

Contexte

- Les prêts immobiliers et professionnels sont généralement accompagnés d'une assurance solde restant dû qui couvre le solde du prêt si le client décède. Face à des clients atteints d'un cancer, les banques et assureurs imposent généralement un surcoût voire même refusent de les assurer, ce qui est vu par ces personnes comme un frein à la propriété ou à l'entrepreneuriat.
- Les progrès en médecine et en biostatistique ont déjà permis un meilleur accès aux produits d'assurance pour les personnes diagnostiquées avec un cancer, dont notamment le "**droit à l'oubli**", c'est-à-dire le droit pour un demandeur d'assurance de ne pas déclarer un cancer antérieur après une période de 10 ans à partir de la fin du protocole thérapeutique.
- Cette période de 10 ans a été raccourcie pour plusieurs types de cancer avec un bon pronostic (décisions basées sur des outils statistiques tels que la survie relative et les modèles de guérison) mais il existe encore des pistes d'amélioration pour faciliter l'accès aux services financiers pour les personnes atteintes de certains types de cancer.

Contributions

Le but du projet est triple :

1. Définir le nombre d'années de vie perdues et les différentes méthodes pour l'estimer
2. Développer d'autres résultats basés sur les modèle multi-états et le nombre d'années de vie perdues qui pourront être utilisés pour proposer des produits d'assurance équitables et innovants aux personnes ayant survécu au cancer
3. Mettre en évidence l'utilité de ces approches dans le cadre du droit à l'oubli

Motivations

- **Incidence** (nombre de nouveaux cas) plus élevée en raison de l'augmentation de la population, du vieillissement de celle-ci et de meilleures méthodes de diagnostic.
- **Prévalence** (nombre de cas sur une période) plus élevée en raison d'une diminution de la mortalité due au cancer et d'une survie prolongée pour les personnes atteintes du cancer.
- "**Survivorship**" : de plus en plus de survivants à long terme sont discriminés même après avoir survécu à leur maladie et sont souvent traités de la même manière que les patients nouvellement diagnostiqués qui eux ont généralement un risque plus élevé de mourir de leur cancer.

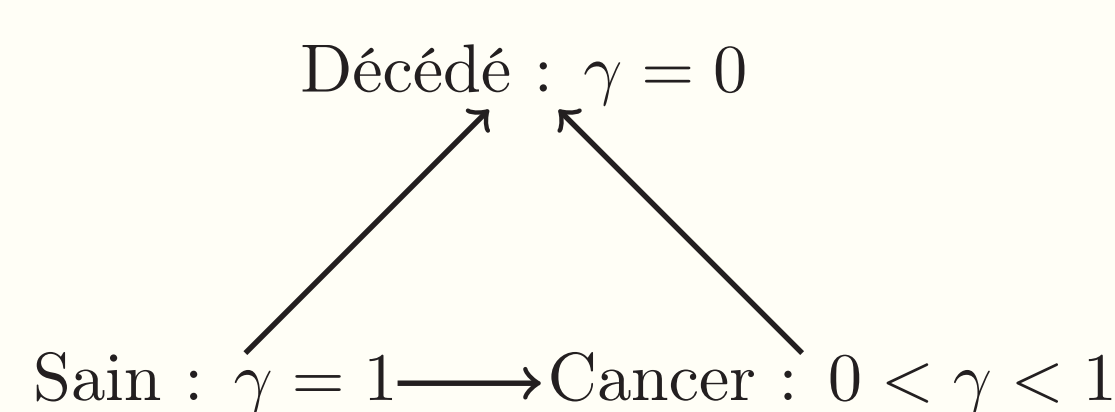
Données

- Données provenant du **registre du cancer belge**
- 140,241 patients entre **20 et 69 ans** :
 - ↳ Les plus susceptibles de contracter un prêt
 - ↳ Les décès non liés au cancer augmentent considérablement à partir de 70 ans et il n'est pas toujours facile de distinguer la cause du décès
- Focus sur les cancers du **sein** (uniquement femmes), **mélanome** et **thyroïde** car :
 - Incidence élevée, avec une part importante survenant avant 40 ans
 - Cancers avec un taux de survie ou de guérison relativement élevé
 - Cancers "bien connus" du public car pas rares

Méthodologie 1/2

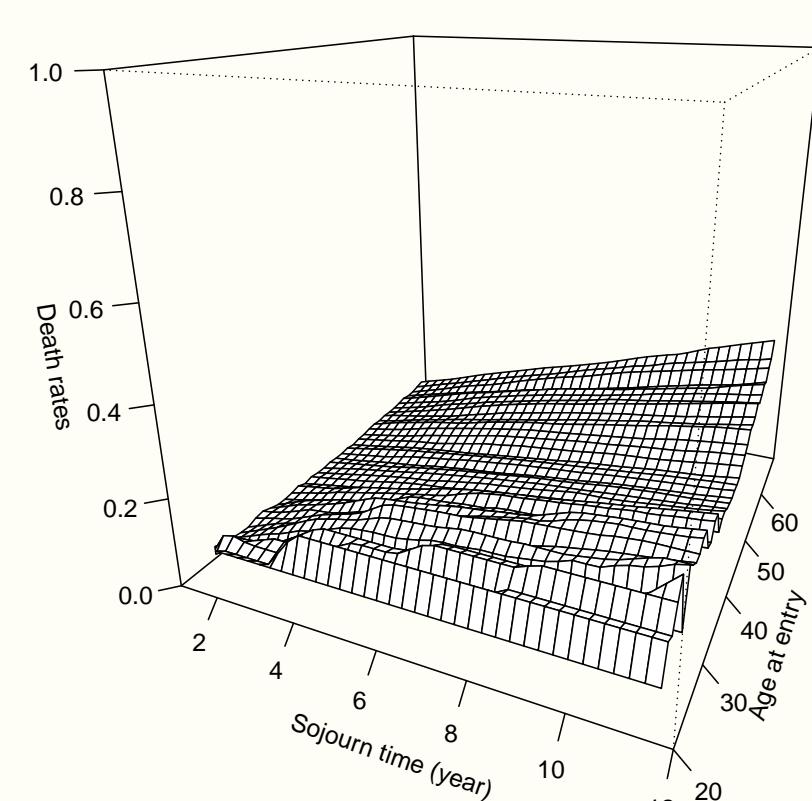
Modèles multi-états (MSMs) :

Les MSMs sont une approche statistique puissante pour étudier l'évolution d'individus entre différents "états" et peuvent être considérés comme une extension de l'analyse de survie classique. Nous considérons un MSM à 3 états, en supposant qu'un preneur d'assurance peut être soit "sain", "malade (cancer)" ou "décédé" :



Alors qu'un MSM représente comment un individu se déplace entre une série d'états en temps continu, il fournit également une représentation pratique pour les contrats d'assurance-vie, y compris l'assurance solde restant dû et la rente viagère, où les avantages compris dans les contrats sont associés à la transition entre les états.

À l'instar de la mortalité qui est au coeur des mathématiques de l'assurance-vie, les intensités de transition (dérivées des probabilités de transition) quantifient le risque instantané de transition entre deux états donnés dans le contexte plus général des modèles multi-états et dépendent à la fois de l'âge atteint (âge à l'entrée) et du temps d'occupation dans l'état cancéreux (ex. cancer du sein) :



Méthodologie 2/2

Nombre d'années de vie perdues (YLL) :

L'idée derrière YLL est de quantifier le nombre d'années de vie qu'une cohorte spécifique de patients a perdu en raison, par exemple, d'une maladie donnée, par rapport à la population générale :

$$YLL_C(\tau) = \int_0^\tau S_P(t)dt - \int_0^\tau S_C(t)dt, \quad (1)$$

où $S_P(\cdot)$ désigne la fonction de survie classique estimée via les taux de mortalité de la population, et $S_C(\cdot)$ est la courbe de survie des patients atteints du cancer (en général, estimée via la méthode non paramétrique de Kaplan-Meier (1958) mais elle pourrait également être estimée via un autre estimateur).

Cette mesure a l'avantage :

- d'être mesurée en années, ce qui facilite son interprétation
- la cause du décès n'est pas nécessaire pour l'estimer
- elle peut être calculée jusqu'à un horizon de temps fini, en lien avec la fin d'un contrat financier

Nous montrons également comment YLL peut être estimé à partir d'un MSM à 3 états et nous quantifions, en termes monétaires, les risques financiers pour les assureurs liés à la réduction du nombre d'années de vie dû au cancer pendant un contrat en cours.

Extension au "disability adjusted life years" (DALY) :

Le concept du YLL a été étendu à celui du DALY, qui tient compte du fait que les maladies mortelles sont généralement associées non seulement à un décès précoce (mortalité) mais également à une perte de qualité de vie (morbidité).

Dans notre contexte, le DALY peut également être vu comme une somme pondérée du temps passé par les individus dans chaque état de notre MSM, avec un poids $\gamma = 1$ pour l'état "sain" (sans cancer), $0 < \gamma < 1$ pour l'état "malade" (cancer) et $\gamma = 0$ pour l'état "décédé". En sortant du contexte épidémiologique, ces pondérations pourraient être associées à des caractéristiques du produit d'assurance considéré.

Applications actuarielles

Prêts et rentes viagères :

Ces méthodes sont utilisées pour repenser l'accès des différents produits d'assurance aux patients atteints de cancer, en mettant l'accent sur les contrats financiers à horizon fini tels que les prêts et les rentes viagères.

La charge financière supportée par les assureurs est quantifiée grâce à la valeur actuelle attendue (EPV), représentant la valeur actuelle d'une série de flux de trésorerie financiers disponibles à différentes périodes t :

$$EPV = \sum_{i=1}^n c_i \cdot v^{t_i} \cdot p_i \quad (2)$$

où c_i est le vecteur des flux de trésorerie, v^{t_i} le vecteur des facteurs d'actualisation correspondant, p_i le vecteur des probabilités d'occurrence et n les occurrences mensuelles.

- Pour le cas des prêts, nous montrons que, pour certains types de cancer à bon pronostic, le nombre d'années de vie perdues en raison d'un cancer pendant la durée d'un prêt type est en fait limité, indiquant que le marché peut absorber la surmortalité due au cancer.
- Considérant en revanche le cas des rentes viagères, les patients cancéreux peuvent, en raison de leur durée de vie réduite, être éligibles à des primes réduites s'ils souhaitent souscrire à des produits d'assurance comportant des bénéfices en cas de survie.
- Notre objectif principal est donc d'utiliser la notion d'YLL, estimée au travers d'un MSM, pour mettre en évidence les pertes limitées dues au cancer en cas de prêts et évaluer la décote potentielle qui pourrait être accordée en cas de rentes viagères.

Calculs de primes :

Les primes sont calculées de manière à respecter le principe d'équivalence qui stipule qu'au moment de l'émission du produit d'assurance, l'EPV (c'est-à-dire la valeur actuarielle) des prestations versées par l'assureur au preneur d'assurance doit être égale à l'EPV de la prime payée par le preneur d'assurance à l'assureur, c'est-à-dire :

$$\Pi = B$$

doit tenir lors de l'émission du produit d'assurance (avec Π et B représentant respectivement les primes et les bénéfices). Exemple de la prime unique en fonction de l'âge à l'émission du contrat Π_x d'une couverture de prêt avec $b_i = 12000$, un taux d'intérêt technique de $\delta = 1\%$ et l'impact d'un délai d'attente de 1, 3 et 5 ans (cancer de la thyroïde) :

