

IMPACT DE LA TRANSFÉRABILITÉ INTER-COMPAGNIES DES CONTRATS D'ASSURANCE VIE

Mengru CHEN

14 novembre 2024

SOMMAIRE

1 • Mise en contexte	4
2 • Démarche globale	6
3 • Théorie de la logique floue	12
4 • Application sur un portefeuille	25
5 • Limites et autres perspectives	32

1 •

Introduction : mise en contexte

Mise en contexte

Assurance vie et fiscalité

Pour les versements réalisés à compter du 27/09/2017

Avant 8 ans

PFO à 12,8%

Après 8 ans

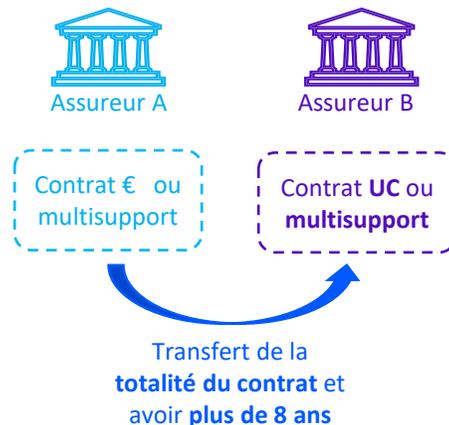
Abattement annuel

Si gains venant des premiers
150 k€ versés
PFO à 7,5%
Sinon PFO à 12,8%

Proposition de loi Husson-Montgolfier

Articles 7 et 7bis de la proposition de la loi n°586 tendant à renforcer la protection des épargnants

A partir du 1er janvier 2025



Point de vue des assurés

- 1) Avoir plus de choix dans les produits d'assurance existants
- 2) Maintenir l'ancienneté et les avantages de l'assurance vie
- 3) Bénéficier d'un meilleur rendement chez la concurrence

Point de vue des assureurs

- 1) Déséquilibre entre les durations actif-passif
- 2) Revue de la gestion actif-passif
- 3) Moins-value latente obligatoire
- 4) Impact sur la solvabilité et la rentabilité



* en rapportant aux données T2 2022

 **1863 Md€**

 **2/3 PIB**

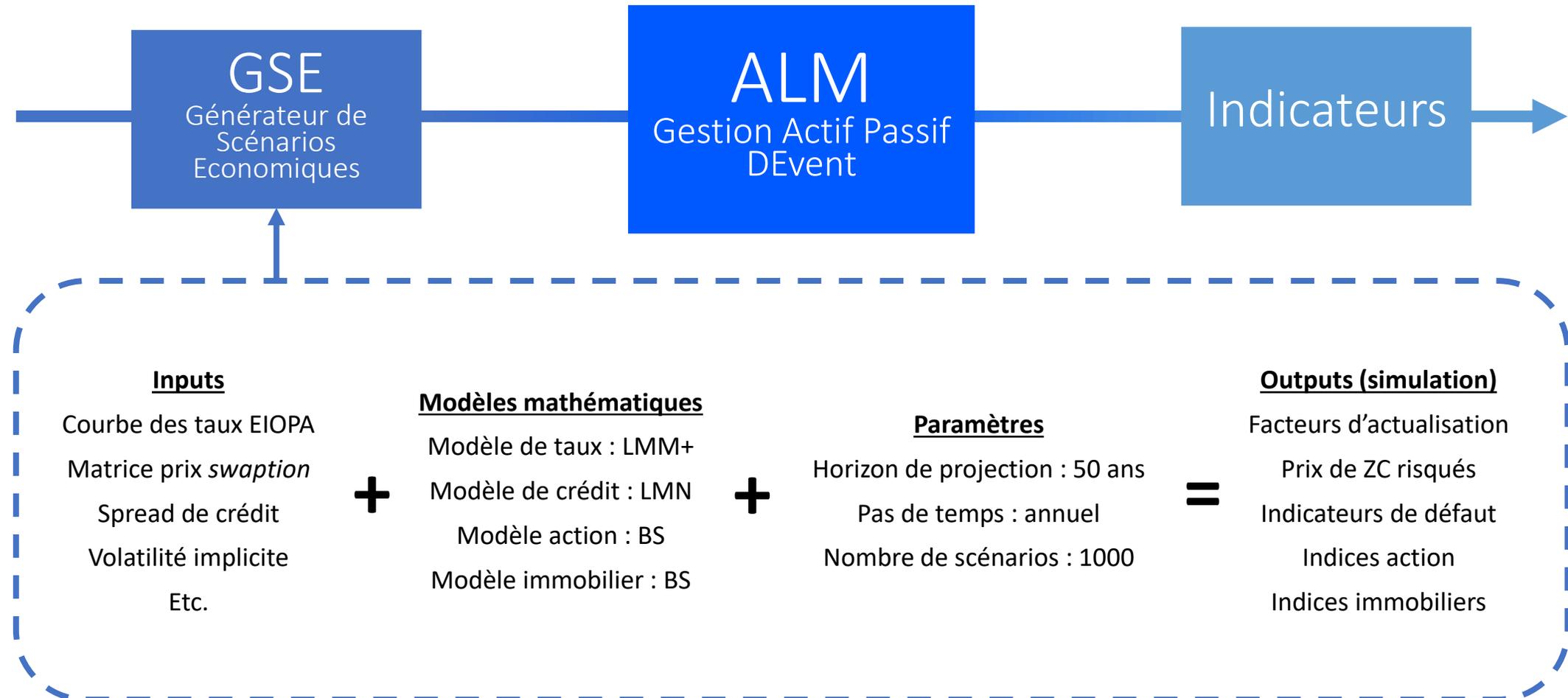
2 •

Démarche globale

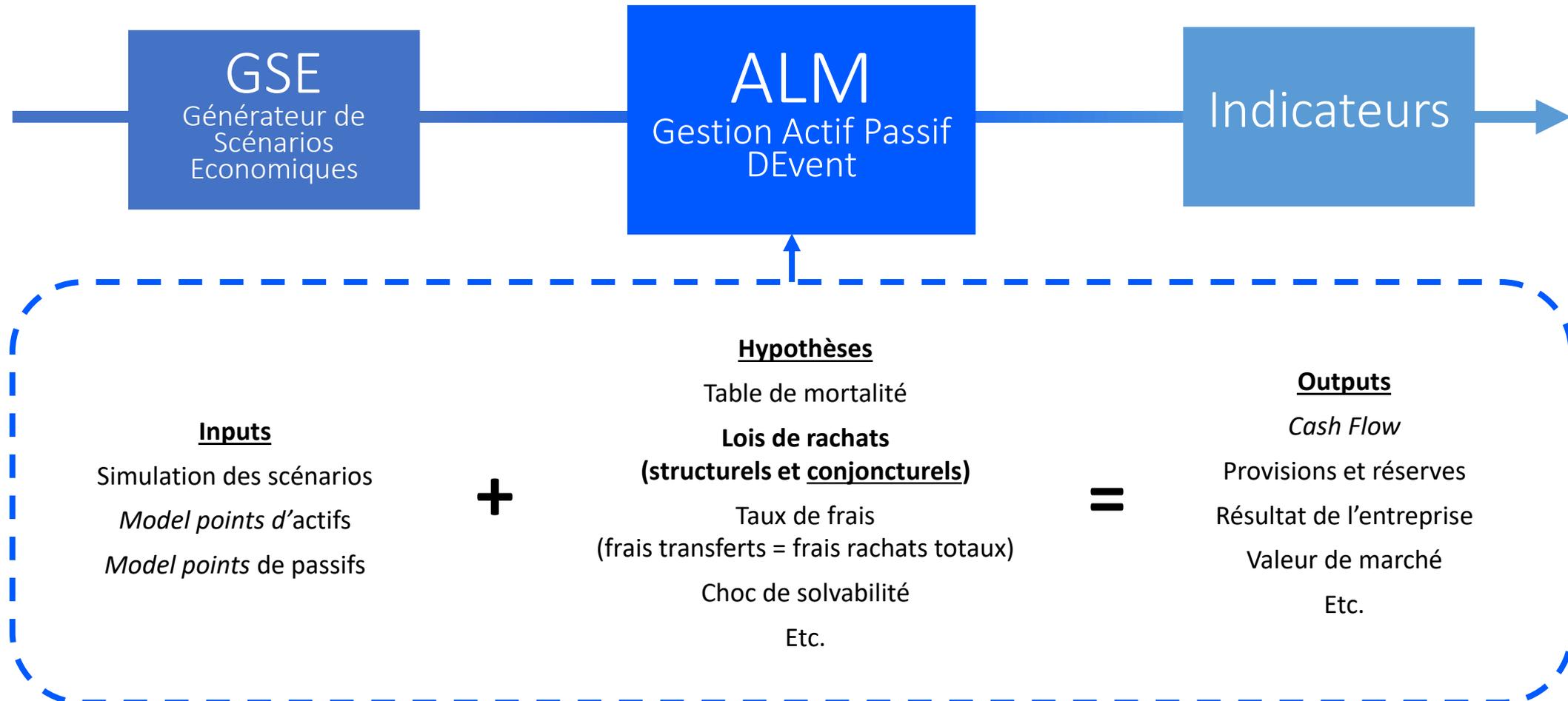
Démarche globale



Démarche globale – GSE



Démarche globale – ALM



Démarche globale – Indicateurs



Best Estimate

Meilleure estimation des flux de trésorerie futurs

$$BE = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N \sum_{t=1}^{T_{fin}} \frac{CF_{sortant}^s(t) - CF_{entrant}^s(t)}{(1+r^s(t))^t}$$

Ratio de solvabilité

> 100%

Mesure la santé financière

$$RS = \frac{\text{Fonds Propres}}{\text{Capital de Solvabilité Requis}}$$

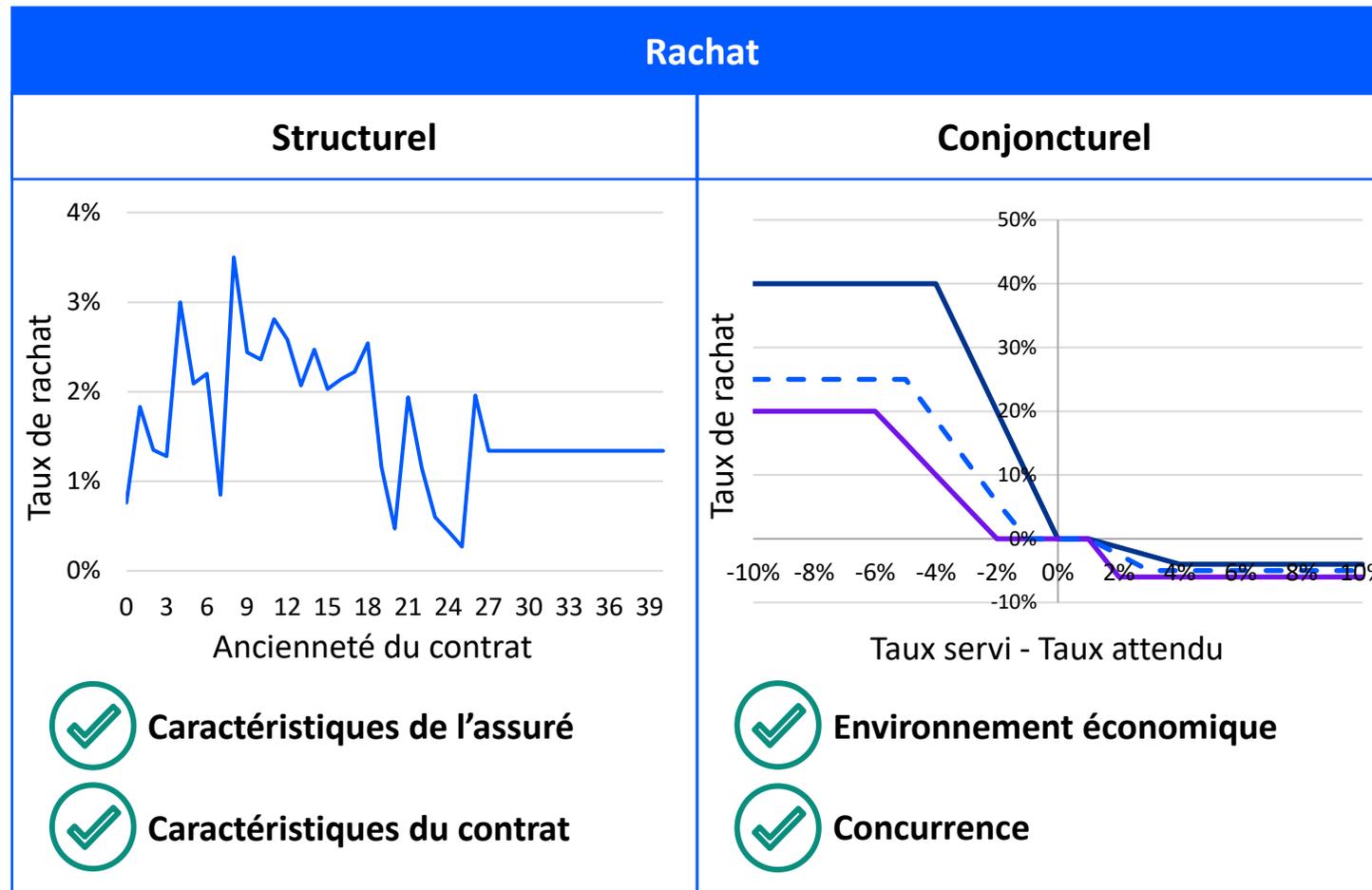
Indicateur de rendement

Mesure la rentabilité

$$IR = \frac{PVFP}{\text{Best Estimate}}$$

où $PVFP = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N \sum_{t=1}^{T_{fin}} \frac{\text{Profit net}^s(t)}{(1+r^s(t))^t}$

Focus sur la modélisation du transfert



- ✗ Pas de modélisation structurelle pour éviter le double-comptage
- ✗ Pas de donnée historique
- ✗ Pas de modélisation classique de type *Machine Learning* ou modèle de durée

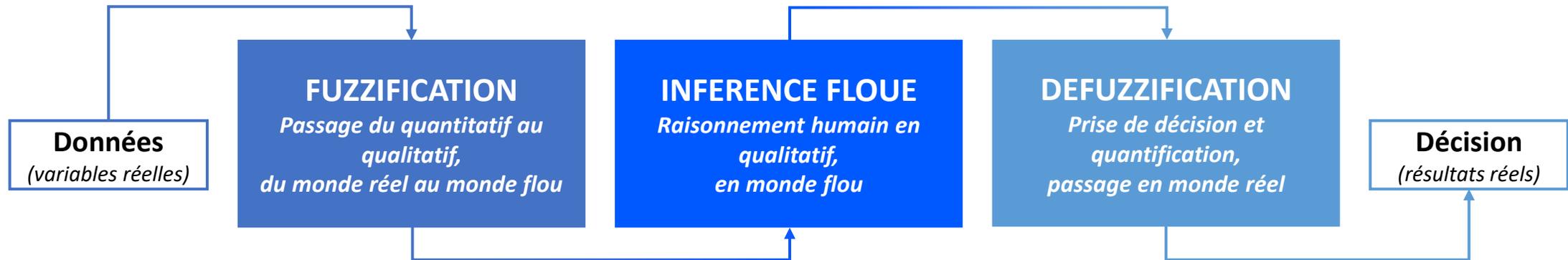
Solutions :

- Rachat conjoncturel
- Théorie de la logique floue

3 •

Théorie de la logique floue

Les étapes de la logique floue



Fuzzification

- 1) **Fuzzification**
 - a) **Variable linguistique**
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance
- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) Implication
 - d) Agrégation
- 3) Défuzzification

Variables linguistiques	Entrées					Sortie
	Ecart de rendements	Taux OAT 10 ans	Ancienneté	Age de l'assuré	Patrimoine	Taux de rachats-transferts
Justification	Concurrence Calquer la loi de rachats conjoncturels classique	Environnement de taux	Exclure les contrats non concernés par la transférabilité	Raison de souscrire à une assurance vie Réactivité, sensibilité	Lié à la CSP, capacité à s'informer Réactivité, sensibilité	Variable à expliquer

Fuzzification

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou**
 - c) Fonction d'appartenance**
- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) Implication
 - d) Agrégation
- 3) Défuzzification

Une **variable linguistique** est associée à un triplet (X, U, R)

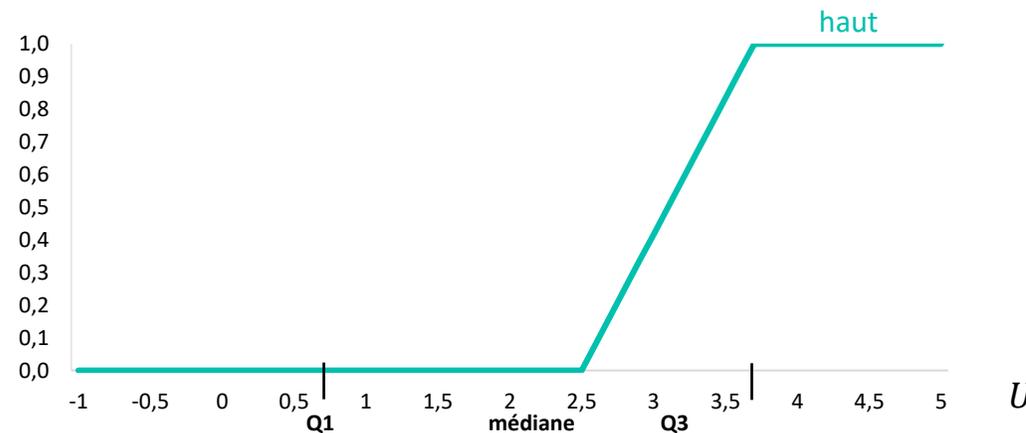
- **X : la variable.** Ex : taux OAT 10 ans
- **U : l'univers du discours.** Ex : intervalle [-1%; 5%]
- **R : l'ensemble des ensembles flous.** Ex : taux bas, taux moyen, taux haut

Un **ensemble flou A** est caractérisé est une **fonction d'appartenance μ_A**

$$\mu_A : U \rightarrow [0; 1]$$

$$x \mapsto \mu_A(x)$$

Ex : ensemble flou **taux haut** de la variable **OAT 10 ans**



Fuzzification

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou**
 - c) Fonction d'appartenance**

- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) Implication
 - d) Agrégation

- 3) Défuzzification

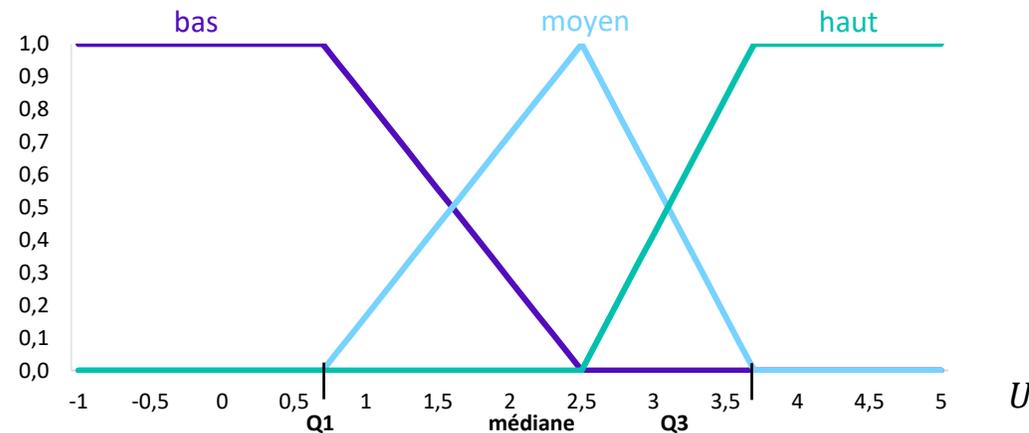
Une **variable linguistique** est associée à un triplet (X, U, R)

- **X : la variable.** Ex : taux OAT 10 ans
- **U : l'univers du discours.** Ex : intervalle [-1%; 5%]
- **R : l'ensemble des ensembles flous.** Ex : taux bas, taux moyen, taux haut

Un **ensemble flou A** est caractérisé est une **fonction d'appartenance μ_A**

$$\mu_A : \begin{matrix} U \rightarrow [0; 1] \\ x \mapsto \mu_A(x) \end{matrix}$$

Ex : ensembles flous de la variable **OAT 10 ans**



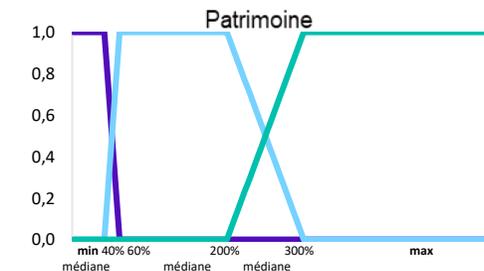
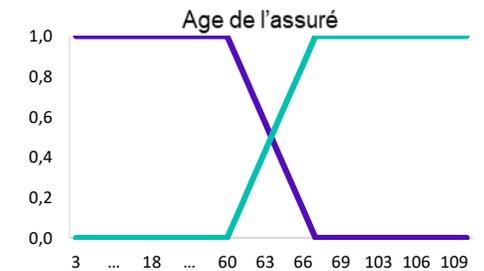
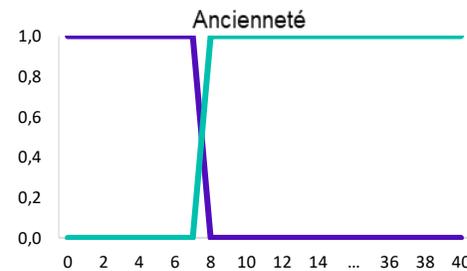
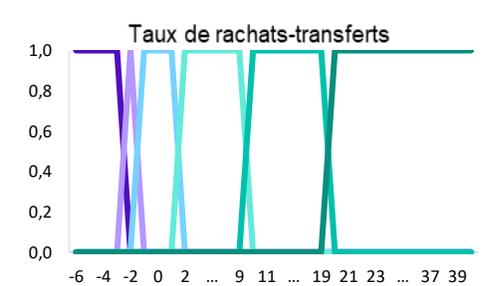
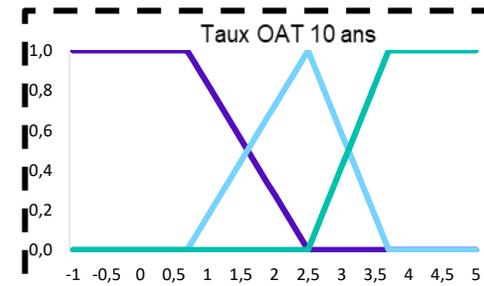
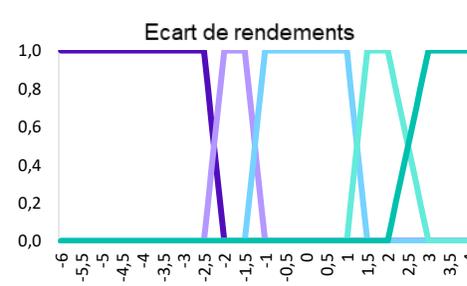
Fuzzification

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance

- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) Implication
 - d) Agrégation

- 3) Défuzzification

Variables linguistiques	Entrées					Sortie
	Ecart de rendements	Taux OAT 10 ans	Ancienneté	Age de l'assuré	Patrimoine	Taux de rachats-transferts
Univers du discours	[-6%; 4%]	[-1%; 5%]	[0 an; 40 ans]	[3 ans; 110 ans]	[0 €; 18 M€]	[-6%; 40%]
Ensembles flous	Fort. négatif Négatif Négligeable Positif Fort. positif	Bas Moyen Haut	Avant 8 ans Après 8 ans	Adulte Retraité	Faible Modéré Important	Très négatif Négatif Proche de 0 Positif Très positif Excess. positif



Inférence floue

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance
- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) Implication
 - d) Agrégation
- 3) Défuzzification

Une règle floue R_i est de la forme

$R_i : SI [prémisse 1] ET [prémisse 2] \dots ALORS [Conclusion]$

Var « Ancienneté »
 Avant 8 ans
 Après 8 ans
 (avec la transférabilité)
 Après 8 ans
 (sans la transférabilité)

		Après 8 ans après transf		Patrimoine		Faible		Modéré		Important	
		Age		Adulte	Retraité	Adulte	Retraité	Adulte	Retraité		
Taux OAT 10 ans	Bas	Ecart de rendements	Fortement négatif	Positif	Proche de 0	Très positif	Positif	Très positif	Positif	Très positif	Positif
			Faiblement négatif	Proche de 0	Proche de 0	Positif	Positif	Très positif	Positif		
			Négligeable	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0		
	Moyen		Faiblement positif	Proche de 0	Proche de 0	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif		
			Fortement positif	Négatif	Proche de 0	Négatif	Négatif	Très négatif	Négatif		
			Fortement négatif	Positif	Positif	Très positif	Très positif	Exces. Positif	Très positif		
Haut	Faiblement négatif	Très positif	Positif	Très positif	Positif	Exces. positif	Très positif				
	Négligeable	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0	Proche de 0				
	Faiblement positif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Très négatif	Négatif				
			Fortement positif	Très négatif	Négatif	Très négatif	Négatif	Très négatif	Très négatif	Très négatif	

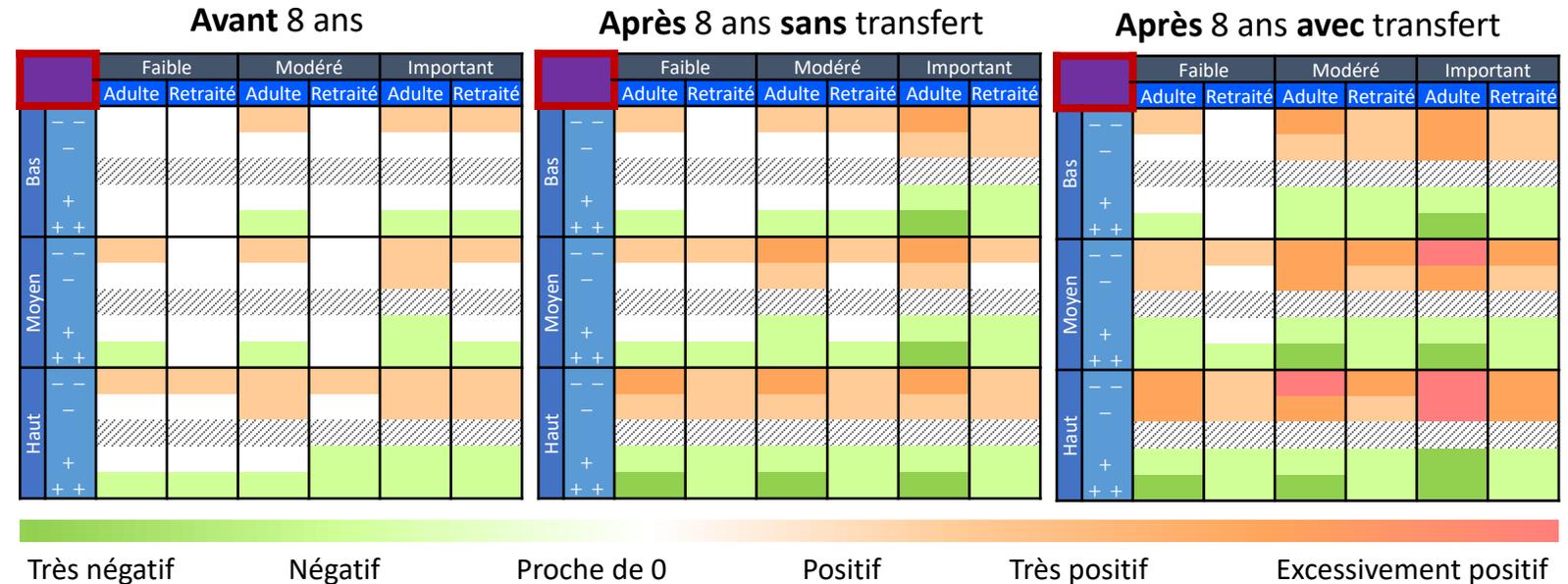
270

Règles de décision à définir

➤ **Calibrage à partir des avis d'expert, des études statistiques, des littératures empiriques, etc.**

Inférence floue

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance
- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) Implication
 - d) Agrégation
- 3) Défuzzification



- Les principes**
- Taux de rachats-transfert **avant 8 ans** < **après 8 ans (transfert)** < **après 8 ans (transfert)**
 - Ecart de rendements **négatif** = taux de rachats-transferts **positif**, et vice versa
 - Ecart de rendements **négligeables** = taux de rachats-transferts **proche de 0**
 - **Taux haut** = plus de concurrence = plus **sensible**
 - Assuré **jeune** avec un **patrimoine important** = dynamique et informé = plus **sensible**

Inférence floue

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance

- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation**
 - c) Implication
 - d) Agrégation

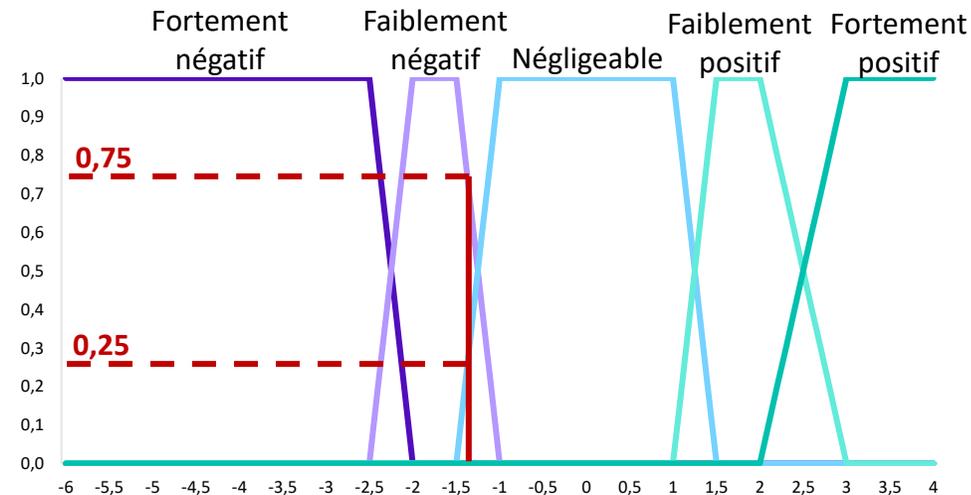
- 3) Défuzzification

$$x_0 = (\text{Ecart rdt}; \quad \text{OAT}; \quad \text{Ancienneté}; \quad \text{Age}; \quad \text{Patrimoine})$$

$$x_0 = (-1,3\%; \quad 2,5\%; \quad 12 \text{ ans}; \quad 65 \text{ ans}; \quad 1 \text{ M€})$$

Variable	Ecart de rendements	Taux OAT 10 ans	Ancienneté	Age de l'assuré	Patrimoine
Réel	-1,3%	2,5%	12 ans	65 ans	1 000 000
Flou	75% faible négatif 25% négligeable	100% moyen	100% après 8 ans	29% adulte 71% retraité	100% important

Ecart de rendements



Inférence floue

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance

- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation**
 - c) Implication
 - d) Agrégation

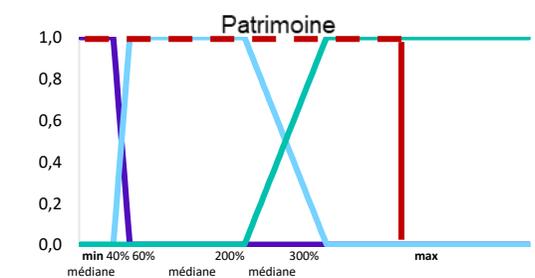
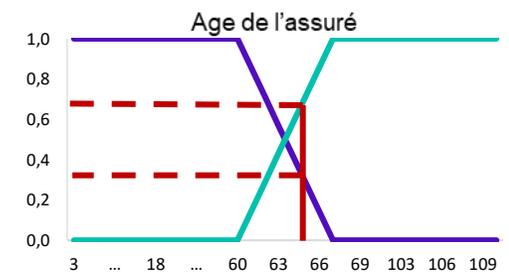
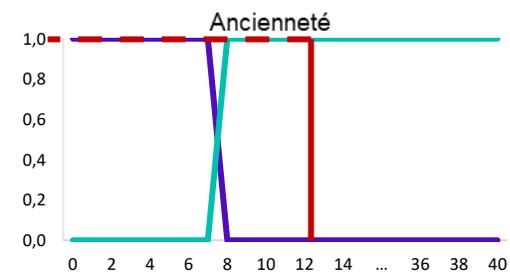
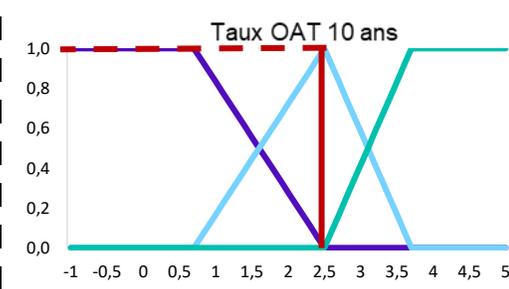
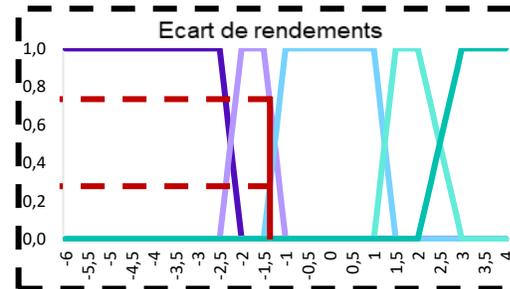
- 3) Défuzzification

$$x_0 = (\text{Ecart rdt}; \quad \text{OAT}; \quad \text{Ancienneté}; \quad \text{Age}; \quad \text{Patrimoine})$$

$$x_0 = (-1,3\%; \quad 2,5\%; \quad 12 \text{ ans}; \quad 65 \text{ ans}; \quad 1 \text{ M€})$$

Variable	Ecart de rendements	Taux OAT 10 ans	Ancienneté	Age de l'assuré	Patrimoine
Réel	-1,3%	2,5%	12 ans	65 ans	1 000 000
Flou	75% faible négatif 25% négligeable	100% moyen	100% après 8 ans	29% adulte 71% retraité	100% important

Ensembles fous



Inférence floue

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance

- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation**
 - c) Implication
 - d) Agrégation

- 3) Défuzzification

$$x_0 = (\text{Ecart rdt}; \quad \text{OAT}; \quad \text{Ancienneté}; \quad \text{Age}; \quad \text{Patrimoine})$$

$$x_0 = (-1,3\%; \quad 2,5\%; \quad 12 \text{ ans}; \quad 65 \text{ ans}; \quad 1 \text{ M€})$$

Variable	Ecart de rendements	Taux OAT 10 ans	Ancienneté	Age de l'assuré	Patrimoine
Réel	-1,3%	2,5%	12 ans	65 ans	1 000 000
Flou	75% faible négatif 25% négligeable	100% moyen	100% après 8 ans	29% adulte 71% retraité	100% important

Conclusion

Règles activées	Ecart de rendements	ET	OAT 10 ans	ET	Ancienneté	ET	Age	ET	Patrimoine	ALORS	Taux R-T
R1	Faible négatif	ET	Moyen	ET	Après 8 ans	ET	Adulte	ET	Important	ALORS	Très positif
R2	Faible négatif	ET	Moyen	ET	Après 8 ans	ET	Retraité	ET	Important	ALORS	Positif
R3	Négligeable	ET	Moyen	ET	Après 8 ans	ET	Adulte	ET	Important	ALORS	Proche de 0
R4	Négligeable	ET	Moyen	ET	Après 8 ans	ET	Retraité	ET	Important	ALORS	Proche de 0

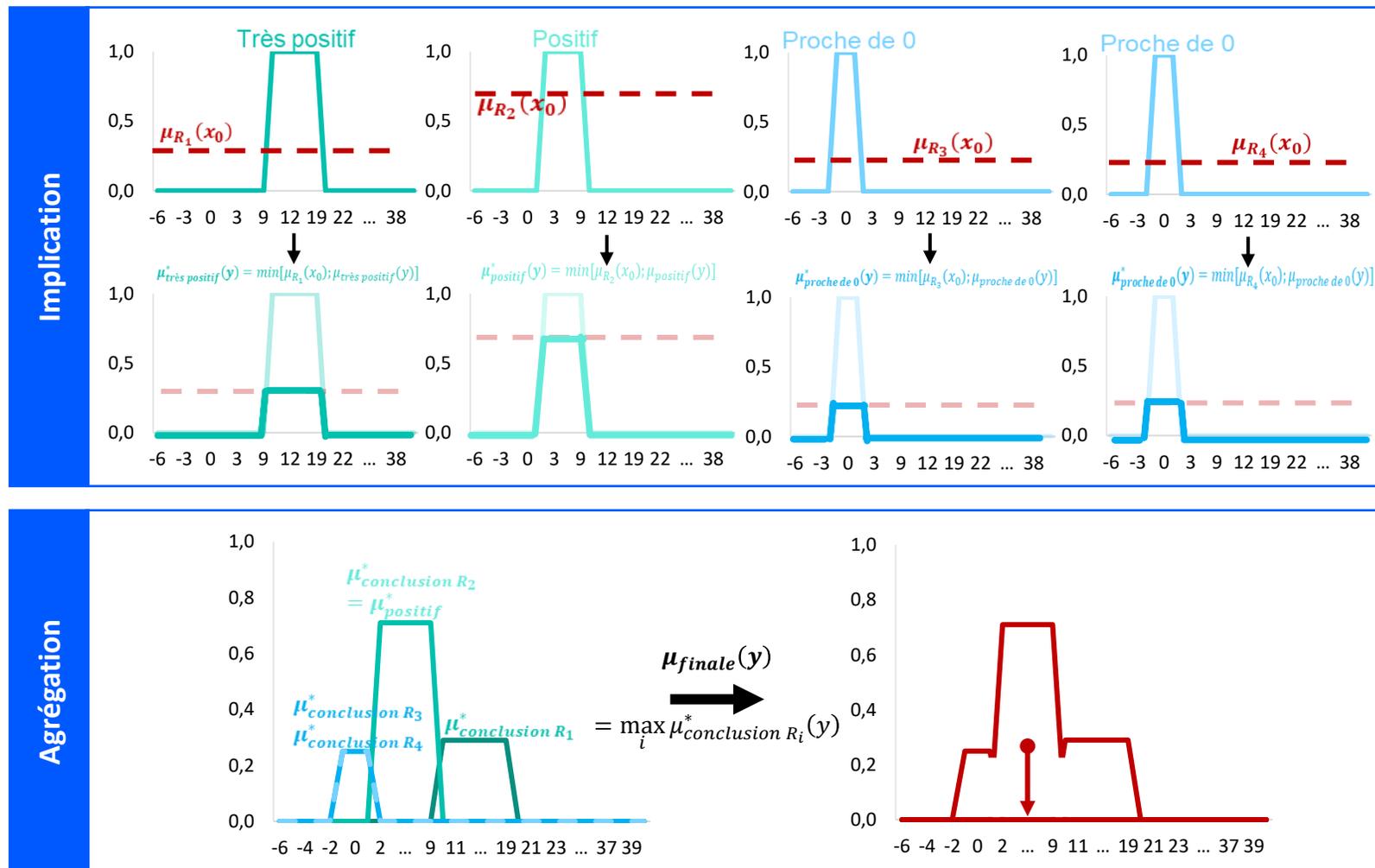
Règles activées	Ecart de rendements	ET	OAT 10 ans	ET	Ancienneté	ET	Age	ET	Patrimoine	ALORS	Taux R-T
R1	75%	ET	100%	ET	100%	ET	29%	ET	100%	ALORS	29%
R2	75%	ET	100%	ET	100%	ET	71%	ET	100%	ALORS	71%
R3	25%	ET	100%	ET	100%	ET	29%	ET	100%	ALORS	25%
R4	25%	ET	100%	ET	100%	ET	71%	ET	100%	ALORS	25%

$$\mu_{R_i}(x_0)$$

$$= \min_i \mu_{\text{prémisse } i}(x_0)$$

Inférence floue

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance
- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) **Implication**
 - d) **Agrégation**
- 3) **Défuzzification**



Défuzzification

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance

- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) Implication
 - d) Agrégation

3) Défuzzification

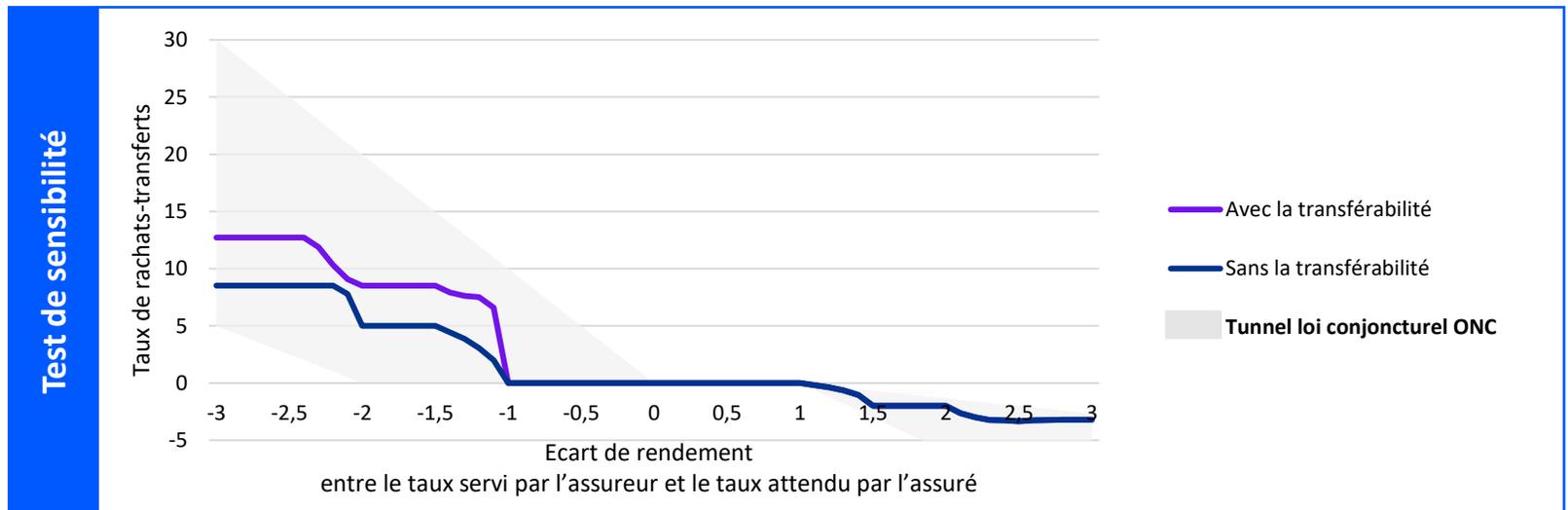
Si $x_0 = (\text{Ecart rdt} - 1,3\%; \text{OAT } 2,5\%; \text{Ancienneté } 12 \text{ ans}; \text{Age } 65 \text{ ans}; \text{Patrimoine } 1 \text{ M€})$

Alors le **taux de rachats-transferts** vaut

- **6,6%** (avec la transférabilité)
- **2,0%** (sans la transférabilité)

Si $x_0 = (\text{Ecart rdt}; \text{OAT } 2,5\%; \text{Ancienneté } 12 \text{ ans}; \text{Age } 65 \text{ ans}; \text{Patrimoine } 1 \text{ M€})$

où $\text{Ecart rdt} \in [-3\%; 3\%]$



4 •

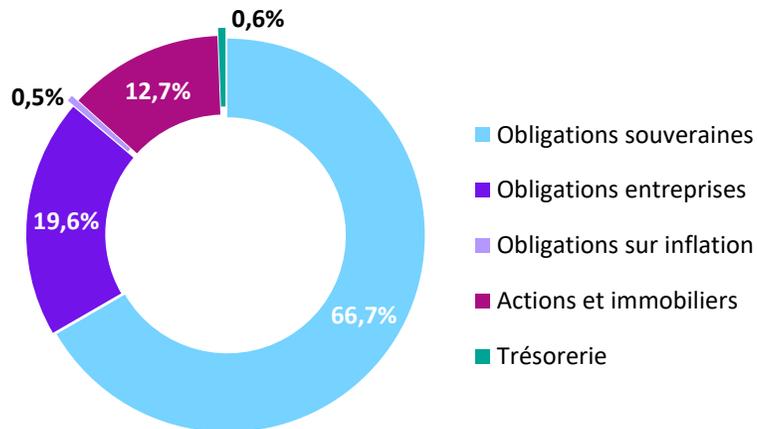
Application sur un portefeuille

Présentation du portefeuille

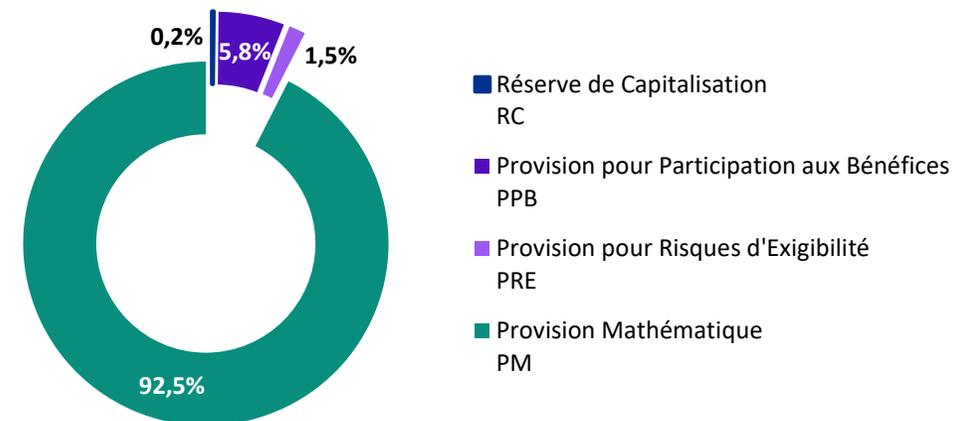
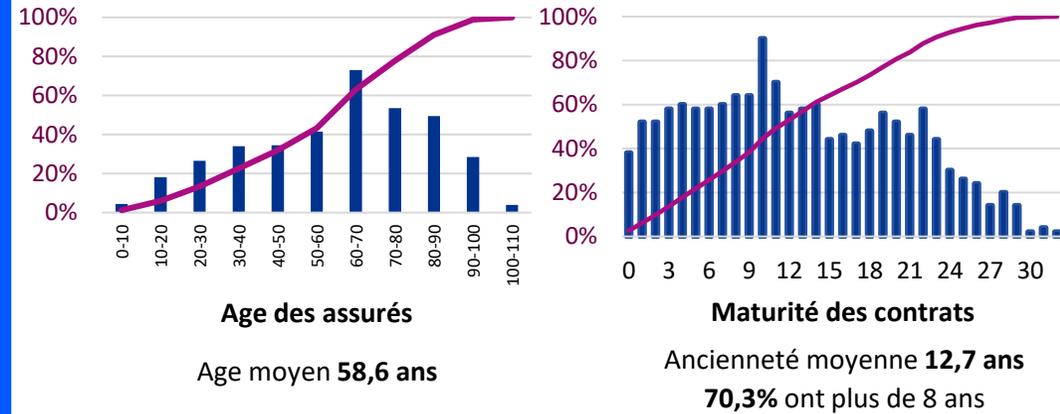
Caractéristiques

- Fonctionne par *model points* (= agrégation des contrats similaires)
- Portefeuille € en *run-off*
- TMG = 0%
- Même frais appliqués aux rachats totaux que pour les transferts Husson-Montgolfier

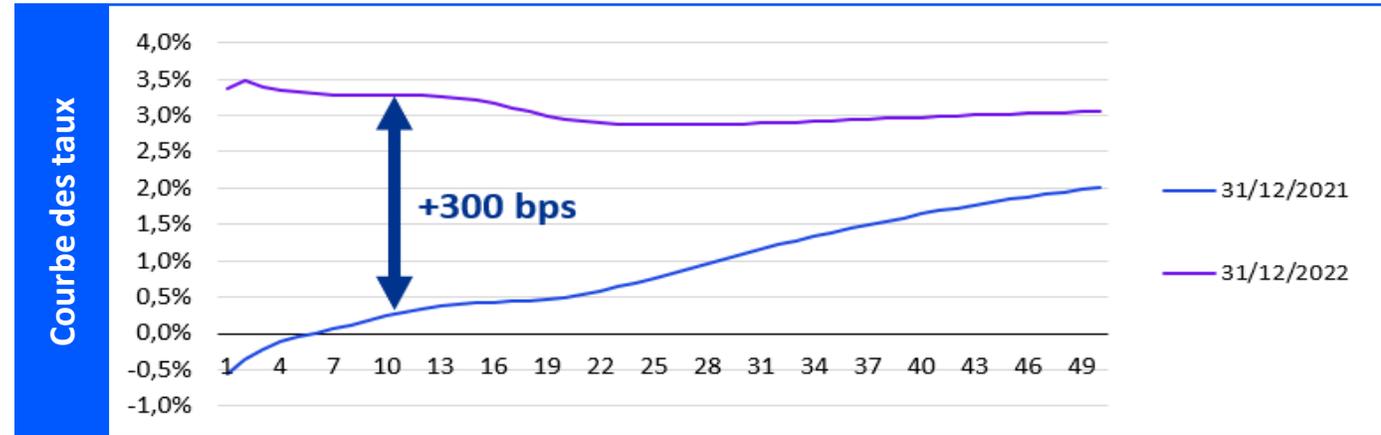
A l'actif



Au passif



Environnements économiques & validation du modèle logique floue



Validation

		31/12/2021	31/12/2022
Valeur nette comptable des actifs		930,10 M€	938,10 M€
Valeur de marché des actifs		981,29 M€	748,07 M€
PMVL (VM-VNC)		43,19 M€	-190,03 M€
Best Estimate	du modèle standard	898,22 M€	671,68 M€
	du modèle logique floue	898,22 M€	671,73 M€
Variation du BE en %		0,00%	0,01%



Sensibilité 1 sur l'environnement de taux

		31/12/2021 Environnement de taux bas (OAT 10 ans 0,24%)	31/12/2022 Environnement de taux moyen-haut (OAT 10 ans 3,28%)
Ratio de solvabilité	avant la transférabilité	251,70%	134,84%
	après la transférabilité	251,70%	125,44%
<i>Variation (après – avant)</i>		0,00%	-9,40%
Ratio PVFP/BE	avant la transférabilité	7,66%	8,98%
	après la transférabilité	7,66%	8,30%
<i>Variation (après – avant)</i>		0,00%	-0,68%

Sensibilité 2 sur les caractéristiques des assurés

- **Compagnie C**entrale : assurés de la compagnie de base
- **Compagnie P**assive : assurés âgés, modérés, contrats plus récents
- **Compagnie A**ctive : assurés jeunes, riches, contrats ancienneté longue

		31/12/2021				31/12/2022			
		Compagnie P	Compagnie C	Compagnie A	Compagnie R	Compagnie P	Compagnie C	Compagnie A	Compagnie R
Ratio solvabilité	avant transf.	281,88%	251,70%	210,67%	262,27%	148,47%	134,84%	129,00%	129,52%
	après transf.	281,88%	251,70%	210,67%	262,27%	144,60%	125,44%	99,70%	115,43%
Variation		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-3,88%	-9,40%	-29,30%	-14,09%
Ratio PVFP/BE	avant transf.	6,93%	7,66%	9,26%	7,17%	8,09%	8,98%	10,95%	8,34%
	après transf.	6,93%	7,66%	9,26%	7,71%	7,63%	8,30%	9,34%	7,29%
Variation		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,46%	-0,68%	-1,61%	-1,05%

Sensibilité 2 sur les caractéristiques des assurés

- **Compagnie C**entrale : assurés de la compagnie de base
- **Compagnie P**assive : assurés âgés, modérés, contrats plus récents
- **Compagnie A**ctive : assurés jeunes, riches, contrats ancienneté longue
- **Compagnie R**éalité : assurés âgés, riches, contrats ancienneté longue

		31/12/2021				31/12/2022			
		Compagnie P	Compagnie C	Compagnie A	Compagnie R	Compagnie P	Compagnie C	Compagnie A	Compagnie R
Ratio solvabilité	avant transf.	281,88%	251,70%	210,67%	262,27%	148,47%	134,84%	129,00%	129,52%
	après transf.	281,88%	251,70%	210,67%	262,27%	144,60%	125,44%	99,70%	115,43%
Variation		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-3,88%	-9,40%	-29,30%	-14,09%
Ratio PVFP/BE	avant transf.	6,93%	7,66%	9,26%	7,17%	8,09%	8,98%	10,95%	8,34%
	après transf.	6,93%	7,66%	9,26%	7,71%	7,63%	8,30%	9,34%	7,29%
Variation		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,46%	-0,68%	-1,61%	-1,05%

Sensibilité 3 sur le niveau de PPB

		31/12/2021				
Niveau de PPB		0%	2%	4%	6%	8%
Ratio solvabilité	avant transf.	238,27%	242,98%	247,59%	252,00%	256,51%
	après transf.	238,27%	242,98%	247,59%	252,00%	256,51%
Variation		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ratio PVFP/BE	avant transf.	7,41%	7,49%	7,58%	7,66%	7,75%
	après transf.	7,41%	7,49%	7,58%	7,66%	7,75%
Variation		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		31/12/2022				
Niveau de PPB		0%	2%	4%	6%	8%
Ratio solvabilité	avant transf.	109,49%	120,29%	128,57%	135,10%	140,37%
	après transf.	63,22%	82,60%	106,28%	125,78%	137,65%
Variation		-46,24%	-37,69%	-22,29%	-9,32%	-2,72%
Ratio PVFP/BE	avant transf.	8,85%	8,85%	8,89%	8,98%	9,11%
	après transf.	7,67%	8,08%	8,20%	8,31%	8,44%
Variation		-1,18%	-0,77%	-0,68%	-0,68%	-0,67%

5 ●

Conclusion : limites et autres perspectives

Conclusion

Réponse à la problématique

- 1) La mise en place de la **loi de transférabilité Husson-Montgolfier** aura un impact sur la **solvabilité** et la **rentabilité** des compagnies d'assurance vie
- 2) L'impact dépendant de l'environnement de **taux**, des **caractéristiques assurés**, du **niveau de PPB** de l'assureurs, etc.

Limites

- 1) Nombreuses **simplifications** faites dans le raisonnement
- 2) Manque de **données** et de **recul** sur le sujet
- 3) Modèle en logique floue très dépendant des **hypothèses**
- 4) Coût en **temps de calcul**

Pour aller plus loin

- 1) Anticipation des **management actions**
- 2) Optimiser le **temps de calcul**
- 3) Modéliser la **concurrence** en endogène
- 4) Etude **ORSA**

Merci !

Mengru CHEN

chen.mengru@hotmail.com

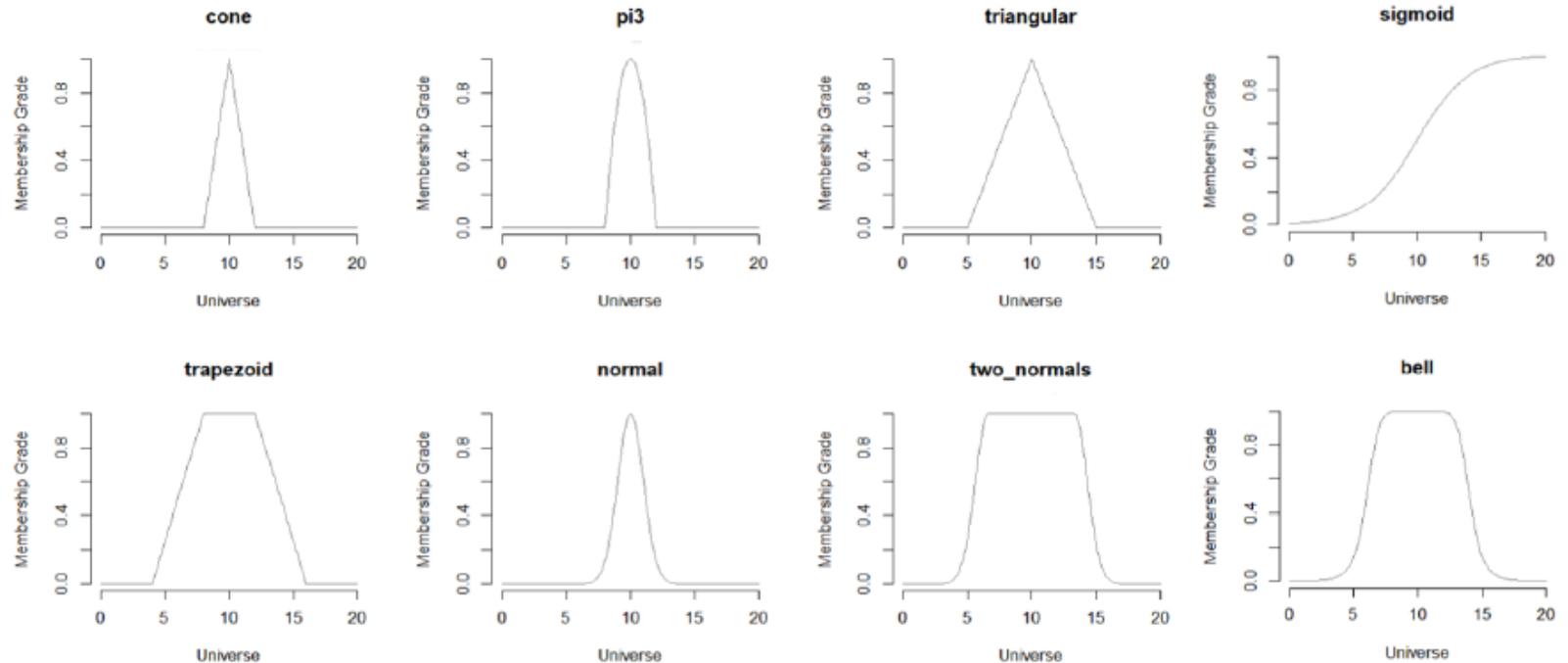
mengruchen@kpmg.fr

6 • Annexe

Inférence floue

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) **Fonction d'appartenance**
- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) Implication
 - d) Agrégation
- 3) Défuzzification

Les formes de fonction d'appartenance



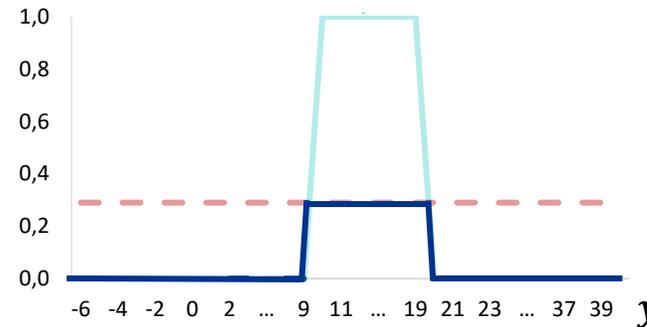
* celles disponibles dans le package `sets` de **R**

Inférence floue

- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance
- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) **Implication**
 - d) Agrégation
- 3) Défuzzification

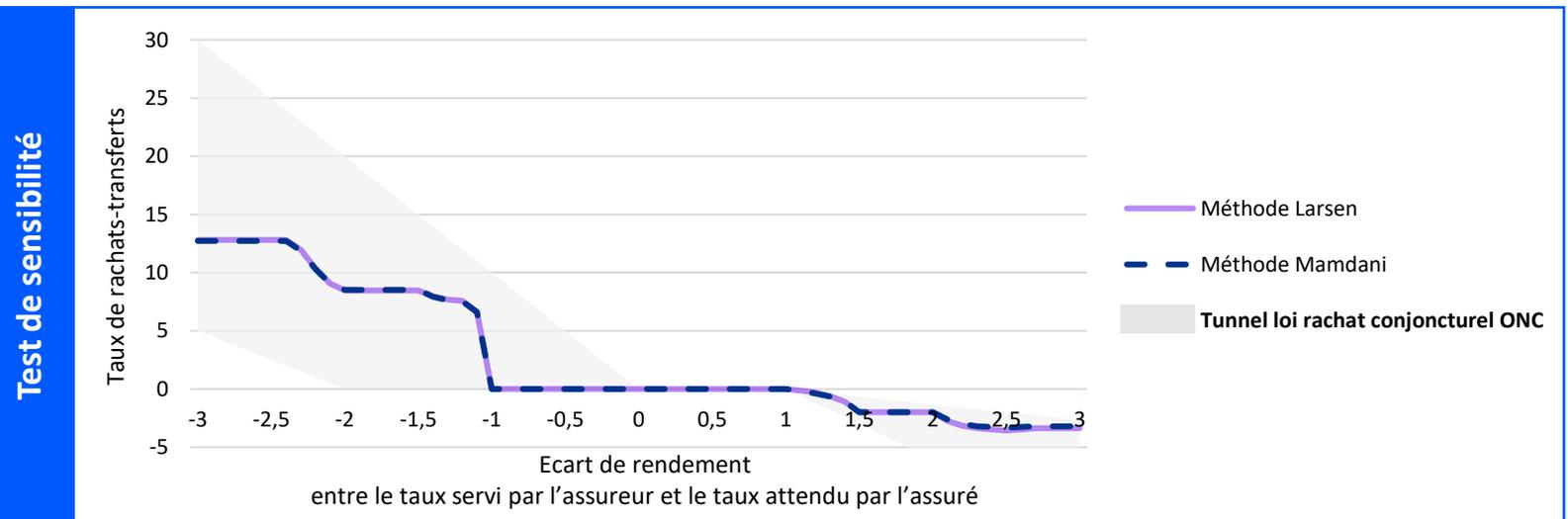
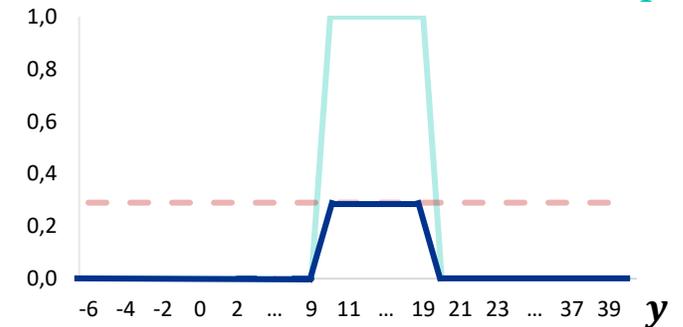
Méthode Mamdani

$$\mu_{conclusion_{R_1}}^*(y) = \min\{\mu_{R_1}(x_0); \mu_{conclusion_{R_1}}(y)\}$$



Méthode Larsen

$$\mu_{conclusion_{R_1}}^*(y) = \mu_{R_1}(x_0) \times \mu_{conclusion_{R_1}}(y)$$



Défuzzification

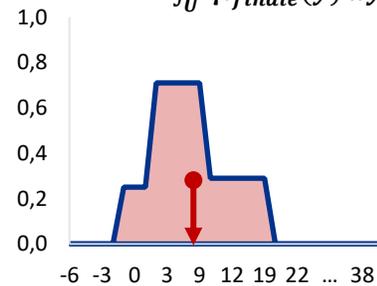
- 1) Fuzzification
 - a) Variable linguistique
 - b) Ensemble flou
 - c) Fonction d'appartenance

- 2) Inférence floue
 - a) Matrice de décision
 - b) Activation
 - c) Implication
 - d) Agrégation

3) Défuzzification

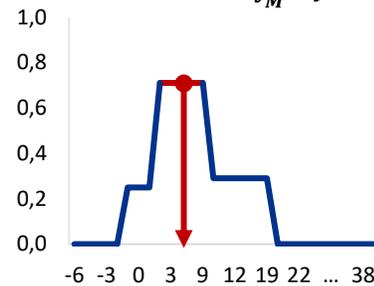
Centre de gravité

$$z_{finale} = \frac{\int_U y \cdot \mu_{finale}(y) dy}{\int_U \mu_{finale}(y) dy}$$



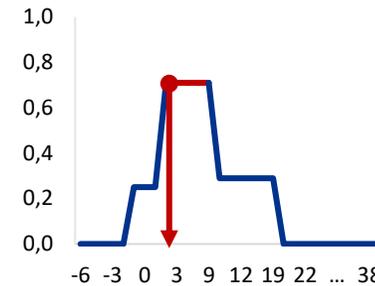
Moyenne des maxima

$$z_{finale} = \frac{\int_M y dy}{\int_M dy}$$



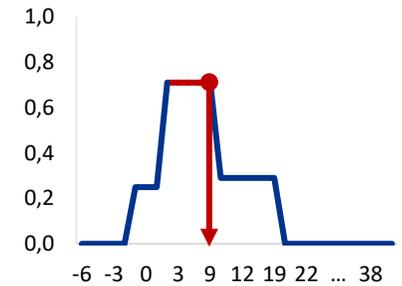
Min des maxima

$$z_{finale} = \inf M$$

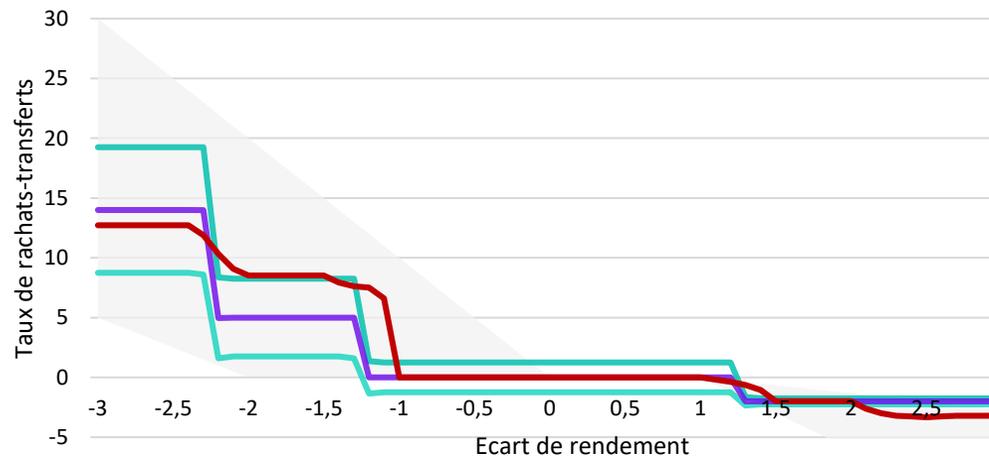


Max des maxima

$$z_{finale} = \sup M$$



Test de sensibilité



entre le taux servi par l'assureur et le taux attendu par l'assuré