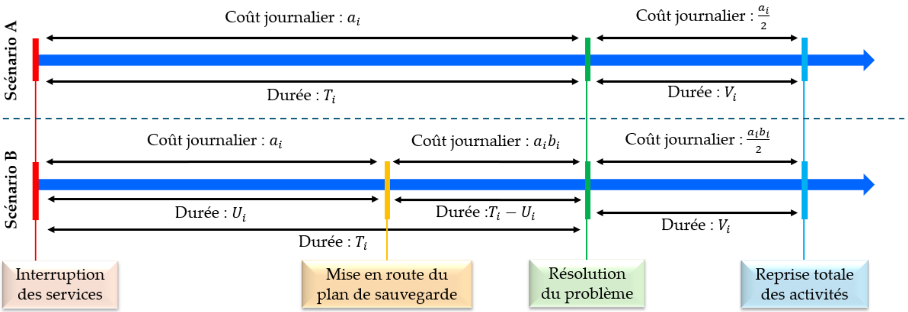
Questions de recherche

- Dans le cadre de ce travail, les questions traitées sont :
  - Est-il possible, à l'avance, d'identifier, dans une population d'assurés ou de potentiels assurés, ceux qui accepteront une indemnisation via un produit paramétrique ?
  - Comment cette acceptabilité est-elle liée aux caractéristiques des assurés ?
  - Quel est l'apport de l'intelligence artificielle à la conception et au déploiement d'un tel produit paramétrique ?

Objectifs de la présentation

- Modéliser la demande pour un produit d'assurance paramétrique.
- Proposer une couverture paramétrique-indemnitaire (hybride) autoajustable en fonction des préférences des assurés et de l'indice.
- Présenter les apports potentiels de l'IA à l'assurance paramétrique.
- Illustrer les résultats grâce à des données simulées suivant une approche réaliste.

- Deux scénarios pour simuler la perte de l'assuré i :
  - Scénario A : L'assuré i ne possède pas de plan de sauvegarde.
  - Scénario B : L'assuré i possède un plan de sauvegarde d'efficacité $1 - b_i \in [0, 1]$.



On a donc :

$$Y_i = a_i\big(T_i - (T_i - U_i)_+(1-b_i)\big) + \frac{a_i\{1-(1-b_i)\epsilon_i\}V_i}{2}$$

Nous choisissons comme indice $W = (T, B, \bar{b})$ où :

- T est le temps d'interruption, supposé observable immédiatement après le sinistre.
- $B = T - U$ est le temps passé sous sauvegarde avant la reprise des services.
- $\bar{b} = 1 - b$ est l'efficacité estimée du programme de sauvegarde.

Demande d'assurance paramétrique

- L'assuré a le choix entre deux formes d'indemnisation :
  - Traditionnelle : indemnisation intégrale de la perte $Y \geq 0$, mais avec un retard τ.
  - Paramétrique : indemnisation basée sur une fonction $\phi(\mathrm{W})$ calculée à partir de l'indice W.
- Typiquement, $\phi(\mathrm{W}) \leq Y$ (très peu ou pas de sur-indemnisation).
- Modélisation des préférences via l'utilité espérée Cummins and Mahul (2004); Hao et al. (2018); Eeckhoudt and Kimball (1992).

Premier apport de l'IA : Construction de $\phi(W)$

L'IA peut améliorer la prédiction de Y

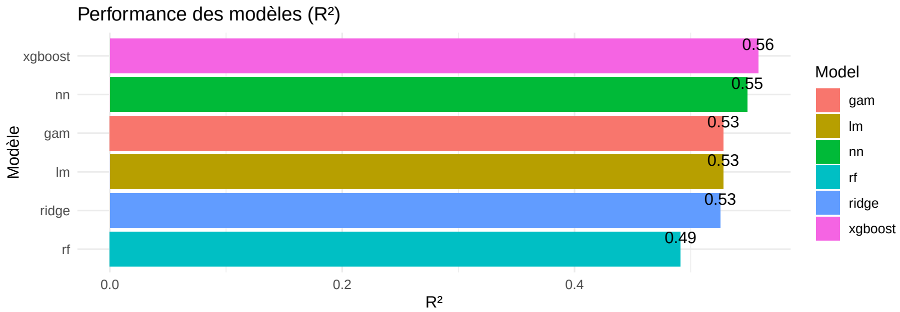


Figure – Modèles de ML et performane

Utilité

- Permet de prendre en compte les préférences des assurés.
- Utilité U_α (non décroissante et strictement concave).
- Utilité espérée avec assurance paramétrique :

$$\mathfrak{U}_\phi(\alpha) = E\left[U_\alpha(\phi(\mathrm{W}) - Y - \pi_\phi)\right].$$

- Utilité espérée avec assurance traditionnelle :

$$\mathfrak{U}_{Y,\tau}(\alpha) = E\left[U_\alpha\left(\{\exp(-\tau) - 1\}Y - \pi_Y\right)\right].$$

- Facteur $\exp(-\tau)$: prend en compte le délai d'indemnisation plus long.

- Un assuré accepte l'assurance paramétrique si :

$$\mathfrak{U}_\phi(\alpha) - \mathfrak{U}_{Y,\tau}(\alpha) > 0.$$

- Dans le cas où l'utilité est exponentielle : $U_\alpha(x) = -\alpha \exp(-\alpha x)$, cette condition se réécrit :

$$E[\psi_Y(\alpha|\mathrm{W}) \exp(-\alpha\phi(\mathrm{W}))] < \Psi_Y(\alpha') \exp(\alpha(\pi_Y - \pi_\phi))$$

avec $\alpha' = (1 - \exp(-\tau))\alpha$.

Où :

- $\Psi_Y(\alpha) = E[\exp(\alpha Y)]$.
- $\psi_Y(\alpha|\mathrm{w}) = E[\exp(\alpha Y)|\mathrm{W} = \mathrm{w}]$.
- π_Y et π_ϕ sont les primes d'assurance.

Une dernière simplification permet d'obtenir :

$$E[m_Y(\alpha|\mathrm{W}) - \phi(\mathrm{W})] < \ln(\Psi_Y(\alpha')) + \pi_Y - \pi_\phi$$

avec $m_Y(\alpha|\mathrm{w}) = \ln(\psi_Y(\alpha|\mathrm{w}))/\alpha$.

- Fonction d'indemnité idéale théorique : $\phi(\mathrm{w}) = m_Y(\alpha|\mathrm{w})$.
- Mais cette solution mène à une prime trop élevée : $E[m_Y(\alpha|\mathrm{w})] > E[Y]$.
- Solution pratique : $\phi_\beta(\mathrm{w}) = \beta E[Y|\mathrm{W} = \mathrm{w}]$ avec $\beta \leq 1$.
- Avantage : contrôle de la probabilité de sur-indemnisation.

Conception du produit hybride

- Constat : l'assurance paramétrique ne satisfait pas les assurés dans toutes les situations.
- Proposition de solution : combiner assurance traditionnelle et paramétrique.
- En se basant sur le résultat précédent, définissons :

$$\mathcal{W}_\alpha(\mathfrak{e}, \beta) = \{\mathrm{w} \in \mathcal{W} : \Delta(\mathrm{w}) = m_Y(\alpha|\mathrm{w}) - \phi_\beta(\mathrm{w}) \leq \mathfrak{e}\}$$

$\mathcal{W}_\alpha(\mathfrak{e}, \beta)$ est l'ensemble des situations où l'assurance paramétrique est acceptable pour les assurés.

Fonction d'indemnisation hybride

Indemnité hybride

$$\mathfrak{h}^{\mathfrak{e}}_{\alpha,\beta}(Y,\mathrm{W}) = Y 1_{\mathrm{W}\in\overline{\mathcal{W}_{\alpha,\beta}(\mathfrak{e})}} + \phi_\beta(\mathrm{W}) 1_{\mathrm{W}\in\mathcal{W}_{\alpha,\beta}(\mathfrak{e})}$$

- Indemnité traditionnelle (sans retard) lorsque le paramétrique est rejeté
- Indemnité paramétrique dans le cas contraire
- Prime correspondante :

$$\pi_{\mathfrak{h}} = (1+\theta_Y) E\left[Y | \overline{\mathcal{W}_{\alpha,\beta}(\mathfrak{e})}\right] (1 - p_{\mathfrak{e}}(\alpha,\beta)) \\ + (1+\theta) E\left[Y | \mathcal{W}_{\alpha,\beta}(\mathfrak{e})\right] p_{\mathfrak{e}}(\alpha,\beta)$$

Viabilité du produit hybride

Proposition

Soit :

$$\eta_{\mathfrak{e}}(\alpha, \beta) = 1 - \beta + \theta_Y - \frac{\mathfrak{e}}{E\left[Y|\mathcal{W}_{\mathfrak{e}}(\alpha, \beta)\right] p_{\mathfrak{e}}(\alpha, \beta)}$$

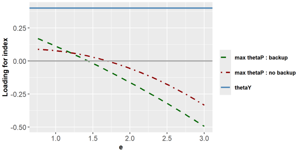
Si $\theta \leq \eta_{\mathfrak{e}}\beta^{-1}$, l'assuré avec une aversion au risque inférieure à α préfère le contrat hybride pour tout $\tau \geq 0$

Ce produit hybride :

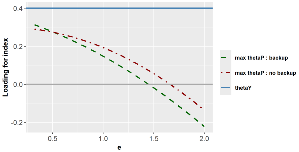
- Bénéficie des avantages des deux approches
- Améliore l'attractivité du produit d'assurance

- Reprenons les données liées aux interruptions de services de cloud
- Vu le rôle important de la sauvegarde, la base est scindée en deux selon que les assurés ont un plan de sauvegarde ou non
- Les paramètres suivants sont fixés :
  - $\theta_Y = 40\%$
  - $\alpha = 0.0108$
  - $\beta \in \{0,75; 0,90; 1,00\}$
- Pour chaque sous-base de données, nous la segmentons et construisons $\phi_\beta(W)$ à l'aide d'un arbre de décision

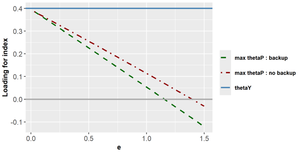
- Pour un $\mathfrak{e}$ choisi, les étapes suivantes sont exécutées
  - Une valeur de $\mathfrak{e}$ est choisie
  - La valeur de $\theta_{\mathsf{max}} = \eta_{\mathfrak{e}}\beta^{-1}$ correspondante est calculée
  - **Si satisfaisante**, alors les segments (feuilles de l'arbre) dans lesquels le paramétrique sera accepté ($\Delta(\mathrm{w}) \leq \mathfrak{e}$) sont identifiés
- Pour rappel, $\Delta(\mathrm{w}) = m_Y(\alpha|\mathrm{w}) - \phi_\beta(\mathrm{w})$



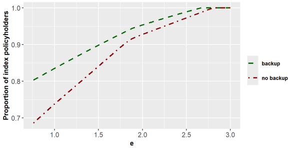
(a) $\theta_{\max}$ pour $\beta = 0,75$



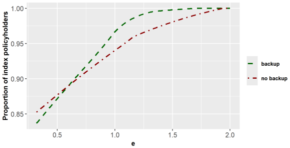
(b) $\theta_{\max}$ pour $\beta = 0,90$



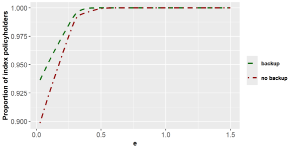
(c) $\theta_{\max}$ pour $\beta = 1,00$



(d) $p_{\mathfrak{e}}$ pour $\beta = 0,75$



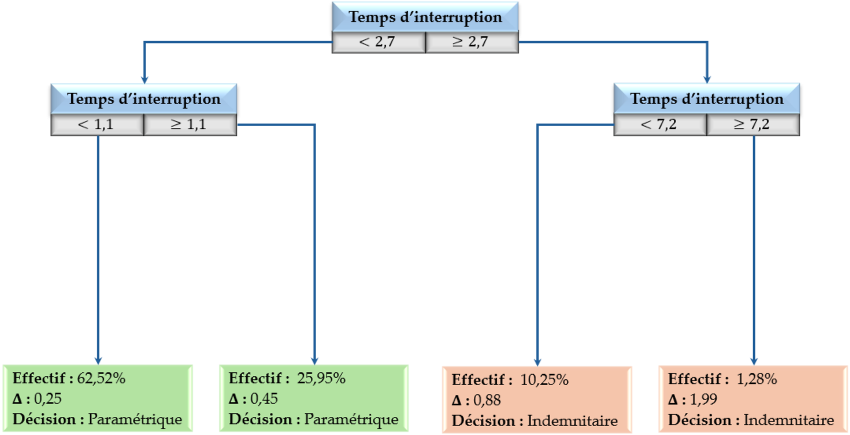
(e) $p_{\mathfrak{e}}$ pour $\beta = 0,90$



(f) $p_{\mathfrak{e}}$ pour $\beta = 1,00$

Application pratique

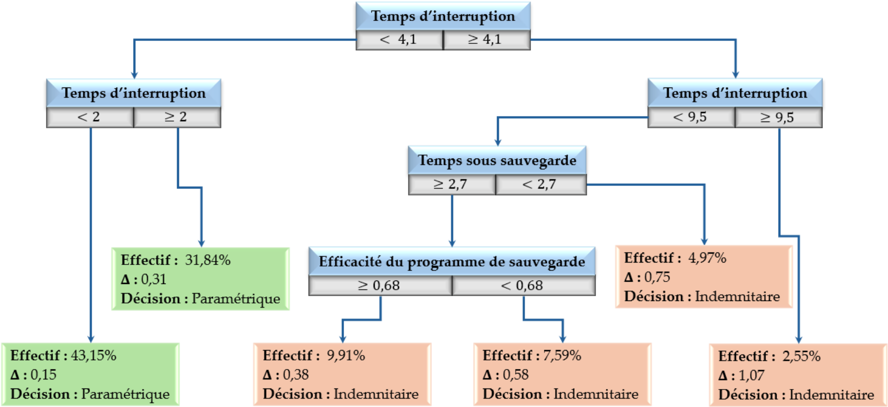
Segmentation pour $\beta = 0,90$ en cas d'absence de plan de sauvegarde



- $\mathfrak{c}$ est choisi à $0,46$
- $\theta_{\text{max}} = 35\%$
- $88,5\%$ de paramétrique (essentiellement des pertes peu coûteuses)

Application pratique

Segmentation pour $\beta = 0,90$ en cas de présence de plan de sauvegarde



- $\mathfrak{e}$ est choisi à $0,35$
- $\theta_{\text{max}} = 31\%$
- $75,9\%$ de paramétrique (essentiellement des pertes peu coûteuses)

Conclusion et perspectives

- L'assurance paramétrique est viable sous certaines conditions :
  - Faible différence entre $m_Y(\alpha|\mathrm{w})$ et $\phi_\beta(\mathrm{w})$
  - Bonne capacité à prédire les pertes avec l'indice
- L'approche hybride offre un compromis optimal car :
  - Elle permet d'identifier les assurés susceptibles d'accepter l'indemnisation paramétrique
  - Elle ouvre la voie à l'utilisation de l'IA pour la segmentation des assurés en fonction de leurs préférences vis-à-vis du paramétrique
- Perspectives :
  - Application à des données réelles (assurance RGA, assurance agricole, catastrophes naturelles, etc.)
  - Extension à d'autres fonctions d'utilité
  - Extension à des métriques autres que l'utilité
  - Étude de la demande agrégée du marché

Références

Cummins, J. D. and Mahul, O. (2004). The demand for insurance with an upper limit on coverage. *Journal of Risk and Insurance*, 71(2) :253–264.

Eeckhoudt, L. and Kimball, M. (1992). Background risk, prudence, and the demand for insurance. *Contributions to insurance economics*, pages 239–254.

Hao, M., Macdonald, A. S., Tapadar, P., and Thomas, R. G. (2018). Insurance loss coverage and demand elasticities. *Insurance : Mathematics and Economics*, 79 :15–25.