

# Influence des taux de mortalité sur un produit de rente viagère et de capital décès.

4INFINI G1



Réalisé par:  
BEN NASR Imen  
ELOUAFI Samar  
MECHMECH Amel  
HANNACHI Oussama  
LARIBI Asma

11 mai 2020

# Plan

## Introduction

- 1 Actuariat vie
- 2 Présentation des données
- 3 Traitement des données
- 4 Outils

## Conclusion

# Introduction

Dans le cadre de notre module Actuariat Vie, nous allons estimer et projeter la mortalité d'une cohorte d'assurés ( hommes suisses ) afin de calculer la VAP de la rente viagère anticipée et du capital décès . Plus précisément, on suppose que l'assureur possède un portefeuille d'assurés hommes nés en 1960. Certains assurés ont contracté en 2018 un contrat de rente viagère à termes anticipés et d'autre de capital décès.

## 1 Actuariat vie

## 2 Présentation des données

## 3 Traitement des données

## 4 Outils

# Actuariat vie

En effet, L'assurance-vie est un placement financier qui permet au souscripteur d'épargner de l'argent dans l'objectif de le transmettre à un bénéficiaire lorsque survient un événement lié à l'assuré : son décès ou sa survie

- 1 Actuariat vie
- 2 Présentation des données**
- 3 Traitement des données
- 4 Outils

# Présentation des données

Les données utilisées dans cette étude proviennent de HMD. Cette base présente des cohortes suisses homme de 1976 à 2016 dont l'âge varie entre 0 et 110. Nous avons choisi de travailler sur une cohorte d'assurés suisses nés en 1960.

	Year	Age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
1	1876	0	0.28080	0.23462	0.30	100000	23462	83556	3852991	38.53
2	1876	1	0.03582	0.03519	0.50	76538	2694	75191	3769434	49.25
3	1876	2	0.01970	0.01950	0.50	73844	1440	73124	3694244	50.03
4	1876	3	0.01262	0.01254	0.50	72404	908	71950	3621120	50.01
5	1876	4	0.00950	0.00945	0.50	71496	676	71158	3549170	49.64
6	1876	5	0.00743	0.00740	0.50	70820	524	70557	3478012	49.11
7	1876	6	0.00691	0.00689	0.50	70295	484	70053	3407455	48.47
8	1876	7	0.00549	0.00548	0.50	69811	382	69620	3337402	47.81
9	1876	8	0.00405	0.00405	0.50	69429	281	69288	3267782	47.07
10	1876	9	0.00516	0.00514	0.50	69148	356	68970	3198494	46.26
11	1876	10	0.00404	0.00404	0.50	68792	278	68653	3129524	45.49
12	1876	11	0.00373	0.00373	0.50	68514	255	68387	3060871	44.67
13	1876	12	0.00323	0.00323	0.50	68259	220	68149	2992484	43.84

Showing 1 to 14 of 15,651 entries, 10 total columns

**Figure** – La base de données de suisses

- 1 Actuariat vie
- 2 Présentation des données
- 3 Traitement des données**
- 4 Outils



# Traitement des données

## La table de mortalité

La première étape du traitement de données consiste en l'extraction des données de la cohorte suisse en 1960 puis on a construit la table de mortalité TD1960

Life table SUISSE

	x	$l_x$	$px$	$ex$
1	0	100000	0.9758900	68.157210
2	1	97589	0.9977354	68.841078
3	2	97368	0.9986854	67.997330
4	3	97240	0.9987248	67.086837
5	4	97116	0.9988776	66.172495
6	5	97007	0.9992681	65.246848
7	6	96936	0.9993707	64.294638
8	7	96875	0.9993084	63.335123
9	8	96808	0.9996901	62.378956
10	9	96778	0.9993800	61.398293
11	10	96718	0.9994624	60.436382
12	11	96666	0.9996276	59.468893
13	12	96630	0.9995136	58.491048
14	13	96583	0.9994305	57.519512
15	14	96528	0.9995545	56.552285
16	15	96485	0.9994714	55.577489
17	16	96434	0.9990667	54.606881
18	17	96344	0.9989205	53.657893
19	18	96240	0.9986700	52.715877
20	19	96112	0.9986578	51.786083
21	20	95983	0.9983018	50.855683
22	21	95820	0.9981424	49.942194
23	22	95642	0.9981912	49.035141
24	23	95469	0.9980203	48.123998
25	24	95280	0.9985516	47.219458
26	25	95142	0.9984760	46.287949
27	26	94997	0.9985789	45.358601
28	27	94862	0.9985558	44.432152

Avec  $x$  l'âge,  $l_x$  le nombre de d'individus d'âge au moins  $x$  et  $dx = l_x - l_{x+1}$  le nombre de décès à l'âge  $x$ .

À l'aide du commande **pxt**, on a trouvé que la probabilité de survie à l'âge 58 est égale à 0.9844 et à l'aide du commande **qxt**, on a trouvé que la probabilité de décès à l'âge 58 est égale à 0.0155.

# Traitement des données

la VAP de la rente viagère anticipée et du capital décès

## VAP

Valeur actuelle probable repose sur la notion de la valeur temps de l'argent qui s'appuie sur le principe du un euro d'aujourd'hui ne vaut pas un euro de demain.

## Rente viagère anticipée

Une rente viagère est un produit d'assurance qui comporte un montant de versement périodique prédéterminé jusqu'au décès du rentier. Ils sont couramment utilisés pour assurer un revenu garanti à la retraite qui ne peut être survécu.

## Capital décès

Le capital décès désigne généralement la somme d'argent versée par la Sécurité sociale aux ayants droit d'une personne décédée.

On a calculé la VAP de la rente viagère à l'aide du commande **axn** on a trouvé **13.4407** et la VAP du capital de décès à l'aide du commande **Axn** on a trouvé **0.5967**

# Traitement des données

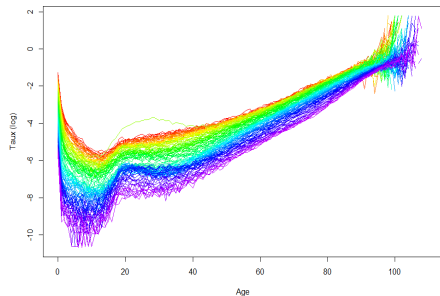
## Modèle de Lee-Carte

Le modèle Lee – Carter est un algorithme numérique utilisé dans la prévision de la mortalité et la prévision de l'espérance de vie. L'entrée dans le modèle est une matrice de taux de mortalité par âge classés de façon monotone par le temps, généralement avec des âges en colonnes et des années en rangées. La sortie est une autre matrice prévue des taux de mortalité.

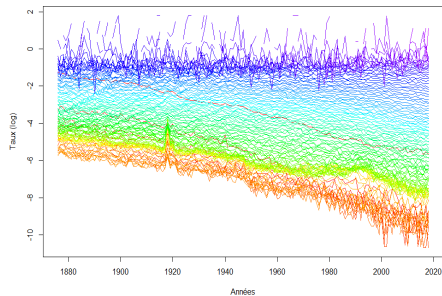
# Traitement des données

## Modèle de Lee-Carte

Suisse, Homme, 1876 - 2016



Suisse, Homme, 1876 - 2016



**Figure** – Log de taux de mortalité en fonction de l'âge et années

Une chute à cause de la guerre mondiale pour la partie de la cohorte dont l'âge est égal à 10 ans. Pour cette raison et pour calibrer les données on a choisi comme plage d'âge (25ans - 100 ans) et pour la période (1940 - 2016)

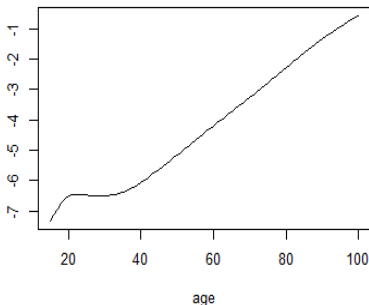
# Traitement des données

## Modèle de Lee-Carte

### Estimation des paramètres :

Pour les âges élevés, il convient de lisser les taux bruts, on a utilisé le lissage par spline monotone 'method="mspline"'.

$\alpha_x$  VS.  $x$



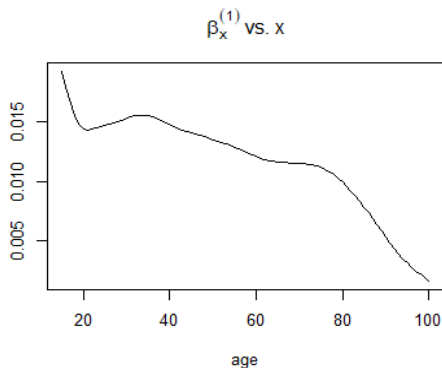
**Figure** – Estimations des  $\alpha_x$  obtenues par le modèle

Le graphique suivant présente les estimations des  $\alpha_x$  obtenues par le modèle :

On observe :

$-\alpha_x$  : la valeur moyenne des logs de la mortalité instantané (  $\ln \mu_{(x,t)}$  au cours du temps ) .Elle croît en fonction de l'âge elle varie entre -7 et -1 .

$\beta_x$  indique la sensibilité de la mortalité instantanée par rapport à l'évolution générale de la mortalité. Le graphique suivant illustre l'évolution des paramètres estimés  $\beta_x$  en fonction de l'âge :

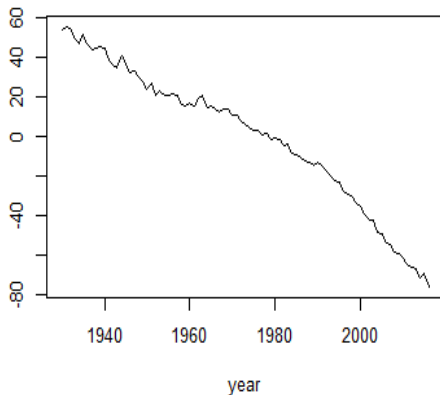


**Figure** – Estimations des  $\beta_x$  obtenues par le modèle

Si on se situe à partir de 18 ans, on constate que les âges les plus sensibles à l'évolution temporelle de la mortalité sont ceux entre 20 et 40 ans . On atteint en effet des pics sur ces tranches d'âges.

D'après la figure ci-dessous et comme  $K_t$  indique l'évolution générale de la mortalité dans le temps ;

$\kappa_t^{(1)}$  vs.  $t$



**Figure** – Estimations des  $K_t$

On constate une tendance linéaire à la décroissance des entre 1940 et 1980. Cette tendance à la décroissance du paramètre  $k$ , qui devient négatif au cours de la période, associée à la positivité moyenne du paramètre  $\beta$  implique d'après la formule de Lee-Carter, une diminution des taux instantanés de mortalité. En conséquence, on assiste à une augmentation de la probabilité de la survie sur la période observée.



# Commentaires sur les résidus du modèle

Sur le graphique ci-dessous , les résidus sont les erreurs de chaque paramètre estimé à partir de modelé

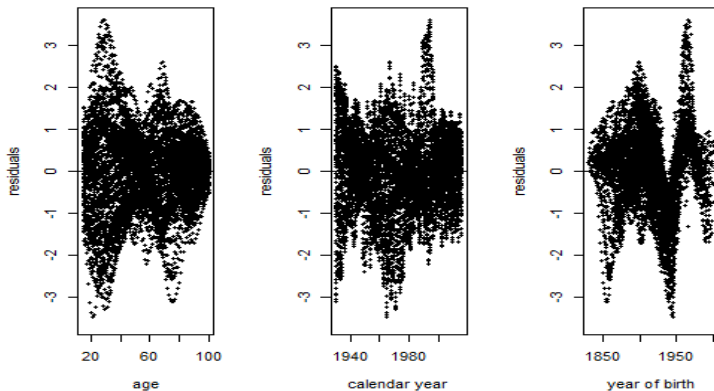
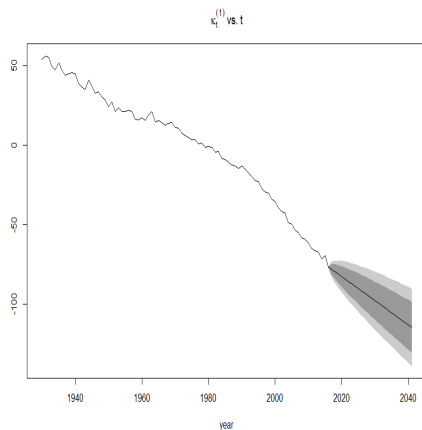


Figure – les résidus des modelé

# Traitement des données

## Estimer la projection centrale

Une fois l'ajustement réalisé sur les données disponibles, on peut réaliser des projections de la mortalité future sur 25 ans. En particulier, **library(forecast)** propose de nombreuses fonctions possibles pour prédire les valeurs  $k_t$  futures.



# Traitement des données

## Afficher les log taux de mortalités projetés

On constate d'après cette figure un décrochage autour de l'âge 10 ans entre les observations (rouge) et les prédictions (jaune au violet). Cet effet s'estompe rapidement par la suite.



# Traitement des données

## Comparaison des montants de la VAP

Montant de la VAP	Mortalité de référence les taux de 2018.	Mortalité de référence les taux projetés	Ecart en %
VAP de la rente viagère anticipée	13,44	12.70	5%
VAP du capital décès	0,59	0.75	-27%

- En changeant les taux de mortalité on remarque un écart significatif du montant de la VAP de la rente viagère : une diminution de 5% (elle baisse de 13,44 à 12.72)
- Concernant la VAP du capital décès : on remarque une augmentation de 27% (elle passe de 0,59 à 0.75)
- On peut conclure que les taux de mortalité ont une influence sur la VAP

# Traitement des données

Autres paramètres ont une influence sur la VAP

La VAP dépend de deux facteurs qui sont l'âge de l'assuré , le taux technique  $i$  et le capital ( respectivement la rente ) garanti(e)

-Concernant l'âge la VAP croît en fonction de l'âge (corrélation positive ) vu que la probabilité de décès augmente en fonction de ce dernier . De même pour le capital (rente) garanti

-Le taux technique : La valeur actuelle probable VAP augmente lorsque le taux technique diminue.

- 1 Actuariat vie
- 2 Présentation des données
- 3 Traitement des données
- 4 Outils**

# Outils

## R



**Figure** – R logo

R est un langage et un environnement pour le calcul statistique et les graphiques.

R a plusieurs utilisations :

- Organiser et traiter rapidement un grand volume de données.
- Créer des graphiques pour visualiser ces données et les analyses.
- Créer une programmation procédurale.

# Outils

## Packages utilisés

### StMoMo

StMoMo (Stochastic Mortality Modeling) est un package R fournissant des fonctions pour spécifier et ajuster les modèles de mortalité stochastique

### Demography

Le package R demography fournit des fonctions pour l'analyse démographique

### Lifecontingencies

Le package lifecontingencies fournit classes et méthodes de gestion des tables de mortalité

### reliaR

reliaR est un package pour certaines distributions de probabilités. Une collection d'utilitaires pour certains modèles de fiabilité / distributions de probabilité



# Conclusion

Ainsi, l'implémentation du modèle de Lee-Carter, qui constitue un modèle bidimensionnel prenant en compte à la fois l'âge et l'année pour déterminer les taux de mortalité, le calcul des VAP et la détermination des paramètres qui ont une influence sur ce dernier fut l'objet majeur de ce projet permettant d'avoir une idée claire et nette sur le module Actuariat Vie.

# References



[rdocumentation](#)

<https://www.rdocumentation.org/packages>



[journaldunet.fr](#)

<https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-du-webmastering/1445192-r-definition-utilisation-et-derniere-version-en-cours/>



[Malakof fhumanis -Les bénéficiaires d'un capital décès](#)

*Merci pour votre attention !*