

Les tarifs des réassureurs sont-ils crédibles?



Christine Finas

Institut des actuaires
Conférence débat : présentation mémoire

25 avril 2017



1 Cadre de l'étude

- La tarification des traités "XS"
- Objectif de l'étude

2 Modèles de crédibilité développés

- La crédibilité bayésienne
- La crédibilité des incertitudes

3 Application et conclusion

- Mise en oeuvre
- Résultats
- Etude comparative des modèles

4 Conclusion Générale



1 Cadre de l'étude

- La tarification des traités "XS"
- Objectif de l'étude

2 Modèles de crédibilité développés

- La crédibilité bayésienne
- La crédibilité des incertitudes

3 Application et conclusion

- Mise en oeuvre
- Résultats
- Etude comparative des modèles

4 Conclusion Générale



- ▶ **Les différents types de traités de réassurance**
 - Traités proportionnels
 - Traités non proportionnels



▶ Les différents types de traités de réassurance

■ Traités proportionnels

- Quote-Part
- Excédent de plein

■ Traités non proportionnels

- Excédent de sinistre
- Excédent de pertes annuelles



▶ Les différents types de traités de réassurance

■ Traités proportionnels

- Quote-Part
- Excédent de plein

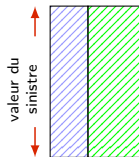
■ Traités non proportionnels

- Excédent de sinistre
- Excédent de pertes annuelles



► Les différents types de traités de réassurance

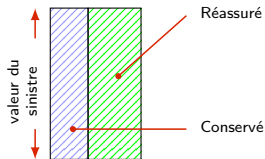
- Traités proportionnels
 - Quote-Part
 - Excédent de plein



- Traités non proportionnels
 - Excédent de sinistre
 - Excédent de pertes annuelles

► Les différents types de traités de réassurance

- Traités proportionnels
 - Quote-Part
 - Excédent de plein

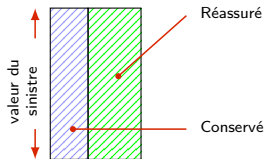


- Traités non proportionnels
 - Excédent de sinistre
 - Excédent de pertes annuelles

► Les différents types de traités de réassurance

■ Traités proportionnels

- Quote-Part
- Excédent de plein



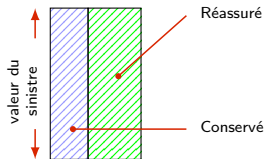
■ Traités non proportionnels

- Excédent de sinistre
- Excédent de pertes annuelles

► Les différents types de traités de réassurance

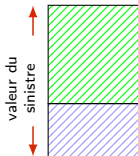
■ Traités proportionnels

- Quote-Part
- Excédent de plein



■ Traités non proportionnels

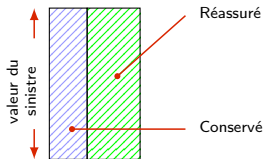
- Excédent de sinistre
- Excédent de pertes annuelles



► Les différents types de traités de réassurance

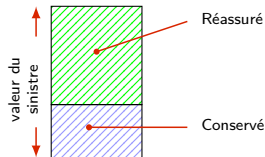
■ Traités proportionnels

- Quote-Part
- Excédent de plein



■ Traités non proportionnels

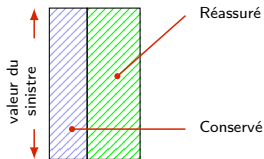
- Excédent de sinistre
- Excédent de pertes annuelles



► Les différents types de traités de réassurance

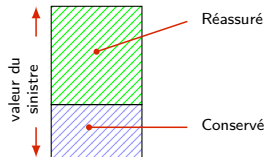
■ Traités proportionnels

- Quote-Part
- Excédent de plein



■ Traités non proportionnels

- **Excédent de sinistre**
- Excédent de pertes annuelles



► Les différents types de traités de réassurance

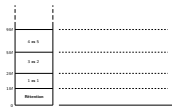
■ Traités proportionnels

- Quote-Part
- Excédent de plein

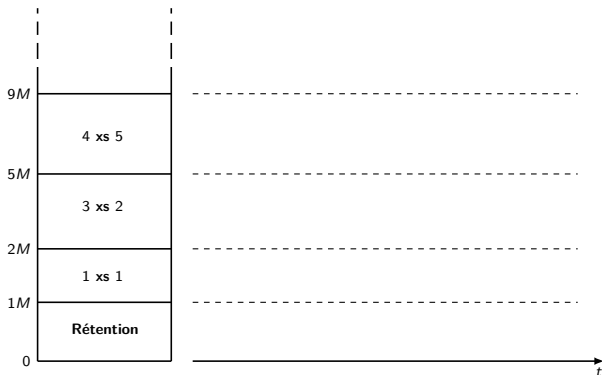
■ Traités non proportionnels

- **Excédent de sinistre**
- Excédent de pertes annuelles

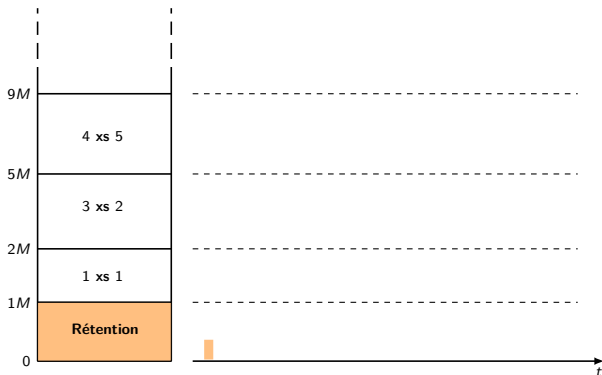
► Traité en excédent de sinistre



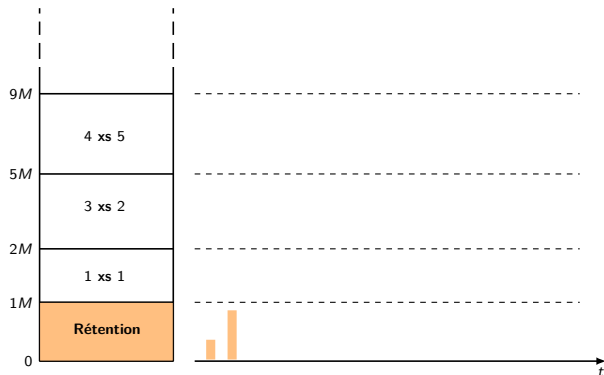
► **Traité en excédent de sinistre**



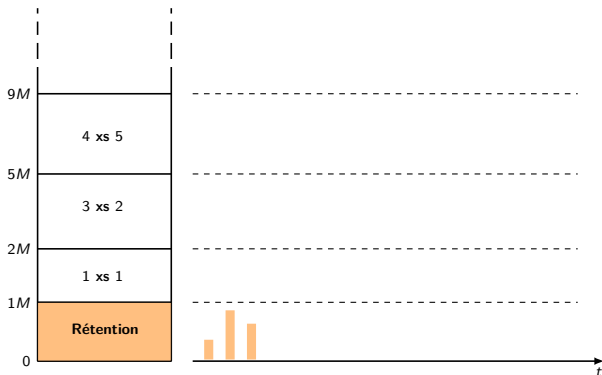
► **Traité en excédent de sinistre**



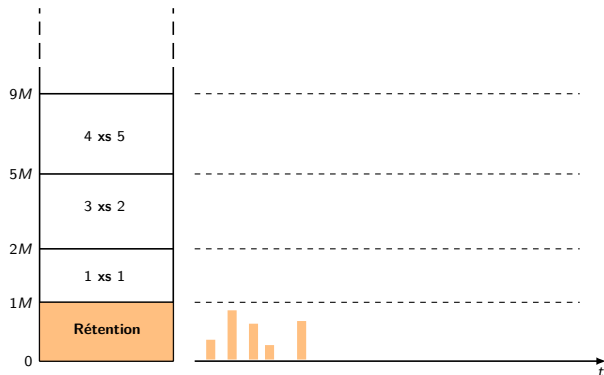
► **Traité en excédent de sinistre**



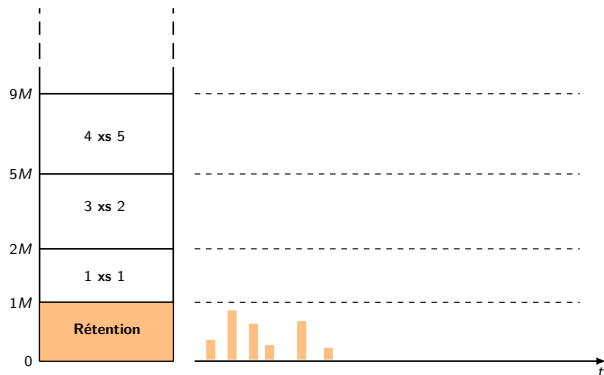
► **Traité en excédent de sinistre**



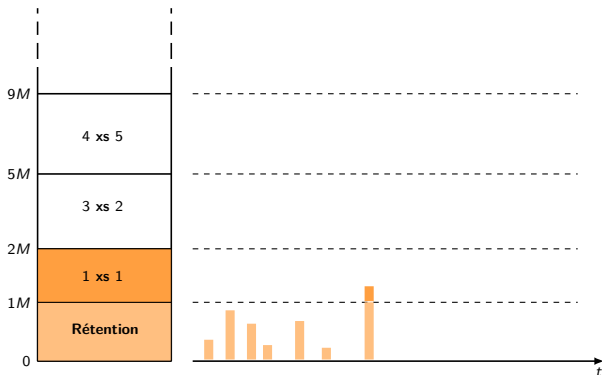
► **Traité en excédent de sinistre**



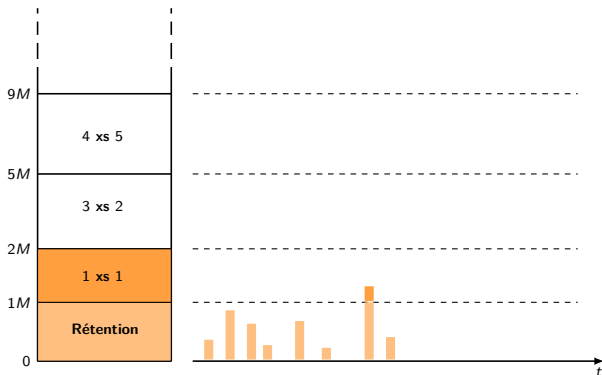
► **Traité en excédent de sinistre**



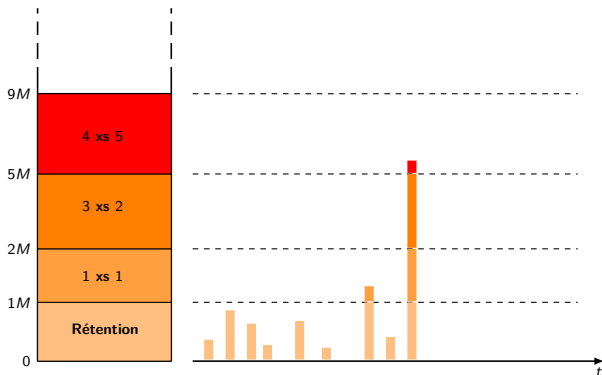
► **Traité en excédent de sinistre**



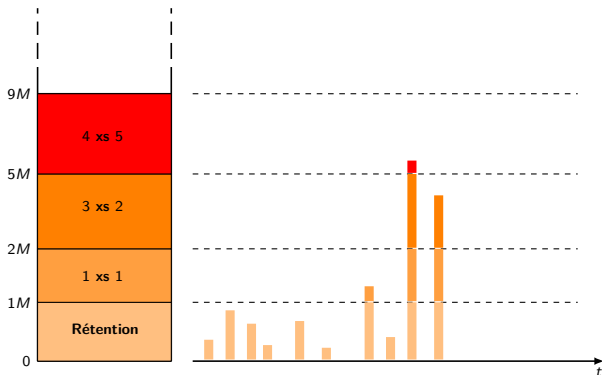
► **Traité en excédent de sinistre**



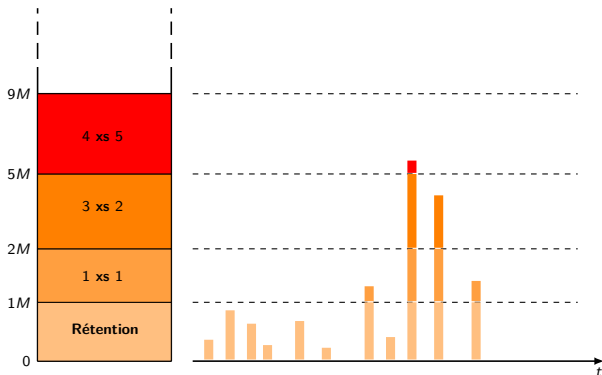
► **Traité en excédent de sinistre**



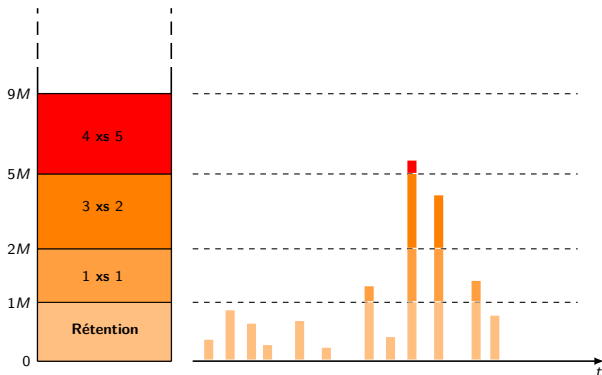
► **Traité en excédent de sinistre**



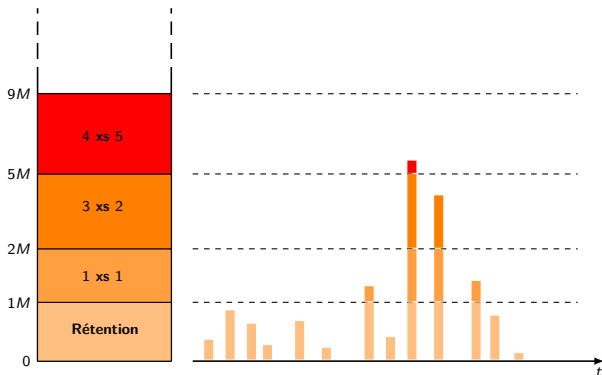
► **Traité en excédent de sinistre**



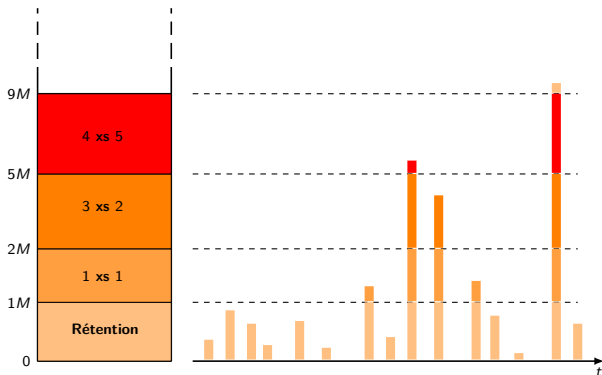
► **Traité en excédent de sinistre**



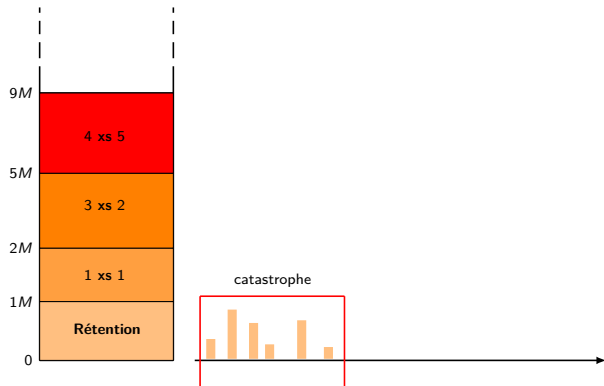
► **Traité en excédent de sinistre**



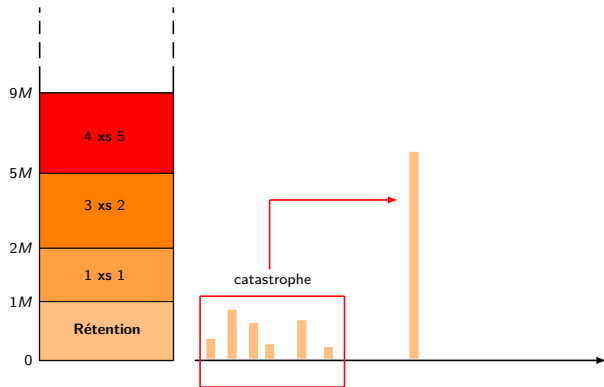
► **Traité en excédent de sinistre**



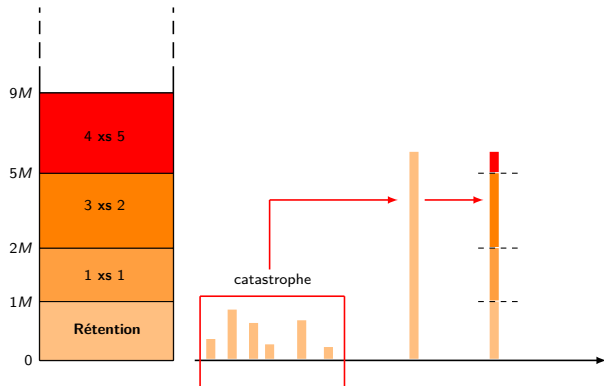
► **Traité en excédent de sinistre**



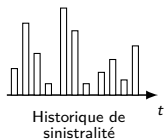
► **Traité en excédent de sinistre**



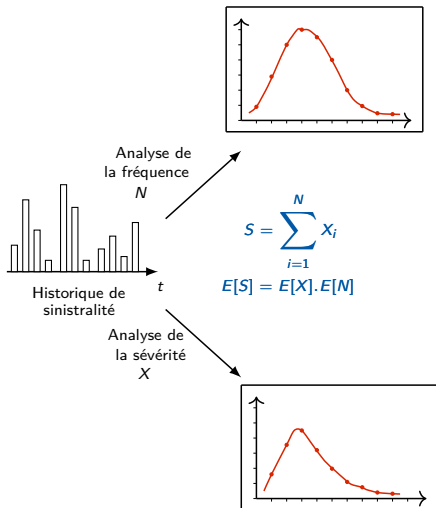
► **Traité en excédent de sinistre**



► Principe du modèle probabiliste



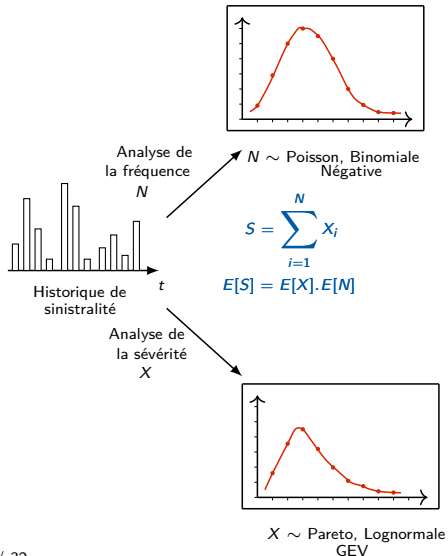
► Principe du modèle probabiliste



Hypothèse 1 : Indépendance fréquence/coûts des sinistres

Hypothèse 2 : Indépendance et stationnarité des montants de sinistres

► Principe du modèle probabiliste

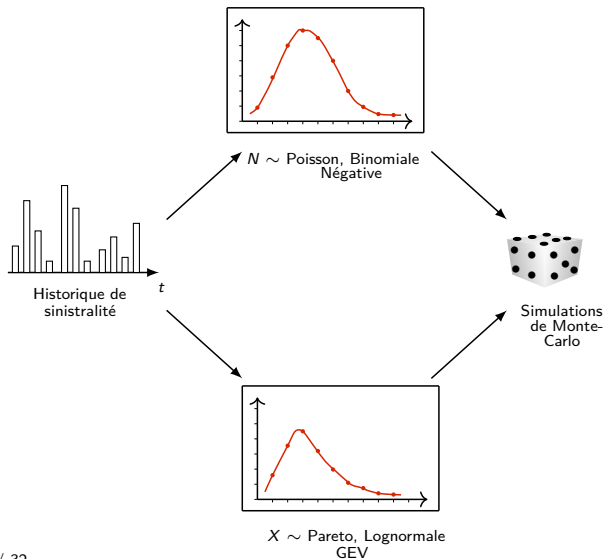


Hypothèse 1 : Indépendance fréquence/coûts des sinistres

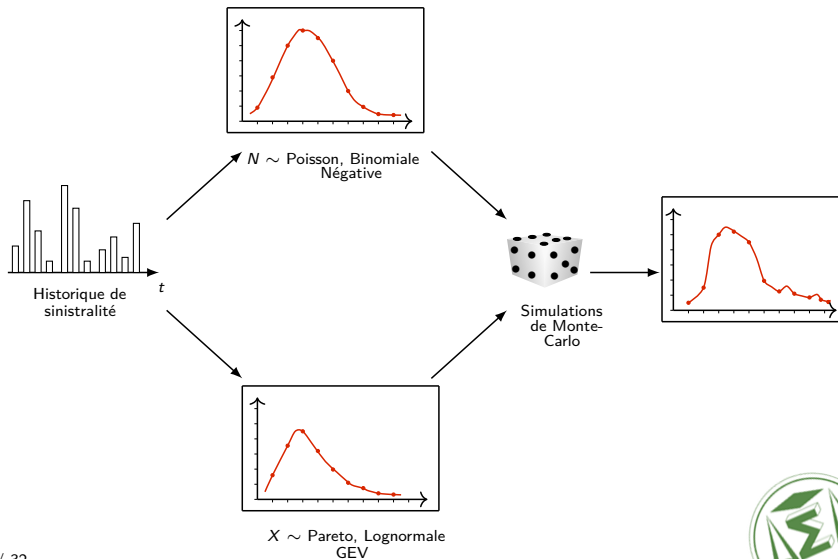
Hypothèse 2 : Indépendance et stationnarité des montants de sinistres



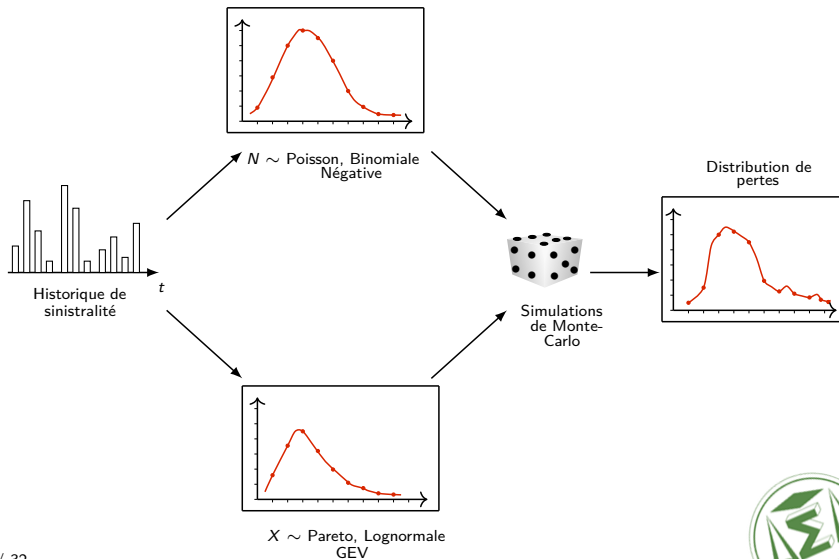
► Principe du modèle probabiliste



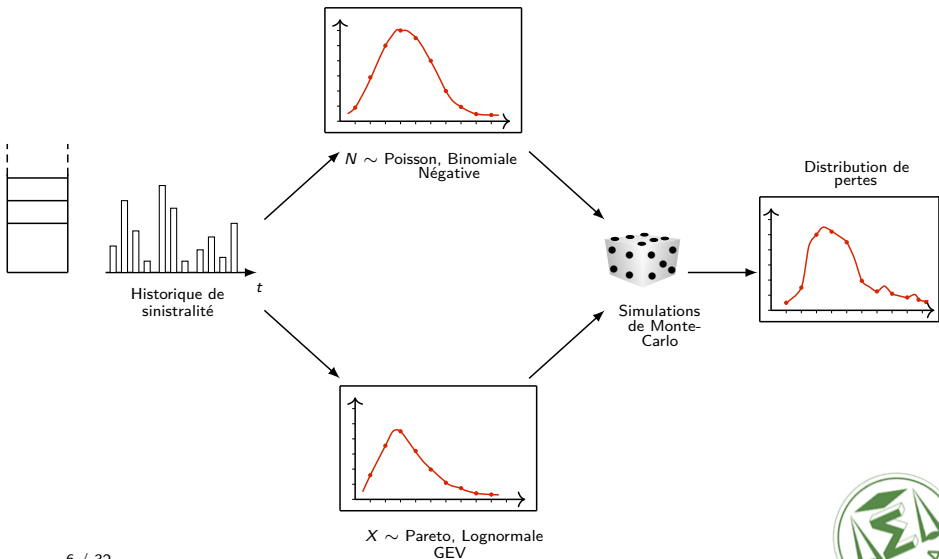
► Principe du modèle probabiliste



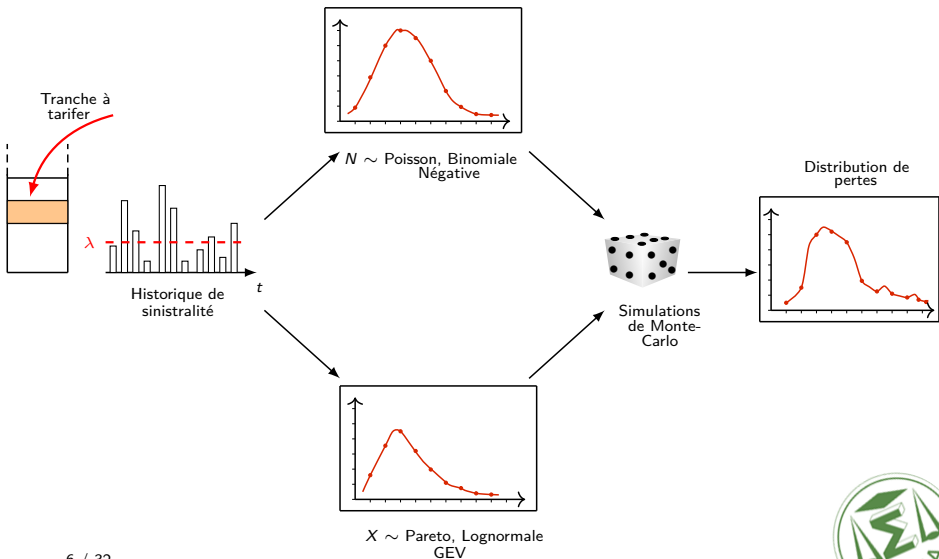
► Principe du modèle probabiliste



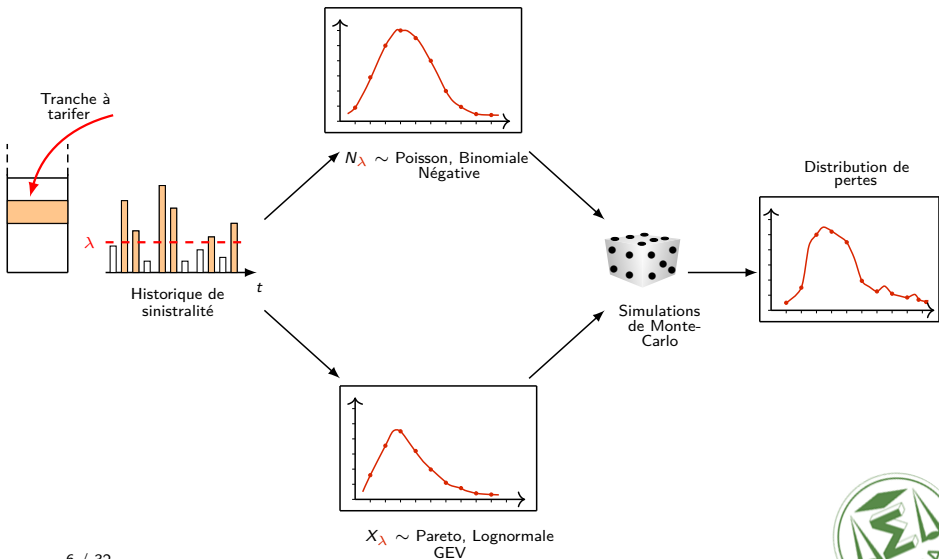
► Principe du modèle probabiliste



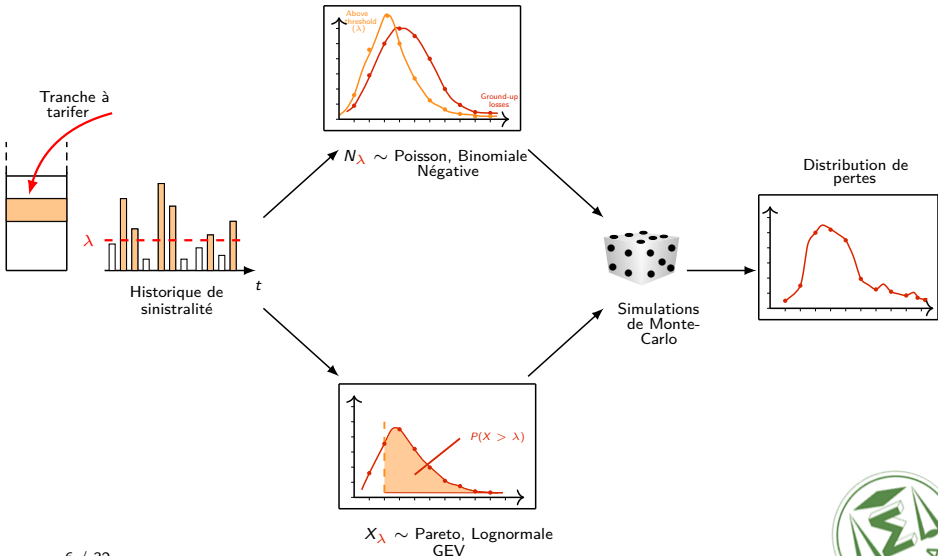
► Principe du modèle probabiliste



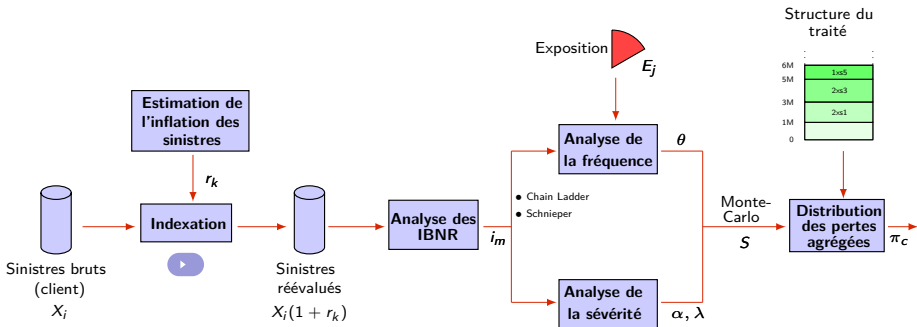
► Principe du modèle probabiliste



► Principe du modèle probabiliste



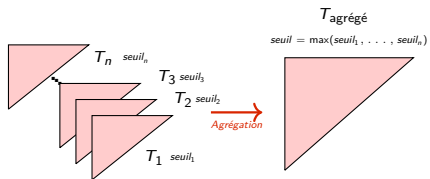
► Processus de tarification d'un "XS"



$$\pi_c^{d,l} = f(\theta, \lambda, \alpha, d, l)$$

► Calcul du taux marché

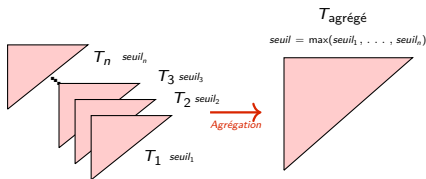
Fusion de l'expérience de tous ou plusieurs clients du portefeuille du réassureur appartenant à la branche et au pays considéré



► Calcul du taux marché

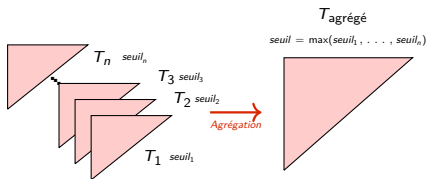
Fusion de l'expérience de tous ou plusieurs clients du portefeuille du réassureur appartenant à la branche et au pays considéré

- Choix d'une longueur d'historique appropriée



► Calcul du taux marché

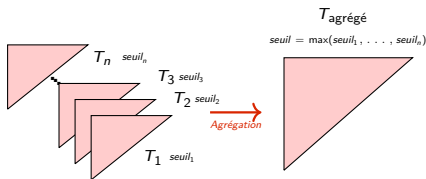
Fusion de l'expérience de tous ou plusieurs clients du portefeuille du réassureur appartenant à la branche et au pays considéré



- Choix d'une longueur d'historique appropriée
- Seuil de communication maximal

► Calcul du taux marché

Fusion de l'expérience de tous ou plusieurs clients du portefeuille du réassureur appartenant à la branche et au pays considéré



- Choix d'une longueur d'historique appropriée
- Seuil de communication maximal
- Gestion comptable et dates de prise d'effet

1 Cadre de l'étude

- La tarification des traités "XS"
- Objectif de l'étude

2 Modèles de crédibilité développés

- La crédibilité bayésienne
- La crédibilité des incertitudes

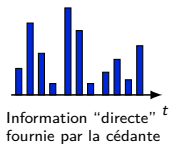
3 Application et conclusion

- Mise en oeuvre
- Résultats
- Etude comparative des modèles

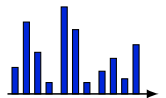
4 Conclusion Générale



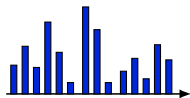
► **Présentation de la problématique**



► Présentation de la problématique

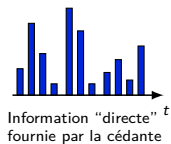


Information "directe" t
fournie par la cédante



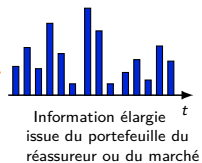
Information élargie t
issue du portefeuille du
réassureur ou du marché

► **Présentation de la problématique**



Tarification

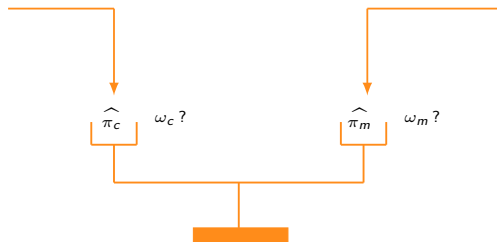
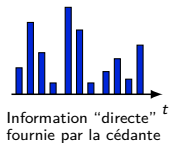
$\hat{\pi}_c$



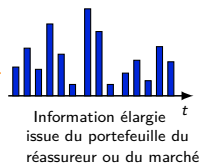
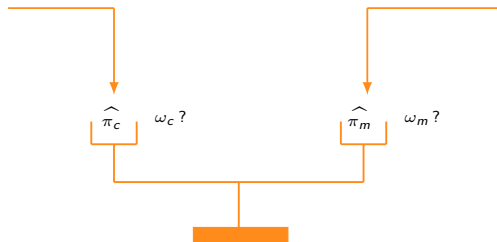
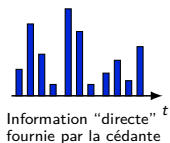
Tarification

$\hat{\pi}_m$

► Présentation de la problématique

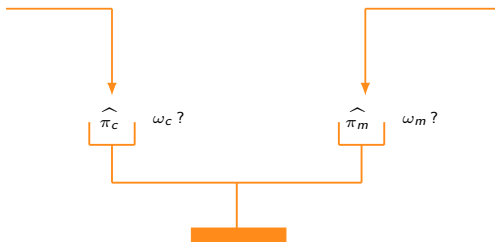
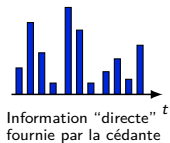


► Présentation de la problématique



$$\widehat{\pi} = \widehat{\pi}_c \times \frac{\omega_c}{\omega_c + \omega_m} + \widehat{\pi}_m \times \frac{\omega_m}{\omega_m + \omega_c}$$

► Présentation de la problématique



$$\hat{\pi} = \hat{\pi}_c \times \underbrace{\frac{\omega_c}{\omega_c + \omega_m}}_z + \hat{\pi}_m \times \underbrace{\frac{\omega_m}{\omega_m + \omega_c}}_{1 - z}$$

z : facteur de crédibilité

1 Cadre de l'étude

- La tarification des traités "XS"
- Objectif de l'étude

2 Modèles de crédibilité développés

- La crédibilité bayésienne
- La crédibilité des incertitudes

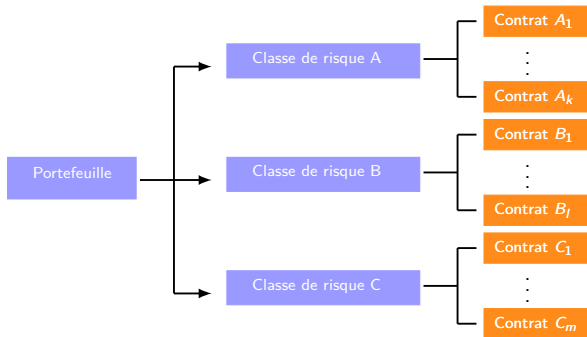
3 Application et conclusion

- Mise en oeuvre
- Résultats
- Etude comparative des modèles

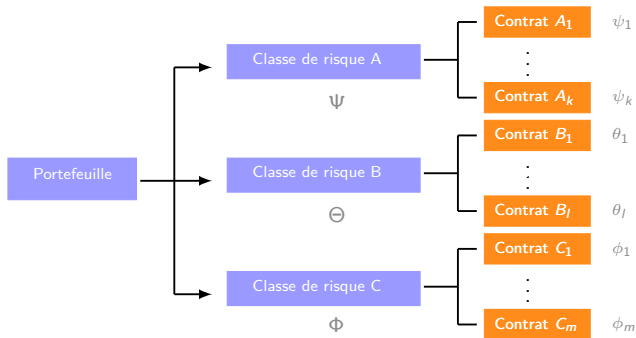
4 Conclusion Générale



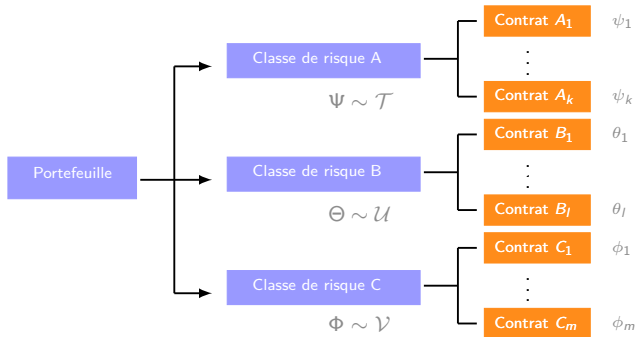
► Profil de risque et notations bayésiennes



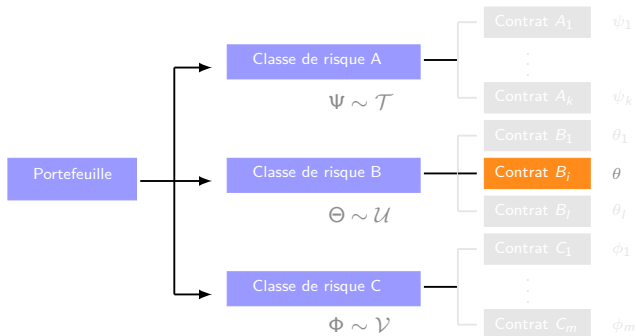
► Profil de risque et notations bayésiennes



► Profil de risque et notations bayésiennes

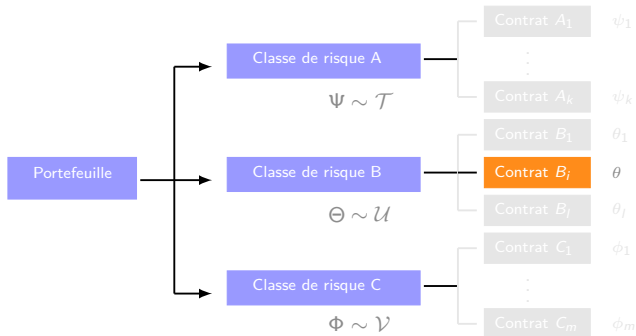


► Profil de risque et notations bayésiennes



Tarification du contrat B_j

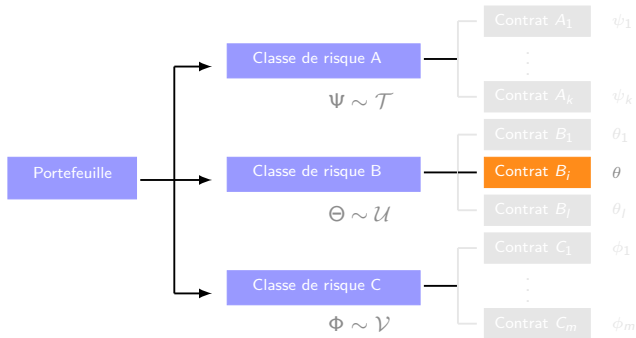
► Profil de risque et notations bayésiennes



Tarification du contrat B_i

- Historique :
 - $X_1 | \Theta = \theta, \dots, X_n | \Theta = \theta$ montants agrégés de sinistres
 - $N_1 | \Theta = \theta, \dots, N_n | \Theta = \theta$ nombres annuels de sinistres

► Profil de risque et notations bayésiennes

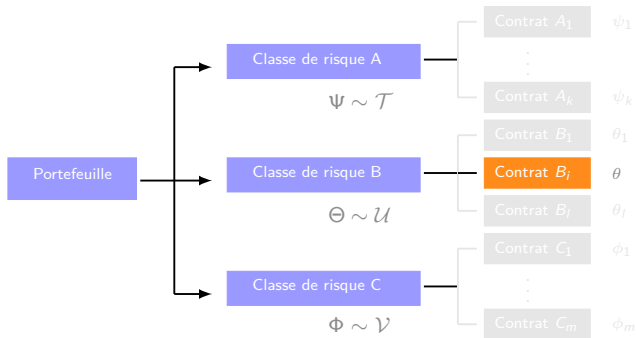


Tarification du contrat B_i

- Historique :
 - $X_1 | \Theta = \theta, \dots, X_n | \Theta = \theta$ montants agrégés de sinistres
 - $N_1 | \Theta = \theta, \dots, N_n | \Theta = \theta$ nombres annuels de sinistres
- Prime individuelle : $\pi(\theta) = E[X_{n+1} | \Theta = \theta]$



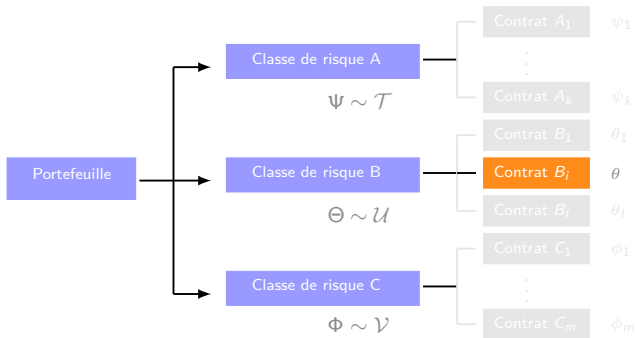
► Profil de risque et notations bayésiennes



Tarification du contrat B_i

- Historique :
 - $X_1 | \Theta = \theta, \dots, X_n | \Theta = \theta$ montants agrégés de sinistres
 - $N_1 | \Theta = \theta, \dots, N_n | \Theta = \theta$ nombres annuels de sinistres
- Prime individuelle : $\pi(\theta) = E[X_{n+1} | \Theta = \theta]$
- Prime collective : $\pi_0 = \int_{\Theta} \pi(\theta) dU(\theta) = E_{\Theta}[\pi(\Theta)]$

► Profil de risque et notations bayésiennes

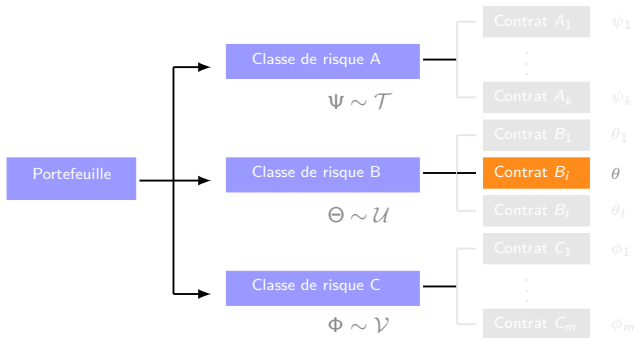


Tarification du contrat B_j

- Historique :
 - $X_1 | \Theta = \theta, \dots, X_n | \Theta = \theta$ montants agrégés de sinistres
 - $N_1 | \Theta = \theta, \dots, N_n | \Theta = \theta$ nombres annuels de sinistres
- Prime individuelle : $\pi(\theta) = E[X_{n+1} | \Theta = \theta]$ \longrightarrow Prime pure que l'on cherche à estimer
- Prime collective : $\pi_0 = \int_{\Theta} \pi(\theta) dU(\theta) = E_{\Theta}[\pi(\Theta)]$



► Profil de risque et notations bayésiennes



Tarifcation du contrat B_i

- Historique :
 - $X_1 | \Theta = \theta, \dots, X_n | \Theta = \theta$ montants agrégés de sinistres
 - $N_1 | \Theta = \theta, \dots, N_n | \Theta = \theta$ nombres annuels de sinistres
- Prime individuelle : $\pi(\Theta) = E[X_{n+1} | \Theta]$ → Prime pure que l'on cherche à estimer
- Prime collective : $\pi_0 = E_{\Theta}[\pi(\Theta)] = E[X_{n+1}]$



► Modèle de Bühlmann

$$X_i | \Theta = \theta \text{ iid et } X_i | \Theta = \theta \sim F_\theta$$

$$\widehat{\widehat{\pi(\Theta)}} = z \times \bar{X} + (1 - z) \times \pi_0$$

$$z = \frac{n}{n + \sigma^2 / \tau^2}$$

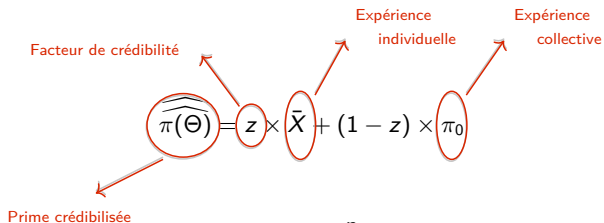
$$\tau^2 = \text{Var}[\pi(\Theta)]$$

$$\sigma^2 = E[\text{Var}(X_i | \Theta)]$$



► **Modèle de Bühlmann**

$$X_i | \Theta = \theta \text{ iid et } X_i | \Theta = \theta \sim F_\theta$$



$$z = \frac{n}{n + \sigma^2 / \tau^2}$$

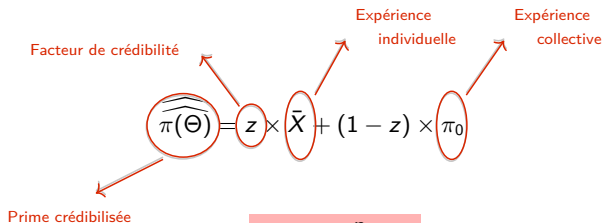
$$\tau^2 = \text{Var}[\pi(\Theta)]$$

$$\sigma^2 = E[\text{Var}(X_i | \Theta)]$$



► **Modèle de Bühlmann**

$$X_i | \Theta = \theta \text{ iid et } X_i | \Theta = \theta \sim F_\theta$$



$$z = \frac{n}{n + \sigma^2 / \tau^2}$$

$$\tau^2 = \text{Var}[\pi(\Theta)] \longrightarrow \text{Hétérogénéité de la classe de risque}$$

$$\sigma^2 = E[\text{Var}(X_i | \Theta)] \longrightarrow \text{Variabilité interne du risque}$$



► Cas particulier : Modèle Poisson/Gamma

$$N_i | \Theta = \theta \text{ iid et } N_i | \Theta = \theta \sim \text{Poisson}(\theta)$$

$$\Theta \sim \text{Gamma}(a, b)$$

↑ ↑ hyperparamètres

$$\widehat{\widehat{\pi}}(\Theta) = z \times \bar{N} + (1 - z) \times \pi_0 \text{ avec } \pi(\Theta) = E[N_{n+1} | \Theta]$$

$$z = \frac{n}{n + b}$$



► Cas particulier : Modèle Poisson/Gamma

$$N_i | \Theta = \theta \text{ iid et } N_i | \Theta = \theta \sim \text{Poisson}(\theta)$$

$$\Theta \sim \text{Gamma}(a, b)$$

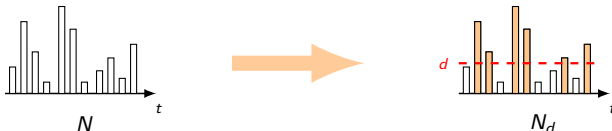
↑ ↑ hyperparamètres

$$\widehat{\pi}(\Theta) = z \times \bar{N} + (1 - z) \times \pi_0 \text{ avec } \pi(\Theta) = E[N_{n+1} | \Theta]$$

$$z = \frac{n}{n + b}$$

► Modèle Poisson/Gamma appliqué aux traités XS de réassurance

Soit une tranche I xs d



$$z_d = \frac{n}{n + b/q_d} \text{ où } q_d = P(X > d)$$



► **Modèle Poisson/Gamma appliqué aux traités XS de réassurance**

$$z_d = \frac{n}{n + b/q_d} \text{ où } q_d = P(X > d)$$

Si $X \sim \text{Pareto}(\alpha, \lambda)$ alors $q_d = \left(\frac{\lambda}{d}\right)^\alpha$

$$z_d = \frac{n}{n + b/\left(\frac{\lambda}{d}\right)^\alpha}$$



- ▶ **Cas particulier : Modèle Poisson/Gamma**
 - Estimation des hyperparamètres

$$z_d = \frac{n}{n + b/q_d}$$



► Cas particulier : Modèle Poisson/Gamma

- Estimation des hyperparamètres

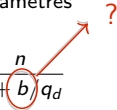
$$z_d = \frac{n}{n + b} q_d$$

?



► Cas particulier : Modèle Poisson/Gamma

- Estimation des hyperparamètres

$$z_d = \frac{n}{n + \frac{b}{q_d}}$$


- Approche subjective : a, b \longrightarrow avis d'expert

► Cas particulier : Modèle Poisson/Gamma

- Estimation des hyperparamètres

$$z_d = \frac{n}{n + b/q_d}$$

?

- Approche objective



► Cas particulier : Modèle Poisson/Gamma

- Estimation des hyperparamètres

$$z_d = \frac{n}{n + b} q_d$$

(Note: In the original image, the 'b' in the denominator is circled in red, and a red arrow points from it to a question mark above the equation.)

- Approche objective
 - Méthode des moments

$$E[\Theta] = \frac{a}{b} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l \theta_k$$
$$\text{Var}[\Theta] = \frac{a}{b^2} = \frac{1}{l-1} \sum_{k=1}^l (\theta_k - \bar{\theta})^2$$

θ_k : fréquence espérée de la cédante k
appartenant à la classe de risque

► Cas particulier : Modèle Poisson/Gamma

- Estimation des hyperparamètres

$$z_d = \frac{n}{n + b} q_d$$

An arrow points from the circled b in the denominator to a red question mark.

- Approche objective
 - Méthode des moments
 - Algorithme de Gibbs

“Simuler plusieurs années de sinistres en partant d’une distribution a priori vague”



► Cas particulier : Modèle Poisson/Gamma

- Estimation des hyperparamètres

$$z_d = \frac{n}{n + b} q_d$$

(Note: In the original image, the variable 'b' in the denominator is circled in red, and a red arrow points from it to a red question mark above the equation.)

- Approche objective
 - Méthode des moments
 - Algorithme de Gibbs

“Simuler plusieurs années de sinistres en partant d’une distribution a priori vague”



► Limites du modèle de Bühlmann et de ses dérivés en réassurance

- Décalage entre la théorie et la pratique
- Des concepts peu intuitifs
- Une formule à affiner

$$z = \frac{n}{n + \sigma^2/\tau^2} = \frac{\tau^2}{\underbrace{\tau^2}_{\sigma_h^2} + \underbrace{\sigma^2/n}_{\sigma_{\bar{X}}^2}} = \frac{\sigma_h^2}{\sigma_h^2 + \sigma_{\bar{X}}^2}$$



► Limites du modèle de Bühlmann et de ses dérivés en réassurance

- Décalage entre la théorie et la pratique
- Des concepts peu intuitifs
- Une formule à affiner

$$z = \frac{n}{n + \sigma^2/\tau^2} = \frac{\tau^2}{\underbrace{\tau^2}_{\sigma_h^2} + \underbrace{\sigma^2/n}_{\sigma_{\bar{X}}^2}} = \frac{\sigma_h^2}{\sigma_h^2 + \sigma_{\bar{X}}^2}$$

hétérogénéité du portefeuille marché

erreur commise lors de l'estimation de la prime pure

► Limites du modèle de Bühlmann et de ses dérivés en réassurance

- Décalage entre la théorie et la pratique
- Des concepts peu intuitifs
- Une formule à affiner

$$z = \frac{n}{n + \sigma^2/\tau^2} = \frac{\tau^2}{\underbrace{\tau^2}_{\sigma_h^2} + \underbrace{\sigma^2/n}_{\sigma_{\bar{X}}^2}} = \frac{\sigma_h^2}{\sigma_h^2 + \sigma_{\bar{X}}^2}$$

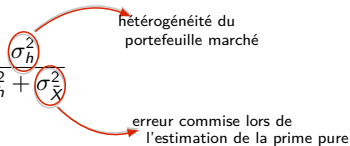
→ hétérogénéité du portefeuille marché
→ erreur commise lors de l'estimation de la prime pure



► Limites du modèle de Bühlmann et de ses dérivés en réassurance

- Décalage entre la théorie et la pratique
- Des concepts peu intuitifs
- Une formule à affiner

$$z = \frac{n}{n + \sigma^2/\tau^2} = \frac{\tau^2}{\underbrace{\tau^2}_{\sigma_h^2} + \underbrace{\sigma^2/n}_{\sigma_X^2}}$$



■ $\pi = \hat{\pi}_c \times \frac{\omega_c}{\omega_c + \omega_m} + \hat{\pi}_m \times \frac{\omega_m}{\omega_m + \omega_c}$

$\omega_c = \sigma_h^2$

$\omega_m = \sigma_X^2 = \sigma_c^2$

■ $\pi = \hat{\pi}_c \times \frac{\sigma_h^2}{\sigma_c^2 + \sigma_h^2} + \hat{\pi}_m \times \frac{\sigma_c^2}{\sigma_c^2 + \sigma_h^2}$



► Limites du modèle de Bühlmann et de ses dérivés en réassurance

- Décalage entre la théorie et la pratique
- Des concepts peu intuitifs
- Une formule à affiner

$$z = \frac{n}{n + \sigma^2/\tau^2} = \frac{\tau^2}{\underbrace{\tau^2}_{\sigma_h^2} + \underbrace{\sigma^2/n}_{\sigma_X^2}} = \frac{\sigma_h^2}{\sigma_h^2 + \sigma_X^2}$$

hétérogénéité du portefeuille marché

erreur commise lors de l'estimation de la prime pure



$$\pi = \hat{\pi}_c \times \frac{\omega_c}{\omega_c + \omega_m} + \hat{\pi}_m \times \frac{\omega_m}{\omega_m + \omega_c}$$

$$\omega_c = \sigma_h^2$$

$$\omega_m = \sigma_X^2 = \sigma_c^2$$

$$\pi = \hat{\pi}_c \times \frac{\sigma_h^2}{\sigma_c^2 + \sigma_h^2} + \hat{\pi}_m \times \frac{\sigma_h^2}{\sigma_h^2 + \sigma_c^2}$$

$\sigma_m^2? \rho_{m,c}?$



1 Cadre de l'étude

- La tarification des traités "XS"
- Objectif de l'étude

2 Modèles de crédibilité développés

- La crédibilité bayésienne
- La crédibilité des incertitudes

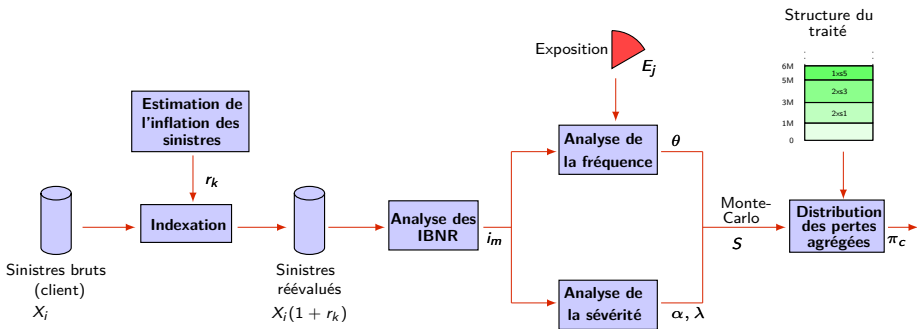
3 Application et conclusion

- Mise en oeuvre
- Résultats
- Etude comparative des modèles

4 Conclusion Générale

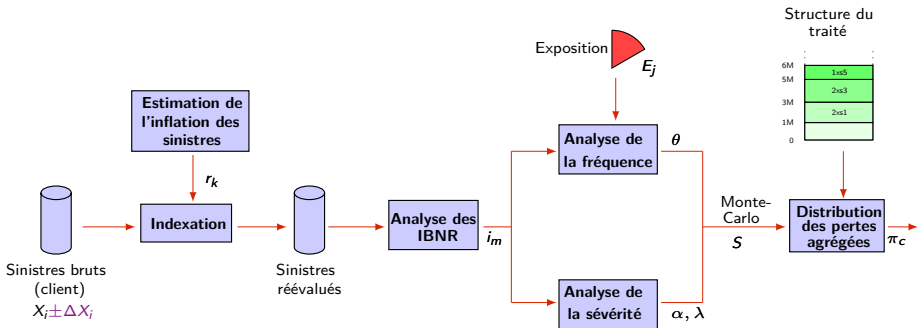


▶ Incertitudes générées lors du processus de tarification



$$\pi_c^{d,l} = f(\theta, \lambda, \alpha, d, l)$$

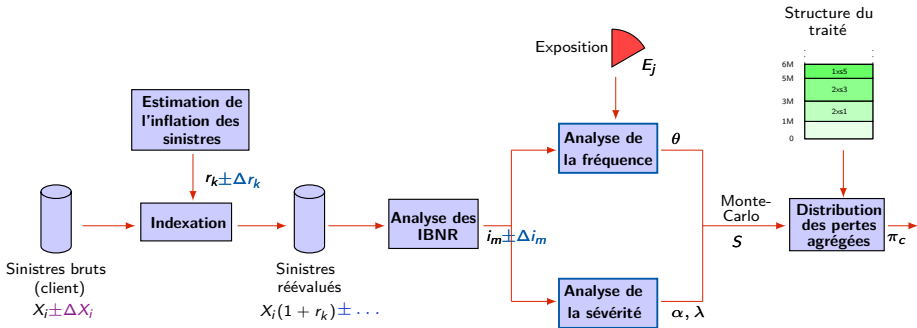
► Incertitudes générées lors du processus de tarification



$$\pi_c^{d,l} = f(\theta, \lambda, \alpha, d, l)$$

- Incertitude liée aux données

► Incertitudes générées lors du processus de tarification

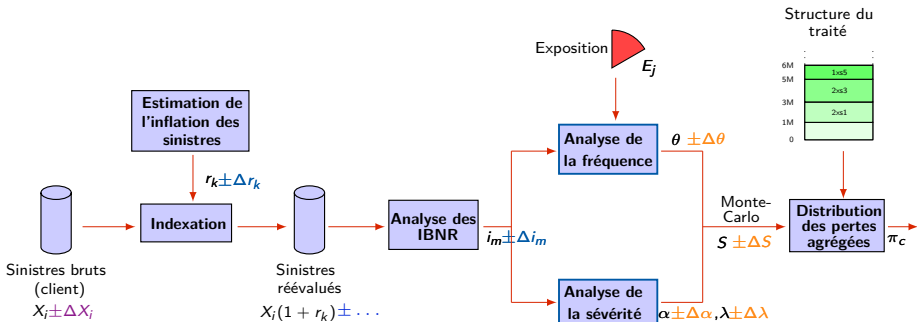


$$\pi_c^{d,l} = f(\theta, \lambda, \alpha, d, l)$$

- Incertitude liée aux données
- Incertitude liée au modèle



► Incertitudes générées lors du processus de tarification



Structure du traité

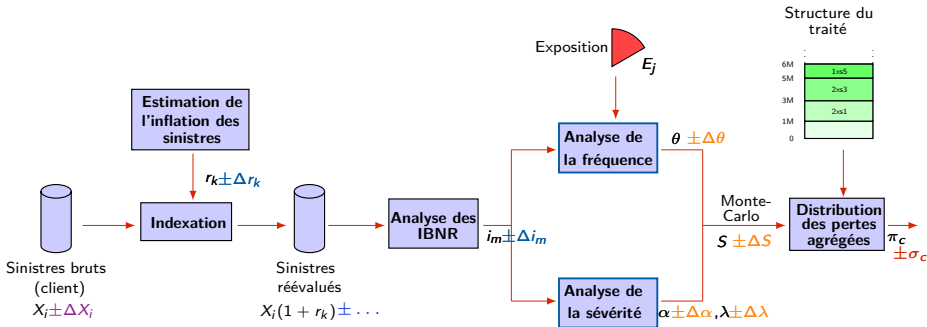
6M	1x5
5M	2x3
3M	2x1
1M	
0	

$$\pi_c^{d,l} = f(\theta, \lambda, \alpha, d, l)$$

- Incertitude liée aux données
- Incertitude liée au modèle
- Incertitude liée à la calibration du modèle, aux paramètres



► Incertitudes générées lors du processus de tarification



$$\pi_c^{d,l} = f(\theta, \lambda, \alpha, d, l)$$

- Incertitude liée aux données
- Incertitude liée au modèle
- Incertitude liée à la calibration du modèle, aux paramètres
- Incertitude sur le taux de prime



► Modèle de Bonche et Parodi

La crédibilité du taux de prime dépendra de :

- l'incertitude sur le taux de prime du client
- l'incertitude sur le taux de prime marché
- la pertinence du prix marché
- la corrélation entre les données du client et les données marché

$$\widehat{\pi} = z \times \widehat{\pi}_c + (1 - z) \times \widehat{\pi}_m$$

$$z = \frac{\sigma_h^2 + \sigma_m^2 - \rho_{m,c} \sigma_m \sigma_c}{\sigma_h^2 + \sigma_m^2 + \sigma_c^2 - 2\rho_{m,c} \sigma_m \sigma_c}$$



► **Modèle de Bonche et Parodi**

La crédibilité du taux de prime dépendra de :

- l'incertitude sur le taux de prime du client
- l'incertitude sur le taux de prime marché
- la pertinence du prix marché
- la corrélation entre les données du client et les données marché

$$\widehat{\pi} = z \times \widehat{\pi}_c + (1 - z) \times \widehat{\pi}_m$$

$$z = \frac{\sigma_h^2 + \sigma_m^2 - \rho_{m,c} \sigma_m \sigma_c}{\sigma_h^2 + \sigma_m^2 + \sigma_c^2 - 2\rho_{m,c} \sigma_m \sigma_c}$$

Diagram illustrating the components of the credibility factor z in the Bonche and Parodi model:

- σ_h^2 : Mesure de l'hétérogénéité du marché
- σ_m^2 : Ecart-type de l'estimateur de la prime marché
- σ_c^2 : Ecart-type de l'estimateur de la prime du client
- $\rho_{m,c}$: Corrélation entre les données du client et les données marché



► Modèle de Bonche et Parodi

La crédibilité du taux de prime dépendra de :

- l'incertitude sur le taux de prime du client
- l'incertitude sur le taux de prime marché
- la pertinence du prix marché
- la corrélation entre les données du client et les données marché

$$\widehat{\pi}^{d,l} = z^{d,l} \times \widehat{\pi}_c^{d,l} + (1 - z^{d,l}) \times \widehat{\pi}_m^{d,l}$$

$$z^{d,l} = \frac{(\sigma_h^{d,l})^2 + (\sigma_m^{d,l})^2 - \rho_{m,c}^{d,l} \sigma_m^{d,l} \sigma_c^{d,l}}{(\sigma_h^{d,l})^2 + (\sigma_m^{d,l})^2 + (\sigma_c^{d,l})^2 - 2\rho_{m,c}^{d,l} \sigma_m^{d,l} \sigma_c^{d,l}}$$



► Cas particulier : modèle fréquentiel

Hypothèse : Au dessus du seuil λ , l'intensité des sinistres est la même pour tous les clients du marché.

→ *Le profil de risque n'affecte pas la distribution de la sévérité*

Le facteur de crédibilité $z^{d,l}$ ne dépend pas de la tranche l vs d

$$z^{d,l} = \frac{(\sigma_h^{d,l})^2 + (\sigma_m^{d,l})^2 - \rho_{m,c}^{d,l} \sigma_m^{d,l} \sigma_c^{d,l}}{(\sigma_h^{d,l})^2 + (\sigma_m^{d,l})^2 + (\sigma_c^{d,l})^2 - 2\rho_{m,c}^{d,l} \sigma_m^{d,l} \sigma_c^{d,l}}$$



► Cas particulier : modèle fréquentiel

Hypothèse : Au dessus du seuil λ , l'intensité des sinistres est la même pour tous les clients du marché.

→ *Le profil de risque n'affecte pas la distribution de la sévérité*

Le facteur de crédibilité $z^{d,l}$ ne dépend pas de la tranche l vs d

$$z^{d,l} = z^\lambda = \frac{(\sigma_h^\lambda)^2 + (\sigma_m^\lambda)^2 - \rho_{m,c}^\lambda \sigma_m^\lambda \sigma_c^\lambda}{(\sigma_h^\lambda)^2 + (\sigma_m^\lambda)^2 + (\sigma_c^\lambda)^2 - 2\rho_{m,c}^\lambda \sigma_m^\lambda \sigma_c^\lambda}$$



► Cas particulier : modèle fréquentiel

Hypothèse : Au dessus du seuil λ , l'intensité des sinistres est la même pour tous les clients du marché.

→ *Le profil de risque n'affecte pas la distribution de la sévérité*

Le facteur de crédibilité $z^{d,l}$ ne dépend pas de la tranche l vs d

$$z^{d,l} = z^\lambda = \frac{(\sigma_h^{\theta,\lambda})^2 + (\sigma_m^{\theta,\lambda})^2 - \rho_{m,c}^{\theta,\lambda} \sigma_m^{\theta,\lambda} \sigma_c^{\theta,\lambda}}{(\sigma_h^{\theta,\lambda})^2 + (\sigma_m^{\theta,\lambda})^2 + (\sigma_c^{\theta,\lambda})^2 - 2\rho_{m,c}^{\theta,\lambda} \sigma_m^{\theta,\lambda} \sigma_c^{\theta,\lambda}}$$



► Cas particulier : modèle fréquentiel

Hypothèse : Au dessus du seuil λ , l'intensité des sinistres est la même pour tous les clients du marché.

→ *Le profil de risque n'affecte pas la distribution de la sévérité*

Le facteur de crédibilité $z^{d,l}$ ne dépend pas de la tranche l vs d

$$z = \frac{\sigma_h^2 + \sigma_m^2 - \rho_{m,c}\sigma_m\sigma_c}{\sigma_h^2 + \sigma_m^2 + \sigma_c^2 - 2\rho_{m,c}\sigma_m\sigma_c}$$



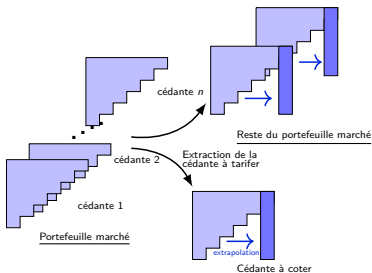
► Cas particulier : modèle fréquentiel

Hypothèse : Au dessus du seuil λ , l'intensité des sinistres est la même pour tous les clients du marché.

→ *Le profil de risque n'affecte pas la distribution de la sévérité*

Le facteur de crédibilité $z^{d,l}$ ne dépend pas de la tranche l xs d

$$z = \frac{\sigma_h^2 + \sigma_m^2 - \rho_{m,c} \sigma_m \sigma_c}{\sigma_h^2 + \sigma_m^2 + \sigma_c^2 - 2\rho_{m,c} \sigma_m \sigma_c}$$



→ $\rho_{m,c} = 0$

► Cas particulier : modèle fréquentiel

Hypothèse : Au dessus du seuil λ , l'intensité des sinistres est la même pour tous les clients du marché.

→ *Le profil de risque n'affecte pas la distribution de la sévérité*

Le facteur de crédibilité $z^{d,l}$ ne dépend pas de la tranche l vs d

$$z = \frac{\sigma_h^2 + \sigma_{m-c}^2}{\sigma_h^2 + \sigma_{m-c}^2 + \sigma_c^2}$$



► **Cas particulier : modèle fréquentiel**

Hypothèse : Au dessus du seuil λ , l'intensité des sinistres est la même pour tous les clients du marché.

→ *Le profil de risque n'affecte pas la distribution de la sévérité*

Le facteur de crédibilité $z^{d,l}$ ne dépend pas de la tranche l vs d

$$z = \frac{\sigma_h^2 + \sigma_{m-c}^2}{\sigma_h^2 + \sigma_{m-c}^2 + \sigma_c^2}$$

$$\sigma_h^2 = \frac{\sum_c W_c}{(\sum_c W_c)^2 - \sum_c W_c^2} \sum_c W_c (\hat{\pi}_c - \hat{\pi}_{m-c})^2$$

$$W_c = \sum_j w_c^j$$

← assiette de prime de l'année j



► **Cas particulier : modèle fréquentiel**

Hypothèse : Au dessus du seuil λ , l'intensité des sinistres est la même pour tous les clients du marché.

→ *Le profil de risque n'affecte pas la distribution de la sévérité*

Le facteur de crédibilité $z^{d,l}$ ne dépend pas de la tranche l vs d

$$z = \frac{\sigma_h^2 + \sigma_{m-c}^2}{\sigma_h^2 + \sigma_{m-c}^2 + \sigma_c^2}$$

$$\sigma_h^2 = \frac{\sum_c W_c}{(\sum_c W_c)^2 - \sum_c W_c^2} \sum_c W_c (\hat{\theta}_c - \hat{\theta}_{m-c})^2$$

$$W_c = \sum_j w_c^j \quad \leftarrow \text{assiette de prime de l'année } j$$



► Cas particulier : modèle fréquentiel

Hypothèse : Au dessus du seuil λ , l'intensité des sinistres est la même pour tous les clients du marché.

→ *Le profil de risque n'affecte pas la distribution de la sévérité*

Le facteur de crédibilité $z^{d,l}$ ne dépend pas de la tranche l vs d

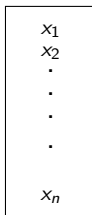
$$z = \frac{\sigma_h^2 + \sigma_{m-c}^2}{\sigma_h^2 + \sigma_{m-c}^2 + \sigma_c^2}$$

→ Bootstrap



► Mécanisme du bootstrap

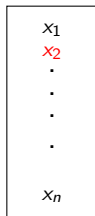
Client ou marché



*Statistique
ultime*



► Mécanisme du bootstrap

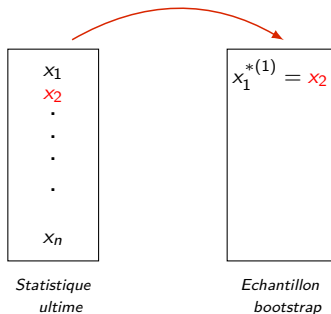


*Statistique
ultime*

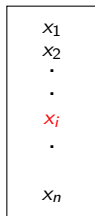


*Echantillon
bootstrap*

► Mécanisme du bootstrap



► Mécanisme du bootstrap

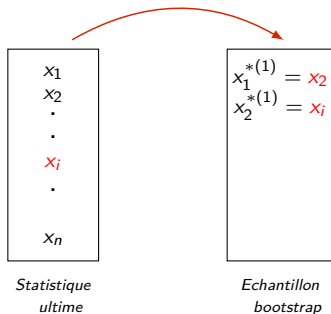


*Statistique
ultime*



*Echantillon
bootstrap*

► Mécanisme du bootstrap



► Mécanisme du bootstrap

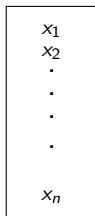
x_1
x_2
.
.
.
x_n

*Statistique
ultime*

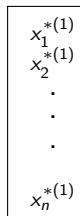
$x_1^{*(1)} = x_2$
$x_2^{*(1)} = x_i$
.
.
.
$x_n^{*(1)} = x_k$

*Echantillon
bootstrap*

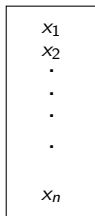
► Mécanisme du bootstrap



*Statistique
ultime*



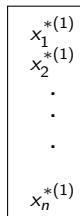
► Mécanisme du bootstrap



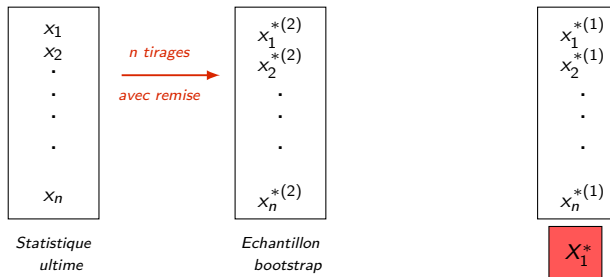
*Statistique
ultime*



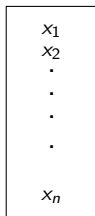
*Echantillon
bootstrap*



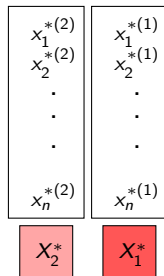
► Mécanisme du bootstrap



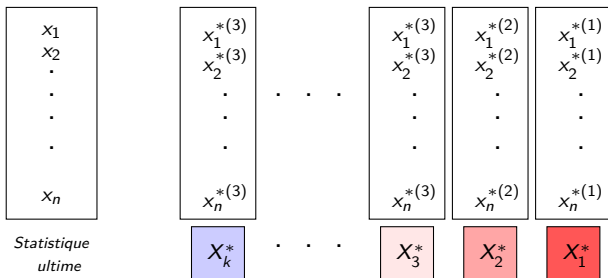
► Mécanisme du bootstrap



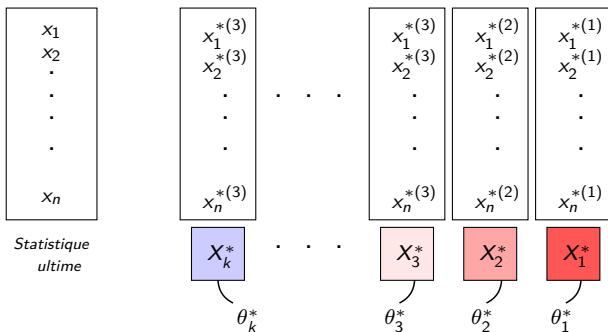
*Statistique
ultime*



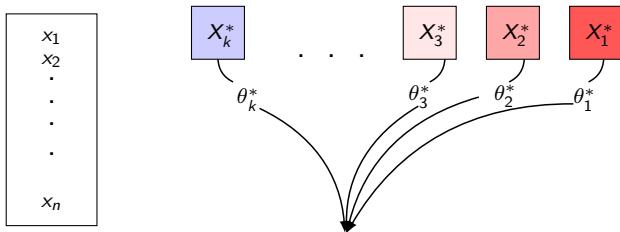
► Mécanisme du bootstrap



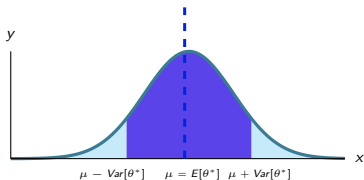
► Mécanisme du bootstrap



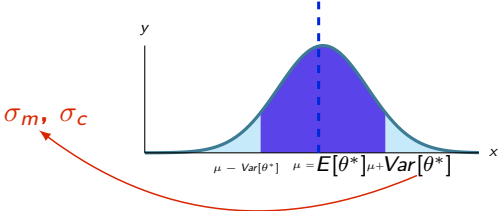
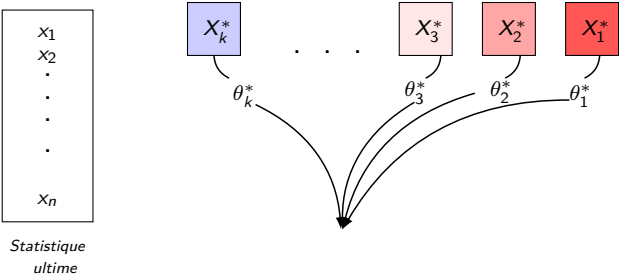
► Mécanisme du bootstrap



Statistique
ultime



► Mécanisme du bootstrap



1 Cadre de l'étude

- La tarification des traités "XS"
- Objectif de l'étude

2 Modèles de crédibilité développés

- La crédibilité bayésienne
- La crédibilité des incertitudes

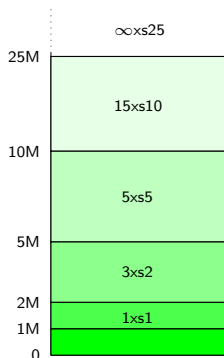
3 Application et conclusion

- Mise en oeuvre
- Résultats
- Etude comparative des modèles

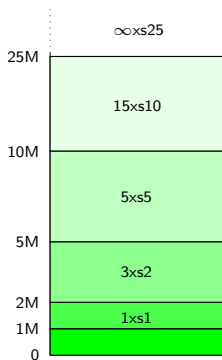
4 Conclusion Générale



► Particularités du marché de la réassurance automobile britannique



► Particularités du marché de la réassurance automobile britannique



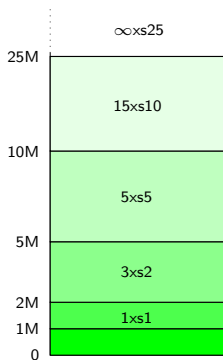
- Des tranches de réassurance standardisées

► Particularités du marché de la réassurance automobile britannique



- Des tranches de réassurance standardisées
- Pas de conditions non linéaires types AAD, AAL

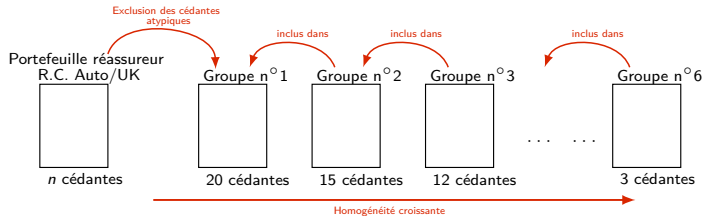
► Particularités du marché de la réassurance automobile britannique



- Des tranches de réassurance standardisées
- Pas de conditions non linéaires types AAD, AAL
- Profusion et fiabilité des données disponibles

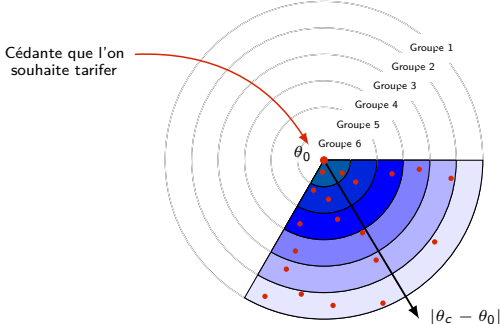
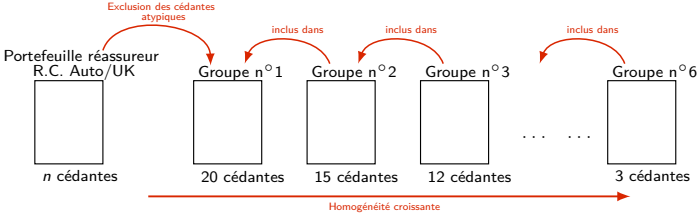
► Mise en oeuvre des modèles

- Construction de groupes "marchés" emboîtés



► Mise en oeuvre des modèles

- Construction de groupes "marchés" emboîtés



- Cédantes du portefeuille R.C. Auto/UK réparties dans plusieurs groupes "marchés" emboîtés



► Mise en oeuvre des modèles

- Construction de groupes "marchés" emboîtés
- Calcul des taux purs de chaque cédante et de chaque groupe marché



► **Mise en oeuvre des modèles**

- Construction de groupes "marchés" emboîtés
- Calcul des taux purs de chaque cédante et de chaque groupe marché
- Validation de l'hypothèse des modèles fréquentiels

→ Test de Kolmogorov-Smirnov



► Mise en oeuvre des modèles

- Construction de groupes "marchés" emboîtés
- Calcul des taux purs de chaque cédante et de chaque groupe marché
- Validation de l'hypothèse des modèles fréquentiels
- Calculs des facteurs de crédibilité et des primes crédibilisées



1 Cadre de l'étude

- La tarification des traités "XS"
- Objectif de l'étude

2 Modèles de crédibilité développés

- La crédibilité bayésienne
- La crédibilité des incertitudes

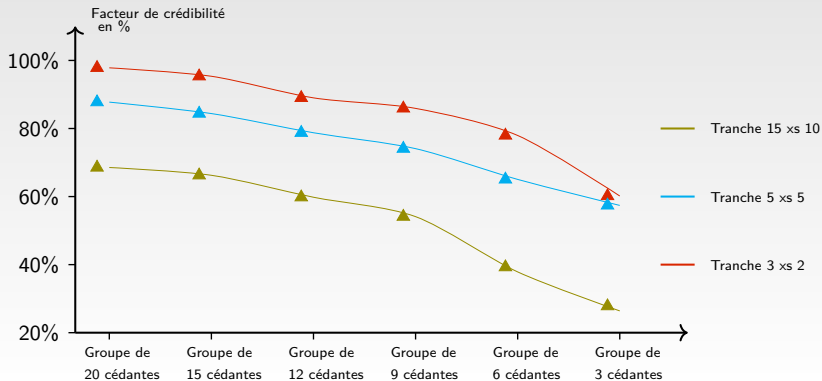
3 Application et conclusion

- Mise en oeuvre
- Résultats
- Etude comparative des modèles

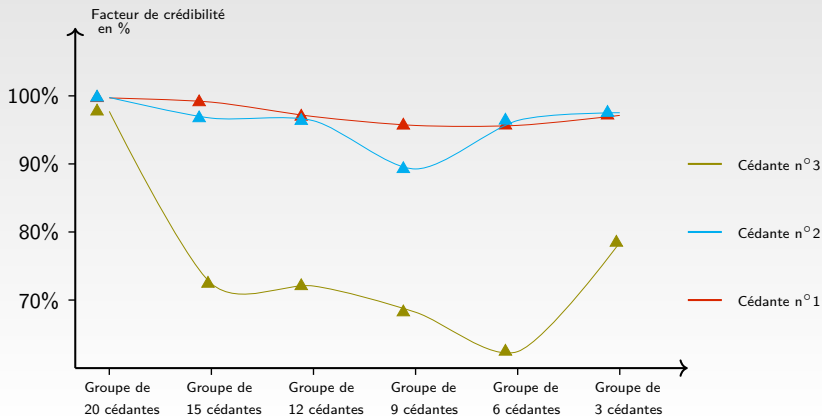
4 Conclusion Générale



► Résultats obtenus pour le modèle bayésien



► Résultats obtenus pour le modèle non bayésien



1 Cadre de l'étude

- La tarification des traités "XS"
- Objectif de l'étude

2 Modèles de crédibilité développés

- La crédibilité bayésienne
- La crédibilité des incertitudes

3 Application et conclusion

- Mise en oeuvre
- Résultats
- Etude comparative des modèles

4 Conclusion Générale



► **Bilan comparatif des deux modèles**

<u>MODÈLE BAYÉSIEN</u>	<u>MODÈLE NON BAYÉSIEN</u>



► Bilan comparatif des deux modèles

<u>MODÈLE BAYÉSIEN</u>	<u>MODÈLE NON BAYÉSIEN</u>
$z = \frac{n}{n + b / \left(\frac{\lambda}{d}\right)^\alpha}$	$z = \frac{(\sigma_h^\theta)^2 + (\sigma_m^\theta)^2 - \rho_{m,c}^\theta \sigma_m^\theta \sigma_c^\theta}{(\sigma_h^\theta)^2 + (\sigma_m^\theta)^2 + (\sigma_c^\theta)^2 - 2\rho_{m,c}^\theta \sigma_m^\theta \sigma_c^\theta}$

► **Bilan comparatif des deux modèles**

<p><u>MODÈLE BAYÉSIEN</u></p> $z = \frac{n}{n + b / \left(\frac{\lambda}{d}\right)^\alpha}$	<p><u>MODÈLE NON BAYÉSIEN</u></p> $z = \frac{(\sigma_h^\theta)^2 + (\sigma_m^\theta)^2 - \rho_{m,c}^\theta \sigma_m^\theta \sigma_c^\theta}{(\sigma_h^\theta)^2 + (\sigma_m^\theta)^2 + (\sigma_c^\theta)^2 - 2\rho_{m,c}^\theta \sigma_m^\theta \sigma_c^\theta}$
<p>Avantages</p>	



► Bilan comparatif des deux modèles

<p><u>MODÈLE BAYÉSIEN</u></p> $z = \frac{n}{n + b / \left(\frac{\lambda}{d}\right)^\alpha}$	<p><u>MODÈLE NON BAYÉSIEN</u></p> $z = \frac{(\sigma_h^\theta)^2 + (\sigma_m^\theta)^2 - \rho_{m,c}^\theta \sigma_m^\theta \sigma_c^\theta}{(\sigma_h^\theta)^2 + (\sigma_m^\theta)^2 + (\sigma_c^\theta)^2 - 2\rho_{m,c}^\theta \sigma_m^\theta \sigma_c^\theta}$
<p>Avantages</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Formule simple. Facile à mettre en oeuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il n'est pas nécessaire de faire une analyse de crédibilité séparée pour les différentes tranches. • Modèle récent adapté aux méthodes de tarification en réassurance.



► Bilan comparatif des deux modèles

<p><u>MODÈLE BAYÉSIEN</u></p> $z = \frac{n}{n + b / \left(\frac{\lambda}{d}\right)^\alpha}$	<p><u>MODÈLE NON BAYÉSIEN</u></p> $z = \frac{(\sigma_h^\theta)^2 + (\sigma_m^\theta)^2 - \rho_{m,c}^\theta \sigma_m^\theta \sigma_c^\theta}{(\sigma_h^\theta)^2 + (\sigma_m^\theta)^2 + (\sigma_c^\theta)^2 - 2\rho_{m,c}^\theta \sigma_m^\theta \sigma_c^\theta}$
<p>Avantages</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ● Formule simple. Facile à mettre en oeuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Il n'est pas nécessaire de faire une analyse de crédibilité séparée pour les différentes tranches. ● Modèle récent adapté aux méthodes de tarification en réassurance.
<p>Inconvénients</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ● Ne tient pas compte de l'incertitude du prix marché et de l'interaction entre les données de la cédante et les données du marché. ● Modèle basé sur des théories développées en 1960 dans un cadre strictement assurantiel. ● L'hypothèse d'une distribution de sévérité unique 	<ul style="list-style-type: none"> ● Il n'est pas possible de calculer un facteur de crédibilité pour les affaires pour lesquelles on dispose de très peu de données.



1 Cadre de l'étude

- La tarification des traités "XS"
- Objectif de l'étude

2 Modèles de crédibilité développés

- La crédibilité bayésienne
- La crédibilité des incertitudes

3 Application et conclusion

- Mise en oeuvre
- Résultats
- Etude comparative des modèles

4 Conclusion Générale



Synthèse :

- Le deuxième modèle inspiré des travaux de Bonche et Parodi est plus complet que le premier modèle dérivé de la théorie de la crédibilité.
- Il est important pour l'actuaire de maîtriser les outils de tarification et de savoir quantifier l'incertitude de son résultat.

Limites et perspectives :

- La mise en oeuvre des modèles n'est pas toujours optimale.
- Le marché britannique de la RC Auto est très spécifique.
- L'étude est-elle facilement généralisable à n'importe quel marché ?
- Les modèles ne remettent pas en cause la qualité des données.



Merci de votre attention !



Annexes



A. Formatage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			

Triangle de sinistralité



		2012	2013	2014	2015
2012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215

⋮

		2014	2015
2014	Paid	300 421	514 636
	Outstanding	5 502 497	5 920 323
	Incurred	5 802 918	6 434 959

		2015
2015	Paid	12 124
	Outstanding	731 781
	Incurred	743 905

Agrégation des sinistres individuels

Si le sinistre survenu dans le passé, à l'année i , survenait aujourd'hui qu'elle serait sa valeur ?

		2 012	2 013	2 014	2 015
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215



		2 016	2 017	2 018	2 019
2 016	Paid	?	?	?	?
	Outstanding	?	?	?	?
	Incurred	?	?	?	?

Années de
survenance

Années de développement des sinistres

		Années de développement des sinistres			
		1	2	3	4
2012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			

Seuil de communication : 500 000 €



		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2 012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2 014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2 014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			

A. Formatage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurring	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2 012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurring	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurring	90 000	113 860	504 279	
2 014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurring	595 754	595 754		
2 014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurring	5 802 918	6 434 959		
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurring	743 905			

Etape n°1
 “Décumulation des payés”



A. Formattage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2 012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2 014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2 014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2 012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2 014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2 014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			



A. Formattage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2 012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2 014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2 014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			

		1	2	3	4
2 012	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2 012	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2 013	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2 014	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2 014	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2 015	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				

A. Formatage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2 012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2 014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2 014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			

		1	2	3	4
2 012	Paid				
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2 012	Paid				
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2 013	Paid				
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2 014	Paid				
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2 014	Paid				
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2 015	Paid				
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

A. Formatage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2 012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2 014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2 014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470			
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2 012	Paid	187 363			
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2 013	Paid	0			
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2 014	Paid	26 690			
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2 014	Paid	300 421			
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

A. Formage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2 012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2 014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2 014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470			
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2 012	Paid	187 363			
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2 013	Paid	0			
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2 014	Paid	26 690			
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2 014	Paid	300 421			
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

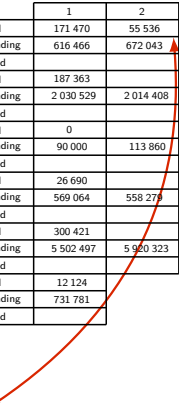
$$227\,006 - 171\,470 = 55\,536$$

A. Formattage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2 012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2 014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2 014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	55 536		
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2 012	Paid	187 363			
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2 013	Paid	0			
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2 014	Paid	26 690			
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2 014	Paid	300 421			
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

227 006 - 171 470 = 55 536



A. Formattage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	227 006	205 539	220 185
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred	787 936	899 049	921 216	1 049 215
2 012	Paid	187 363	295 079	3 373 744	3 377 959
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred	2 217 892	2 309 487	3 794 341	3 794 340
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred	90 000	113 860	504 279	
2 014	Paid	26 690	37 475		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred	595 754	595 754		
2 014	Paid	300 421	514 636		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred	5 802 918	6 434 959		
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred	743 905			

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	55 536	-21 467	4 215
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2 012	Paid	187 363	107 716	3 078 665	14 646
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2 014	Paid	26 690	10 785		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2 014	Paid	300 421	214 215		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

A. Formatage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	55 536	-21 467	4 215
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2 012	Paid	187 363	107 716	3 078 665	14 646
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2 014	Paid	26 690	10 785		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2 014	Paid	300 421	214 215		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

Etape n°2

“Indexation des payés et des suspens”

A. Formatage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	55 536	-21 467	4 215
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2 012	Paid	187 363	107 716	3 078 665	14 646
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2 014	Paid	26 690	10 785		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2 014	Paid	300 421	214 215		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

$$S_k^n = S_k \times \frac{I_n}{I_k}$$

Indice d'inflation	
2 012	100
2 013	111
2 014	123,21
2 015	136,76
2 016	151,81
2 017	168,51
2 018	187,04
2 019	207,62



A. Formatage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2012	Paid	171 470	55 536	-21 467	4 215
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2012	Paid	187 363	107 716	3 078 665	14 646
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2014	Paid	26 690	10 785		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2014	Paid	300 421	214 215		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

		1	2	3	4
2012	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2012	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2013	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2014	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2014	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2015	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				

Indice d'inflation	
2012	100
2013	111
2014	123,21
2015	136,76
2016	151,81
2017	168,51
2018	187,04
2019	207,62

$$171\,470 \times \frac{I_{2016}}{I_{2012}} = 171\,470 \times \frac{151,81}{100}$$

A. Formatage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2012	Paid	171 470	55 536	-21 467	4 215
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2012	Paid	187 363	107 716	3 078 665	14 646
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2014	Paid	26 690	10 785		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2014	Paid	300 421	214 215		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

		1	2	3	4
2012	Paid	260 309			
	Outstanding				
	Incurred				
2012	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2013	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2014	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2014	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2015	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				

Indice d'inflation	
2012	100
2013	111
2014	123,21
2015	136,76
2016	151,81
2017	168,51
2018	187,04
2019	207,62

$$171\,470 \times \frac{I_{2016}}{I_{2012}} = 260\,309$$



A. Formatage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2012	Paid	171 470	55 536	-21 467	4 215
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2012	Paid	187 363	107 716	3 078 665	14 646
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2014	Paid	26 690	10 785		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2014	Paid	300 421	214 215		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

		1	2	3	4
2012	Paid	260 309	84 308		
	Outstanding				
	Incurred				
2012	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2013	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2014	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2014	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				
2015	Paid				
	Outstanding				
	Incurred				

Indice d'inflation	
2012	100
2013	111
2014	123,21
2015	136,76
2016	151,81
2017	168,51
2018	187,04
2019	207,62

$$55\,536 \times \frac{I_{2017}}{I_{2013}} = 84\,308$$



A. Formatage des données pour les branches longues

		1	2	3	4
2 012	Paid	171 470	55 536	-21 467	4 215
	Outstanding	616 466	672 043	715 677	829 030
	Incurred				
2 012	Paid	187 363	107 716	3 078 665	14 646
	Outstanding	2 030 529	2 014 408	420 597	416 381
	Incurred				
2 013	Paid	0	0	11 802	
	Outstanding	90 000	113 860	492 477	
	Incurred				
2 014	Paid	26 690	10 785		
	Outstanding	569 064	558 279		
	Incurred				
2 014	Paid	300 421	214 215		
	Outstanding	5 502 497	5 920 323		
	Incurred				
2 015	Paid	12 124			
	Outstanding	731 781			
	Incurred				

		1	2	3	4
2 012	Paid	260 304	84 308	-32 588	22 234
	Outstanding	935 839	1 020 209	1 086 448	1 258 526
	Incurred				
2 012	Paid	284 430	163 520	4 673 630	6 399
	Outstanding	3 082 486	3 058 013	638 496	632 096
	Incurred				
2 013	Paid	0	0	16 141	
	Outstanding	123 087	155 718	673 527	
	Incurred				
2 014	Paid	32 885	13 288		
	Outstanding	701 144	687 856		
	Incurred				
2 014	Paid	370 149	263 934		
	Outstanding	6 779 627	7 294 430		
	Incurred				
2 015	Paid	13 458			
	Outstanding	812 277			
	Incurred				