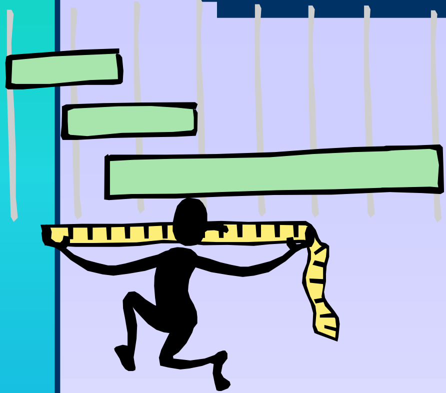
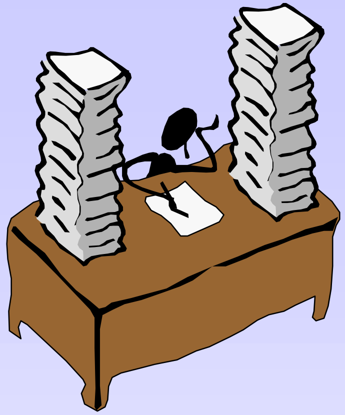
De la mesure à l'analyse des risques





Séminaire FFA

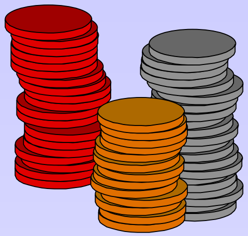
Jean-Paul LAURENT

Professeur à l'ISFA

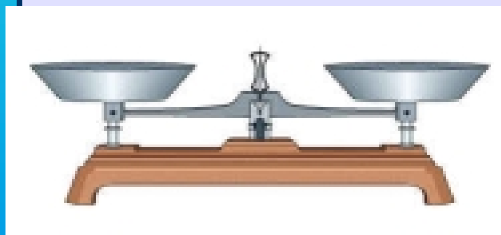
jean-paul.laurent@univ-lyon1.fr

http://laurent.jeanpaul.free.fr/

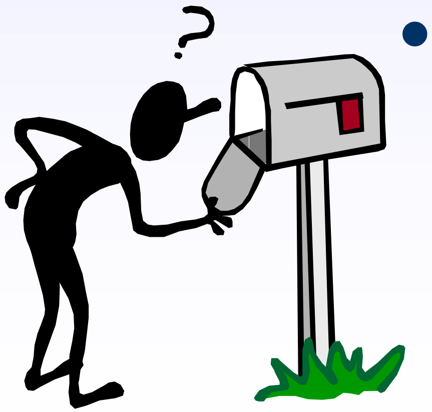
De la mesure à l'analyse des risques



- **Intégrer la mesure des risques dans la gestion financière**
  - **Un processus de mesure des risques**
- **La VaR : un benchmark pour la mesure des risques**
  - **Pourquoi la VaR est-elle un concept à succès ?**
  - **VaR, définitions et principales propriétés**
  - **L'agrégation des risques**
  - **De la mesure à l'analyse des risques**
  - **Le risque de modèle**

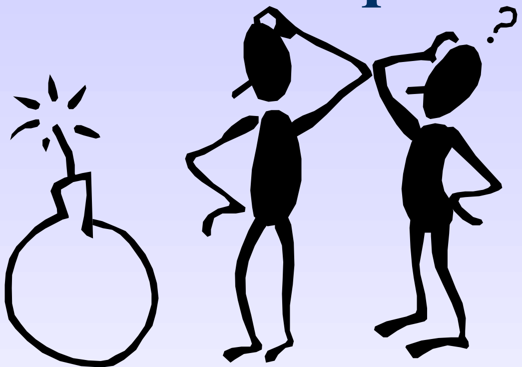


- **De nouvelles frontières pour l'analyse du risque**
  - **Risques de crédit**
  - **Options « cachées » et risques business**
  - **Risques d'assurance**

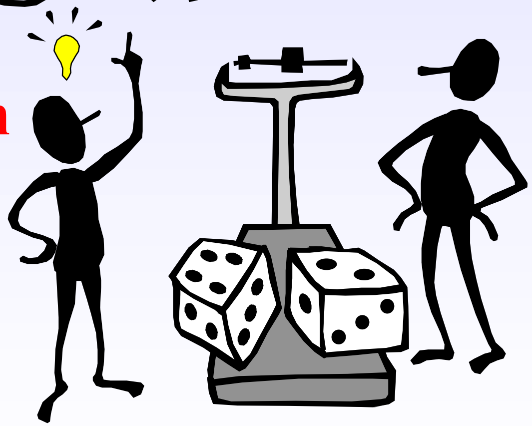


Intégrer la mesure des risques dans la gestion financière

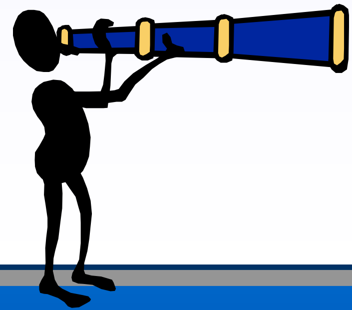
- **Avant tout une bonne organisation pour la gestion des risques**
  - *"There is no risk of any management in this organization!"* (Dilbert)
- **Un processus de mesure des risques**
  - **Étapes préalables**



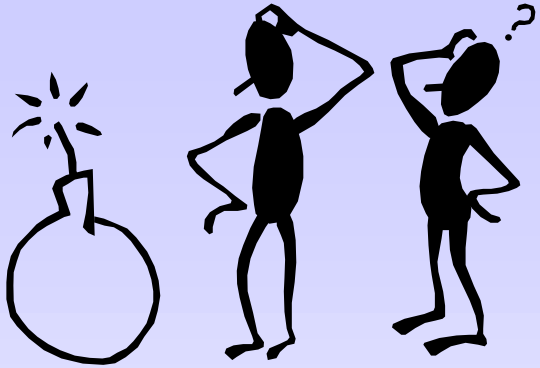
  - **Étapes de modélisation**



  - **Étapes d'analyse et de pilotage du risque**



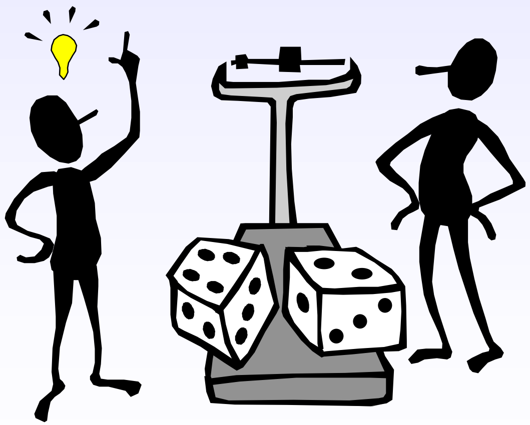
Intégrer la mesure des risques dans la gestion financière



- **Étapes préalables**
  - **Analyse économique des risques encourus**
    - ➢ risques de marché,
    - ➢ de taux d'intérêt,
    - ➢ d'assurance :
      - **occurrence des sinistres, fluctuations des taux de mortalité,**
    - ➢ concurrence :
      - **revalorisation et rachat des contrats, chargements.**
    - ➢ risques réglementaires
    - ➢ …
  - **Détermination du champ d'application de la mesure des risques**
  - **Collecte des données**

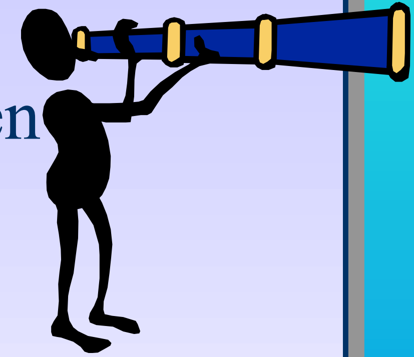
Intégrer la mesure des risques dans la gestion financière

- **Étapes de modélisation**
  - **Modélisation probabiliste des facteurs de risque**
  - **Liaison entre facteurs de risque et valeur du portefeuille**
    - agrégation, fonctions d'endommagement
  - **Évaluation de la loi de probabilité des portefeuilles**
    - agrégation des risques
  - **Évaluation de la robustesse des modèles**
    - back-testing
    - stress-testing

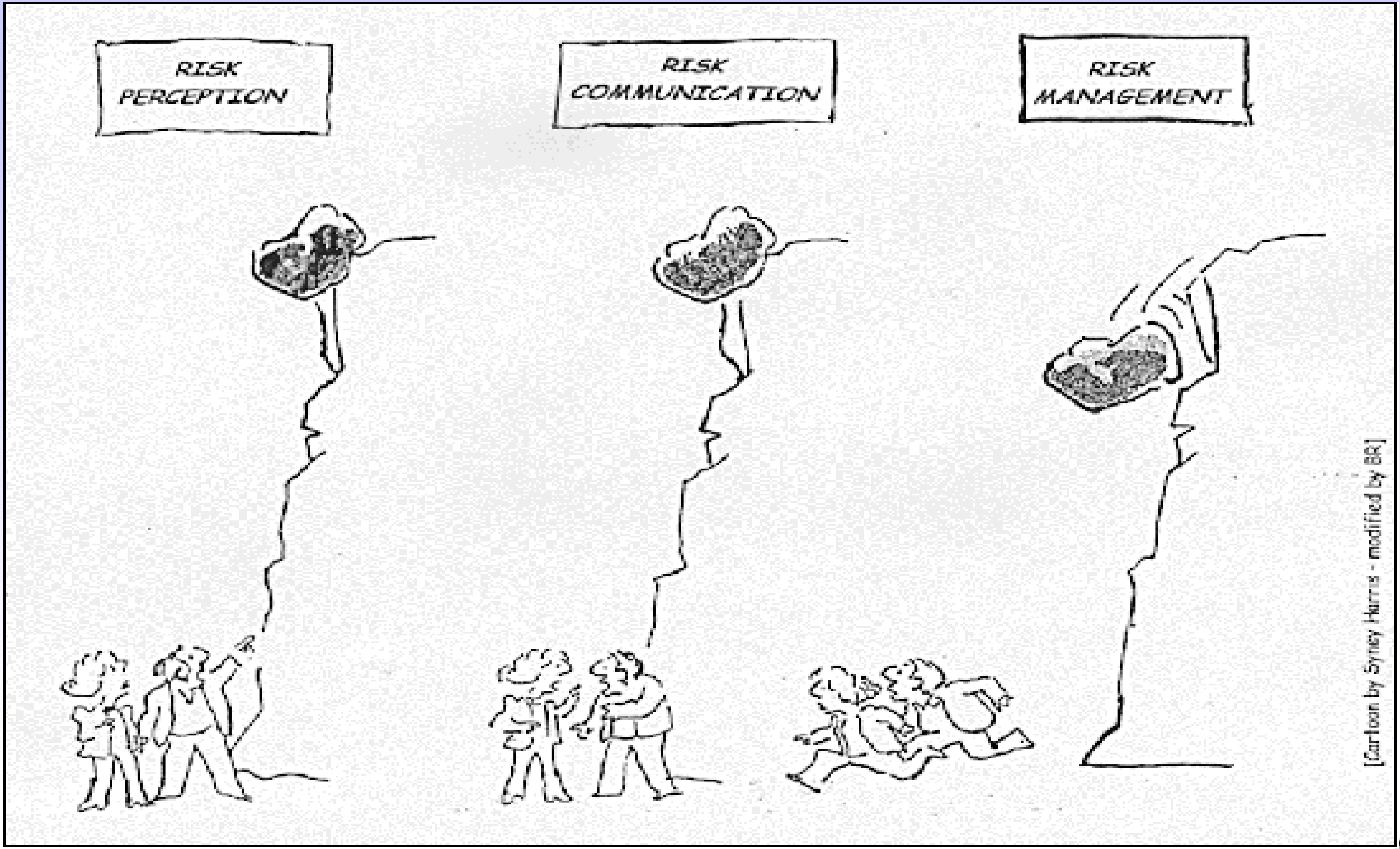


Intégrer la mesure des risques dans la gestion financière

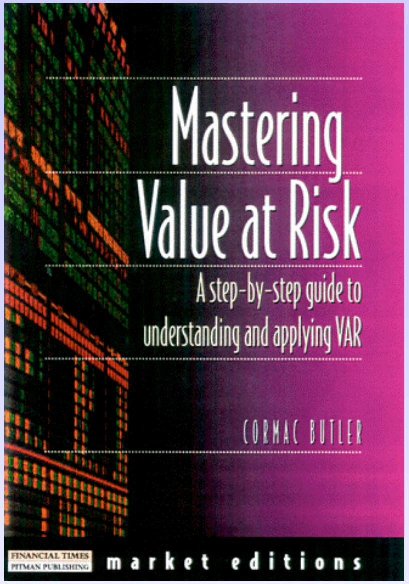
- **Étapes d’analyse, de synthèse et de pilotage du risque**
  - **Calcul d’indicateurs prospectifs de risque, production d’outputs**
    - probabilités de ruine, sensibilités, fonds propres en risque
  - **Analyse du risque ex-ante :**
    - Typologie de scénarios, identification des scénarios risqués, contributions des différents portefeuilles au risque total.
  - **Pilotage du risque : couverture financière, réassurance, …**
  - **Suivi du risque et de la rentabilité des différents portefeuilles**
    - Mise à jour des limites de risque, modification de la tarification

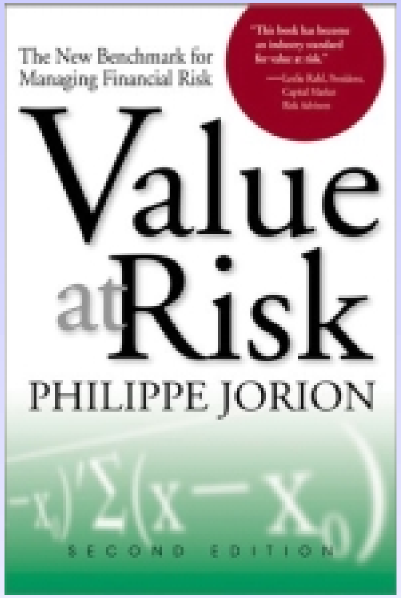


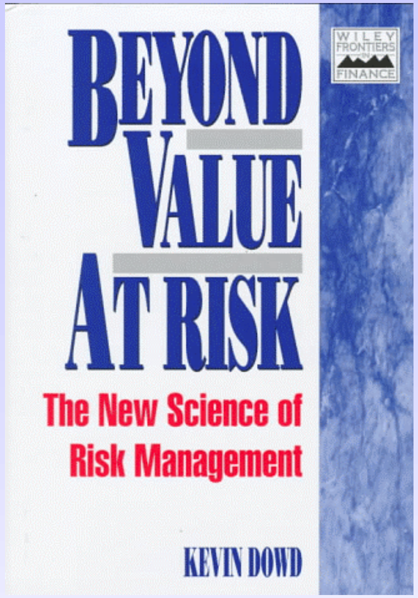
Un processus de mesure des risques

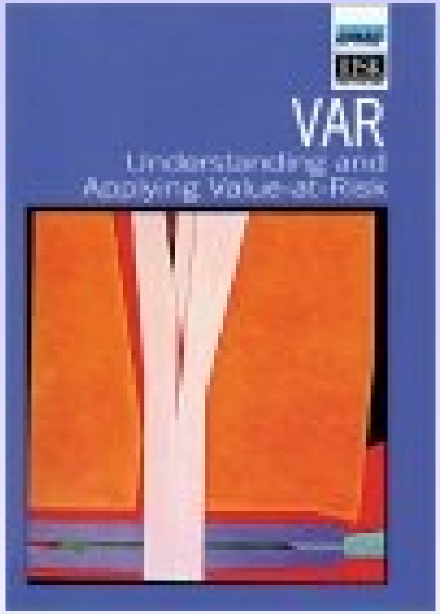


La VaR : un benchmark pour la mesure des risques



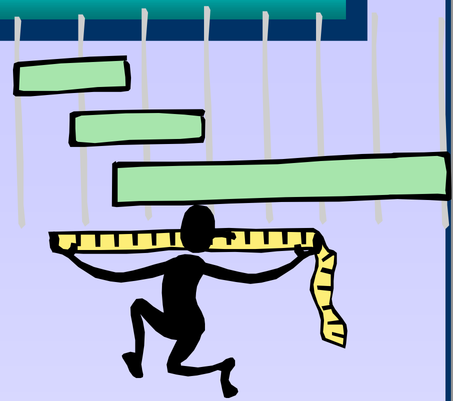






- **Pourquoi la VaR est-elle un concept à succès ?**
- **VaR, définitions et principales propriétés**
- **L'agrégation des risques**
- **De la mesure à l'analyse des risques**
- **Le risque de modèle**

La VaR : un benchmark pour la mesure des risques



- **Pourquoi la VaR est-elle un concept à succès ?**
- **Mesures de risque**
  - **sans modèles probabilistes**
    - ➢Sensibilité du portefeuille de contrats d'une compagnie d'assurance vie par rapport à une modification des taux.
    - ➢Concentration du portefeuille de risques, expositions nominales
  - **avec modèles probabilistes**
    - ➢Quantiles sur les distributions des pertes : VaR
- **L'ingrédient de base : la distribution des pertes sur un portefeuille**

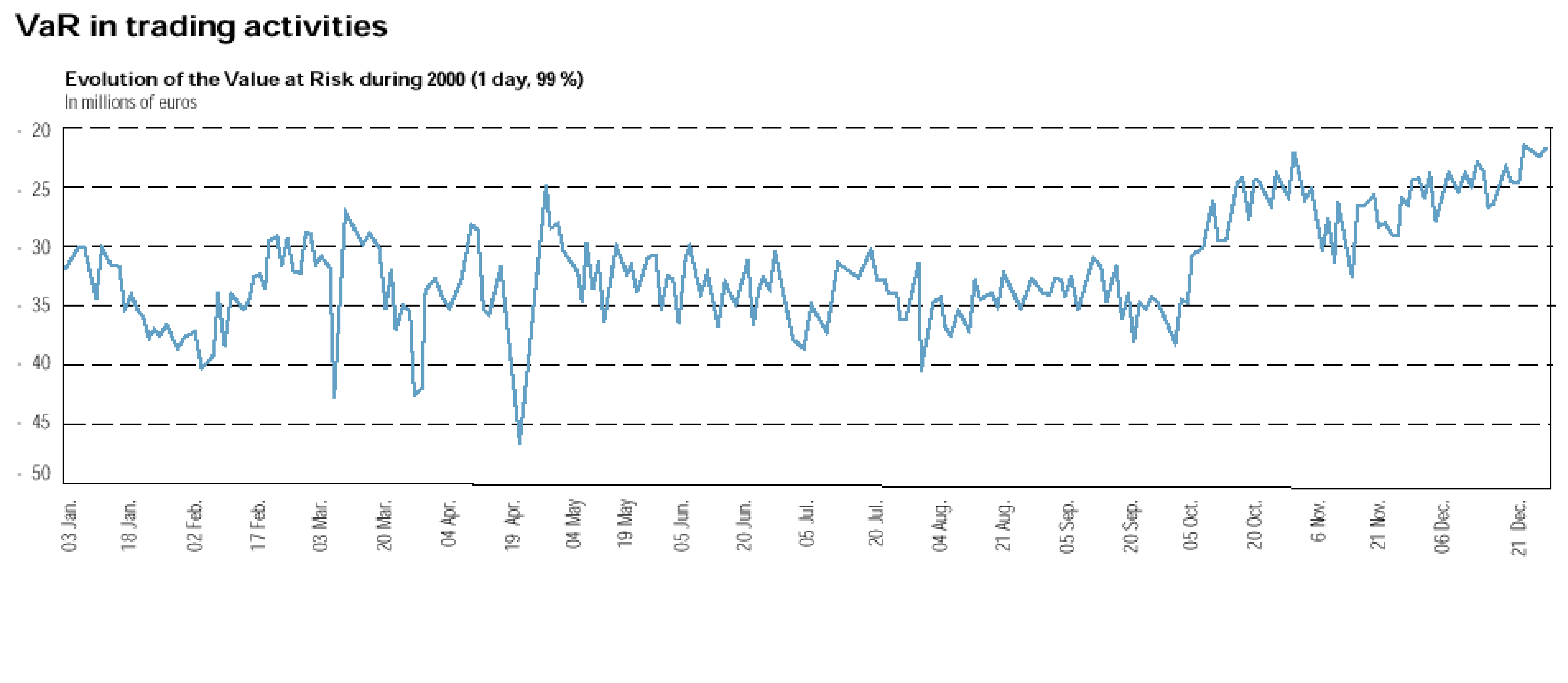
La VaR : un benchmark pour la mesure des risques

- **Le champ des risques couverts :**
  - **à l'origine, risques de marché**
    - ➢ aujourd'hui risque de crédit,
    - ➢ demain, risques d'assurances vie et non-vie.
  - **Une mesure synthétique du risque : « 4:15 report »**

  - **Documentation très complète :**
    - ➢Des sites portails : *Gloriamundi*,…
    - ➢Plusieurs dizaines de présentations en ligne sur la VaR
  - **Contrôle externe (a priori et a posteriori) par les autorités réglementaires.**

La VaR : un benchmark pour la mesure des risques

- **Un suivi quotidien : Société Générale**



- **Information publique**
- **Confidentialité des transactions préservée**

La VaR : un benchmark pour la mesure des risques

- **Définition de la VaR**

- cas statique : deux périodes t et $t+h$.
- $(\Omega, \mathcal{A})$: espace probabilisable
  - Ω : l'ensemble des états de la nature
  - $\mathcal{A}$ l'information disponible
- P_θ famille de mesures de probabilité sur $(\Omega, \mathcal{A})$
  - θ : paramètre.
- Portefeuille de risque : une variable aléatoire X
  - $\begin{cases} \Omega & \rightarrow & \mathbb{R} \\ \omega & \rightarrow & X(\omega) \end{cases}$
- Loi de probabilité du portefeuille $P_{X,\theta}(B) = P_\theta(X \in B)$ où $B \in \mathcal{B}$.
- Fonction de répartition $F_\theta(x) = P_\theta(X < x)$, $x \in \mathbb{R}$
- Fonction quantile $\alpha \rightarrow F^-(\alpha)$, $\alpha \in [0,1]$.
- Si le portefeuille est constitué de I actifs financiers de prix $p_{i,t+h}$ à la date $t+h$
- Valeur du portefeuille : $X_{t+h}(a) = \sum_{i=1}^{I} a_i p_{i,t+h} = a' p_{t+h}$
- $P_\theta\left(X_{t+h}(a) - X_t(a) + VaR_t(a,\alpha) < 0\right) = \alpha$

- **Intégration de risques de crédit, d'assurances**

- $X_t = a' p_t - \sum_{j=1}^{J} b_j \left(\sum_{k=1}^{N_j(t)} Z_{j,k} - p_j \right)$
  - b_j montant assuré pour le contrat j
  - $N_j(t)$ nombre de sinistres à la date t pour le contrat j
  - $Z_{j,k}$ montant du sinistre k pour le contrat j
  - p_j prime d'assurance
- Les actifs financiers eux-mêmes peuvent être modélisés par des processus à sauts :
  - Duffie, Pan *Analytical Value-At-Risk with Jumps and Credit Risk*, 1999, Stanford University.
- Options financières : $(p_{j,t+h} - K_j)^+$.
- Prise en compte de collatéral : $(a' p_t - p_{i,t})^+$,
  - où $p_{i,t}$ est le prix de l'actif servant de garantie.
- Réassurance : $-\min \left(b_j \left(\sum_{k=1}^{N_j(t)} Z_{j,k} - p_j \right), K \right)$

La VaR : un benchmark pour la mesure des risques

- **Prise en compte du caractère dynamique**

- loi de probabilité conditionnelle $(\Omega, \mathbb{F}, P)$: espace probabilisé filtré.
  - $\mathcal{F}_t$, $t \in \mathbb{R}^+$, filtration représentant l'évolution de l'information.
  - $P(. \mid \mathcal{F}_t)$ loi de probabilité conditionnelle.
- VaR conditionnelle

$$P_\theta\left(-a' y_{t+h} > VaR_t(a, \alpha) \mid \mathcal{F}_t\right) = \alpha$$

- horizons multiples et stratégies financières

$$X_{t+h} = X_t + \sum_{l=0}^{h-1} a_{t+l} \Delta S_{t+l} - d_{t+l}.$$

  - où a_t est la quantité détenue dans les actifs à la date $t + l$,
  - ΔS_{t+l} la variation des prix des actifs,
  - d_{t+l} le montant (net) de fonds propres versés (dividendes - apports en capital).
  - Les paiement peuvent faire intervenir les trajectoires des prix des actifs (options cachées).

La VaR : un benchmark pour la mesure des risques

- **Quelques propriétés**
  - La VaR est positivement homogène de degré un:
  - $\lambda \geqslant 0 \Rightarrow VaR_t(\lambda a, \alpha) = \lambda \times VaR_t(a, \alpha)$
  - La VaR n'est **pas toujours** sous-additive:
  - $VaR_t(a+b, \alpha) \leq VaR_t(a, \alpha) + VaR_t(b, \alpha)$?
- **Exemples :**

1. les prix des actifs suivent une loi (conditionnellement à $\mathcal{F}_t$ normale
   - $y_{t+1} \sim N(\mu_t, \Omega_t)$
   - $VaR_t(a, \alpha) = -a'\mu_t + (a'\Omega_t a)^{1/2} z_{1-\alpha}$
   - $z_{1-\alpha}$ quantile de niveau $1-\alpha$ de la loi normale.
2. loi gaussienne conditionnellement à un facteur d'hétérogénéité latent :
3. $y_{t+1} \mid u \sim N(0, \Omega_t(u))$
4. u est le facteur d'hétérogénéité de loi Π
   - mélange de lois gaussiennes
   - modèles à volatilité stochastique

Dans les deux cas précédents, la sous-additivité est conservée.

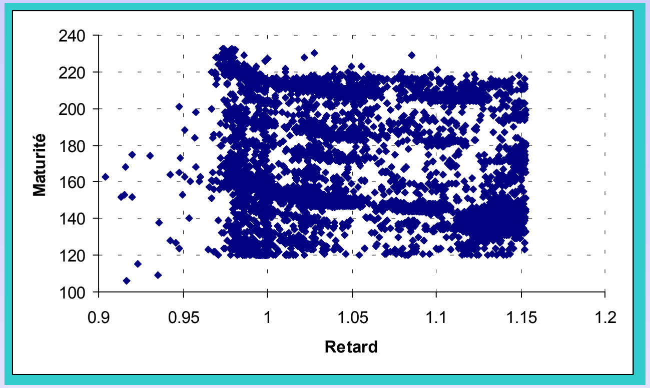
$$VaR_{\alpha\%} = \theta_{\alpha\%} \times \sqrt{Variance}$$

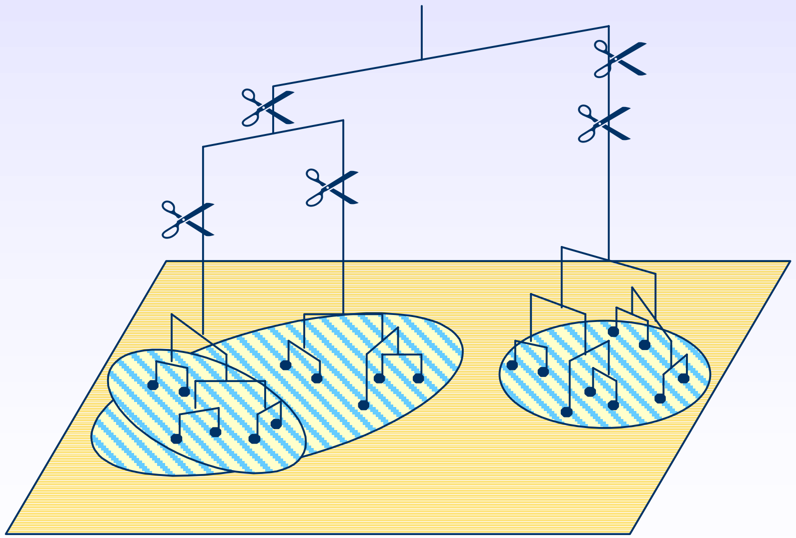
Le risque de modèle et l'agrégation des risques

Au départ :
un grand nombre de créances

Regroupement
des créances
de même profil
de risque

A l'arrivée :
quelques créances synthétiques que l'on peut
couvrir avec des instruments financiers





L'agrégation des risques

- Aspect spatial : les multiples dimensions du risque
- Risques financiers, de crédit, d'assurance,
- Comment construire une distribution de pertes globale ?
- Il est possible de calculer la distribution des pertes
- Intégration modèles d'assurance et modèles financiers
- Traitement de la « corrélation » entre les différents risques
- Calcul de la fonction caractéristique de pertes
- La distribution des pertes est obtenue par inversion de la fonction caractéristique
- Quelques transparents…

Assurance-vie et risque de crédit

- **Risque de crédit** : mortalité des entreprises
- modèle individuel
- Pertes cumulées : $S_c = X_{1,c} + \ldots + X_{n,c}$
- Risque de crédit : $X_{i,c} = LGD_i \times D_i$, où LGD_i représente la perte en cas de défaut. $D_i = 0, 1$ variable indicatrice du défaut.
  - $LGD_i = E_i \times (1 - \delta_i)$. E_i exposition au risque, δ_i taux de recouvrement.
  - $D_i = 1$ si $Y_i < 0$ et $D_i = 0$ si $Y_i \geqslant 0$, où Y_i est une variable latente continue ; modèle de credit scoring
  - Creditmetrics, réglementation : Y_i gaussien, modèle Probit
  - Modèle à un facteur : $Y_i = \rho_i X + \sqrt{1 - \rho_i^2}\varepsilon_i$, où X est le facteur et ε_i le risque spécifique.
  - ! ! ! les D_i ne sont pas indépendants : dans un portefeuille bien diversifié, le risque factoriel ne disparaît pas. La loi des grands nombres (non conditionnelle) n'est pas vérifiée.
  - Thèmes récents : assurance de portefeuilles de crédit, intégration risque de crédit et risques de taux d'intérêt, risques actions
- **Assurance vie** : pertes cumulées $S_v = X_{1,v} + \ldots + X_{n,v}$ $X_{i,v}$ indépendants, LGD_i montant du paiement en cas de décès
  - LGD_i peut dépendre des taux d'intérêt
  - D_i variable indicatrice du décès
  - ou de la dépendance... (prestation dépendance)
  - En général les D_i sont indépendants

Assurance non vie et risques financiers

- **Assurance non vie**
- modèle collectif.
- Pertes cumulés : $S_d = X_{1,d} + \ldots + X_{N,d}$
- $X_{i,d}, N$ indépendants
- Nécessite un conditionnement par N, nombre de sinistres
- **Risques «financiers»** : actions détenues, obligations non soumises au défaut nettes des engagements financiers (obligations émises)
- $V = \sum_{i=1}^{K} a_i p_i$, où a_i est le montant détenu et p_i le prix de l'actif à l'horizon de la mesure des risques.
- Fonction caractéristique $\psi_V(u) = E[e^{iuV}]$. Caractérise la distribution des pertes sur les placements financiers nets
- Pour une classe large de modèles d'actions et de taux d'intérêt (incluant des risques de volatilité, de sauts), on connaît $\psi_V(u) = E[e^{iua'p}]$ où a est le vecteur des expositions, p le vecteur des prix.
  - processus de Lévy multivariés : hyperboliques, Normal Inverse Gaussien, Variance-Gamma, processus stables
  - modèles affines généralisés : Bakshi et Cao ou Duffie, Pan et Singleton

Loi des fonds propres

- Fonds propres : $W = V + S_c - S_v - S_d$
- Fonction caractéristique des fonds propres

$$\psi_W(u) = E[e^{iu(V+S_c-S_v-S_d)}].$$

- Fonction caractéristique sachant les facteurs de risque :

$$\psi_{W|X}(u) = E[e^{iuW} \mid X]$$

- Indépendance des risques sachant X :

$$\psi_{W|X}(u) = \psi_{V|X}(u) \times \psi_{S_c|X}(u) \times \psi_{S_v}(-u)\psi_{S_d}(-u).$$

- Toutes les quantités précédentes sont calculables
- $\psi_W(u) = E[\psi_{W|X}(u)] = \int \psi_{W|x}(u) f(x)dx$ où f est la densité des facteurs (théorème d'espérances itérées).
- On peut ainsi calculer la fonction caractéristique des pertes
- Puis revenir à la distribution des pertes (inversion de la fonction caractéristique), aux moments de cette distribution...

De la mesure à l'analyse des risques

- **L'analyse du risque par sous-portefeuille**
  - **Deutsche bank**

Group value-at-risk

in € m.	Total value-at-risk[1] 2000	Total value-at-risk[1] 1999	Interest rate risk 2000	Interest rate risk 1999	Equity price risk 2000	Equity price risk 1999	Commodity price risk 2000	Commodity price risk 1999	Foreign exchange risk[2] 2000	Foreign exchange risk[2] 1999
Year-end value-at-risk	37.7	61.3	35.2	58.0	12.3	17.8	2.9	1.4	5.0	8.0
Minimum value-at-risk	30.9	33.8	25.8	31.0	10.8	9.0	1.3	0.6	3.5	2.7
Maximum value-at-risk	65.5	61.3	62.6	58.0	42.2	27.4	6.8	3.8	11.8	19.9
Average value-at-risk	43.6	47.8	38.3	44.5	18.7	14.5	3.5	1.9	7.5	8.6

[1] one day holding period; confidence level 99 %
[2] without items excluded pursuant to § 5 (1) sentence 2 Principle I

  - **Contribution d'un sous-portefeuille *a** au risque du portefeuille global *a***
    - ➢ VaR(a)-VaR(a-a*)

De la mesure à l'analyse des risques

- **La mesure des sensibilités de la VaR par rapport à la composition du portefeuille:**

  - Sensibilités de la VaR
  $$\frac{\partial VaR_t(a,\alpha)}{\partial a} = -E_t[y_{t+1} | a' y_{t+1} = -VaR_t(a,\alpha)].$$
  - Dérivées secondes
  $$\begin{aligned}\frac{\partial^2 VaR_t(a,\alpha)}{\partial a \partial a'} &= \frac{\partial \log g_{a,t}}{\partial z}(-VaR_t(a,\alpha)) V_t[y_{t+1} | a' y_{t+1} = -VaR_t(a,\alpha)] \\ &- \left\{ \frac{\partial}{\partial z} V_t[y_{t+1} | a' y_{t+1} = -z] \right\}_{z=VaR_t(a,\alpha)},\end{aligned}$$
    - où $g_{a,t}$ est la densité conditionnelle de $a' y_{t+1}$
  - $a' \dfrac{\partial VaR_t(a,\alpha)}{\partial a} = VaR_t(a,\alpha)$ (Euler)
  - contribution au risque de l'actif i: $a_i \times \dfrac{\partial VaR_t(a,\alpha)}{\partial a_i}$

De la mesure à l'analyse des risques

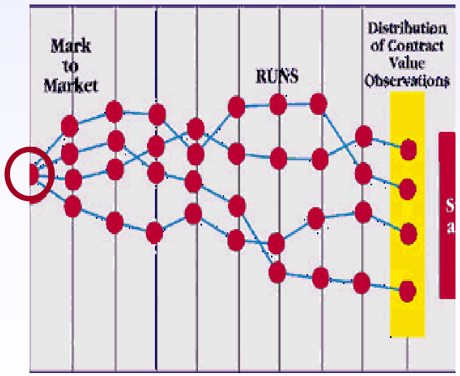
- **Typologie des scénarios : d'où vient le risque ?**
  - **équipe modèle financiers, BNP Paribas**
  - **Simulations financières pour l'analyse des risques**

Bilan

Conditions de marché

Moteur de simulations

Stockage des scénarios



De la mesure à l'analyse des risques

- **Typologie des scénarios : d'où vient le risque ?**
  - **Une exploration du risque.**

objectif:

mieux connaître les différents scénarios risqués

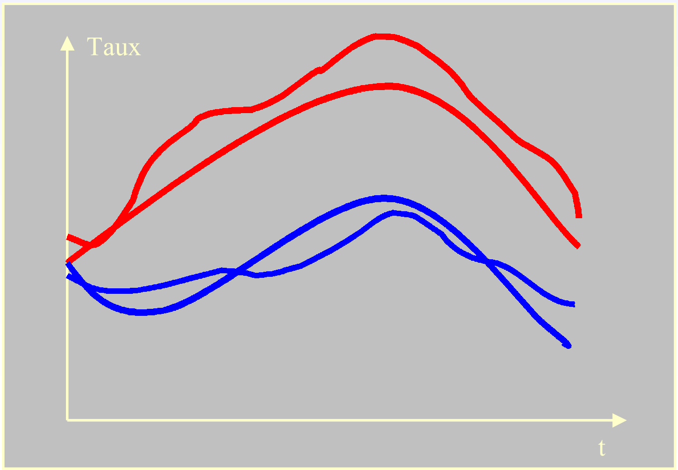
volume important d'information

TYPOLOGIE

- Utilisée couramment
- Techniques statistiques éprouvées

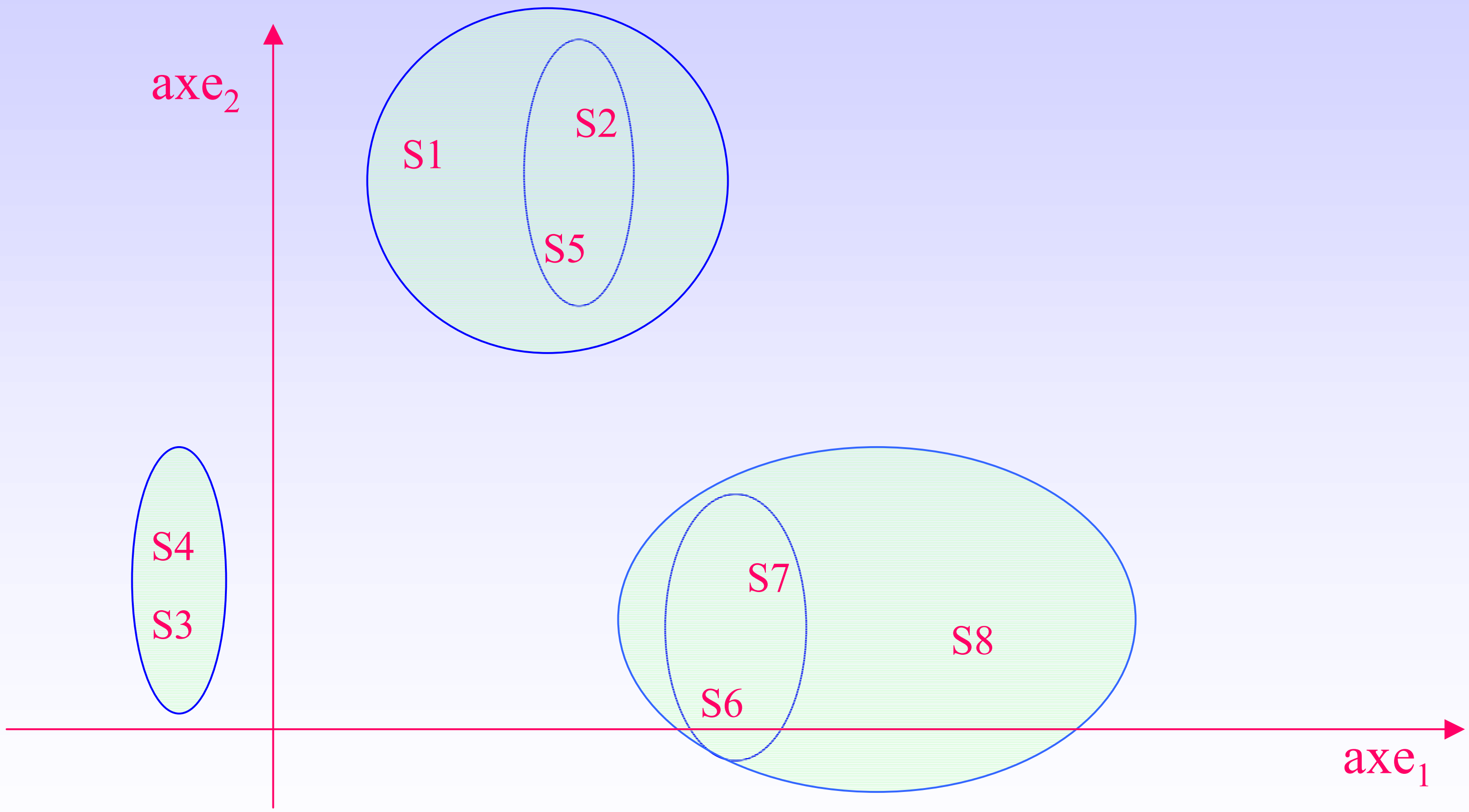
De la mesure à l'analyse des risques

- **Typologie des scénarios : d'où vient le risque ?**
  - **Une enquête policière pour identifier les scénarios suspects**
  - **Analyse des risques de taux d'intérêt :**
    - Une trajectoire des taux d'intérêt est une succession de 60 valeurs du taux 10 ans (une par trimestre pendant 15 ans)
- **La typologie permet de regrouper des trajectoires similaires.**
- **On ne conserve que les trajectoires qui entraînent une perte supérieure à la VaR**



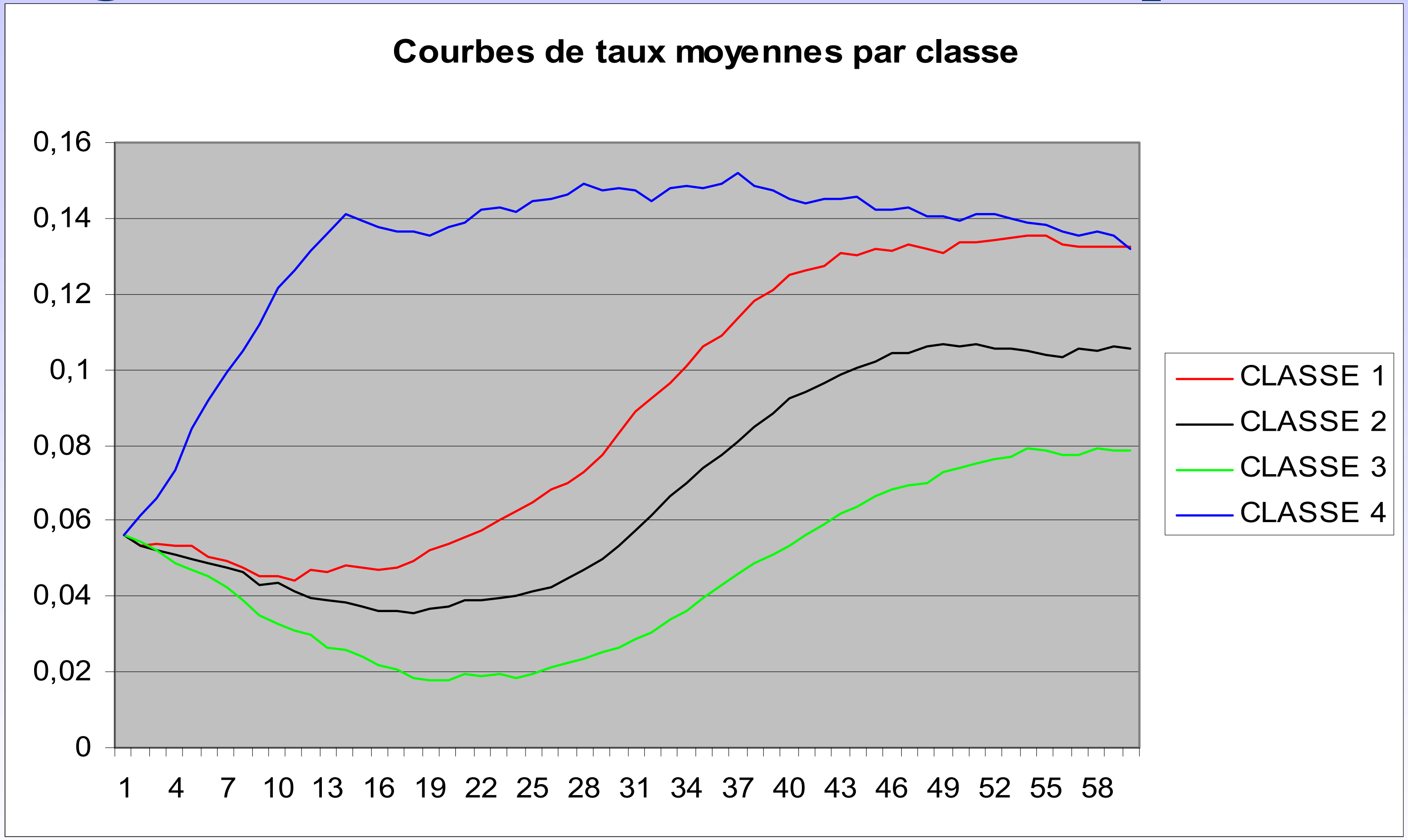
De la mesure à l'analyse des risques

- **Typologie des scénarios : d'où vient le risque ?**
  - **Classification ascendante hiérarchique**



De la mesure à l'analyse des risques

- **Typologie des scénarios : d'où vient le risque ?**



  - **Représentation du barycentre des principales classes de scénarios risqués**

De la mesure à l'analyse des risques

- **L'identification des scénarios risqués**
  - **permet de déterminer des stratégies de couverture des risques**

- **La typologie des scénarios**
  - **Facilite le dialogue entre statisticiens et gérants du risque**
- **On peut modifier les probabilités des différentes classes**
  - **Modification des probabilités des différentes classes**
    - ➢ en fonction des anticipations des gérants du risque
  - **Utilisation d'un critère entropie**
    - ➢ le modèle probabiliste obtenu prend en compte les anticipations des experts
    - ➢ est le plus proche possible du modèle statistique initial

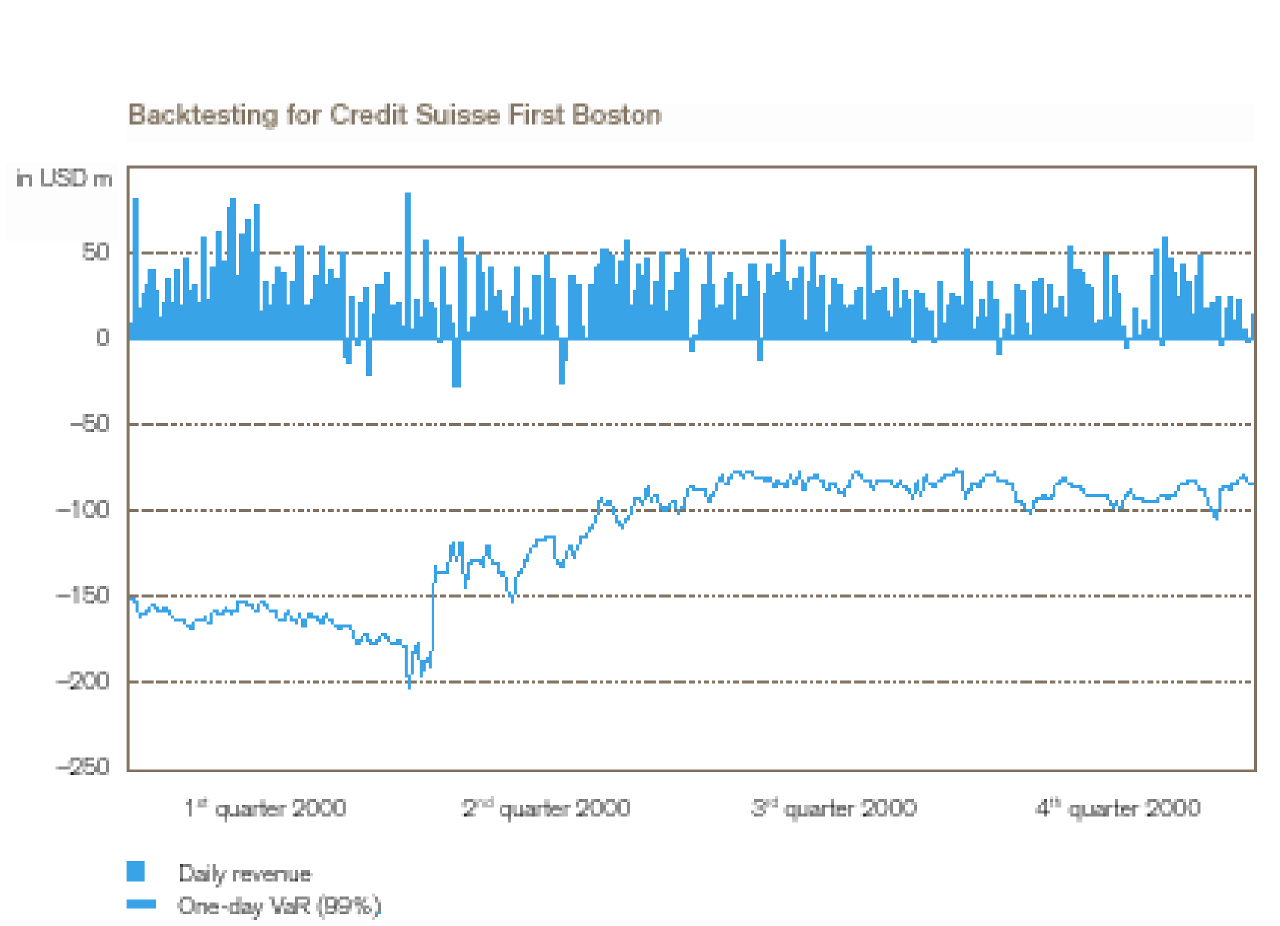
Le risque de modèle

"'Be Careful'! All you can tell me is 'Be careful'?"

- **incertitude**
  - ➢ sur les paramètres
  - ➢ sur la spécification du modèle probabiliste
  - – **« *A Discussion of Parameter and Model Uncertainty in Insurance* », Andrew J.G. Cairns**
- **quelle est la qualité de la mesure des risques ?**
  - – **« *Back-testing* »**
  - – **« *Stress testing* »**
  - – **Risque de modèle et agrégation des risques**

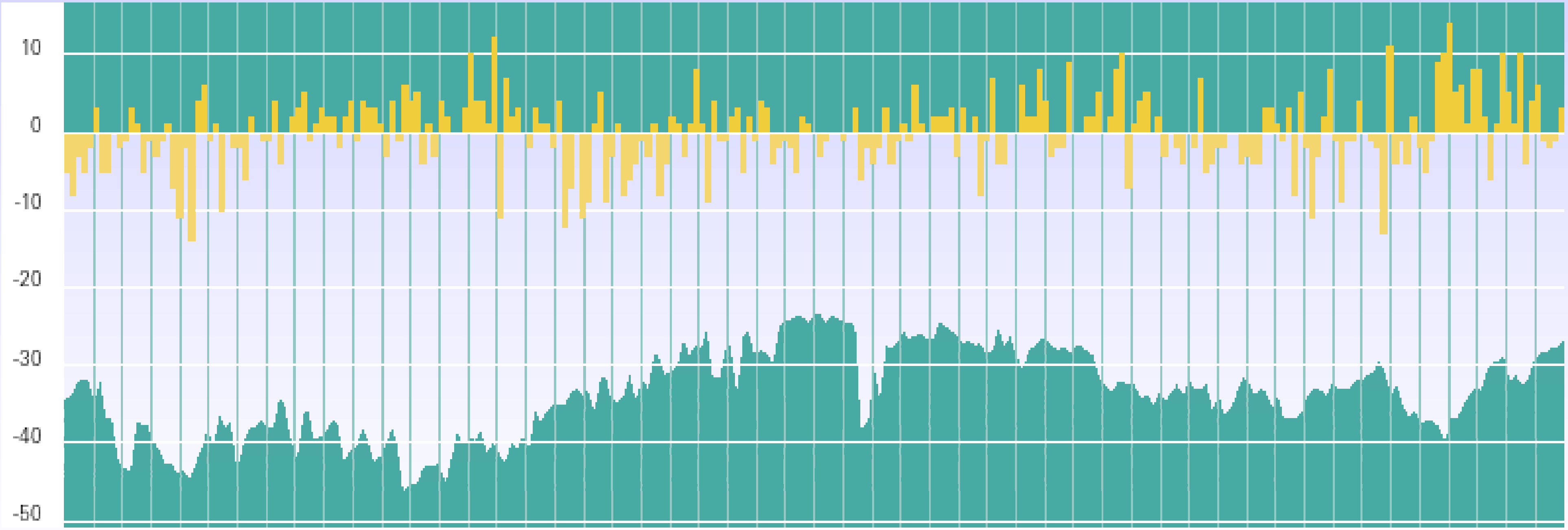
Le risque de modèle : « back-testing »

- Credit Suisse (2000)
  - Les pertes sont rares et toujours très inférieures à la VaR



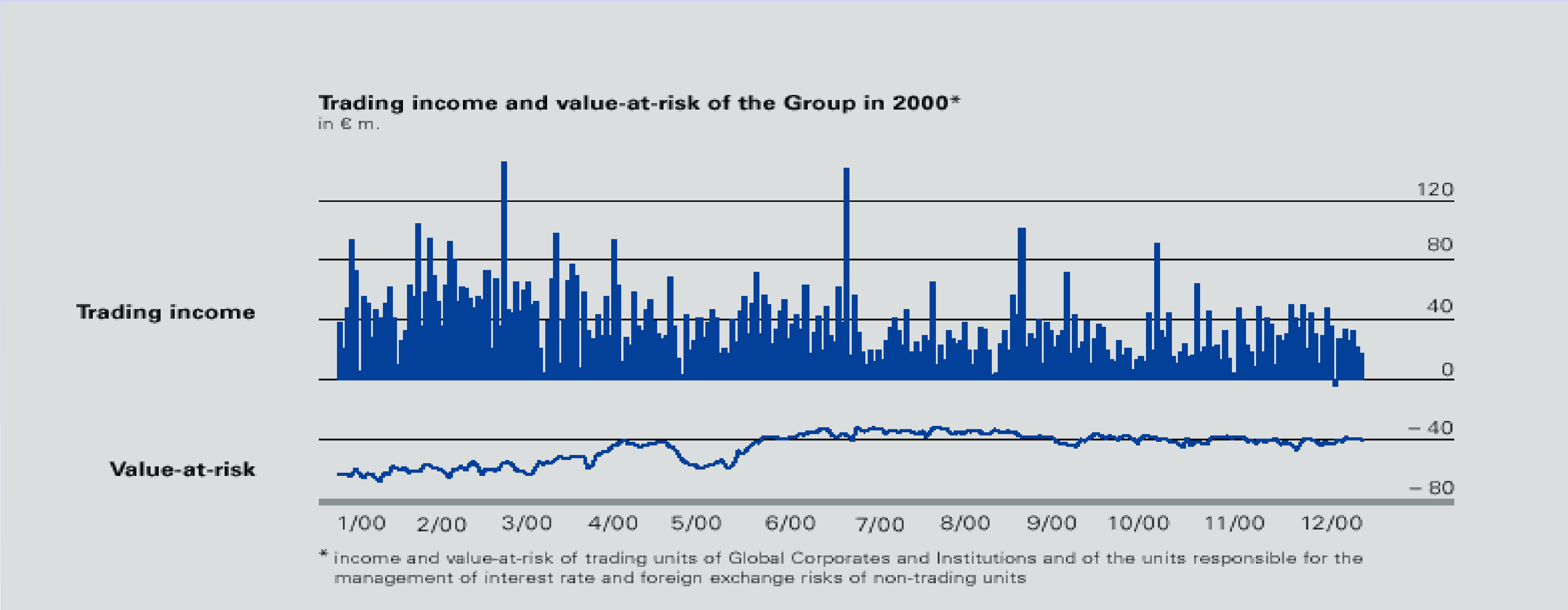
Le risque de modèle : « back testing »

- **Abn amro (2000)**
  - **Profits vs VaR (en millions d'Euros)**
  - **Sur estimation de la VaR**



Le risque de modèle : « back testing »

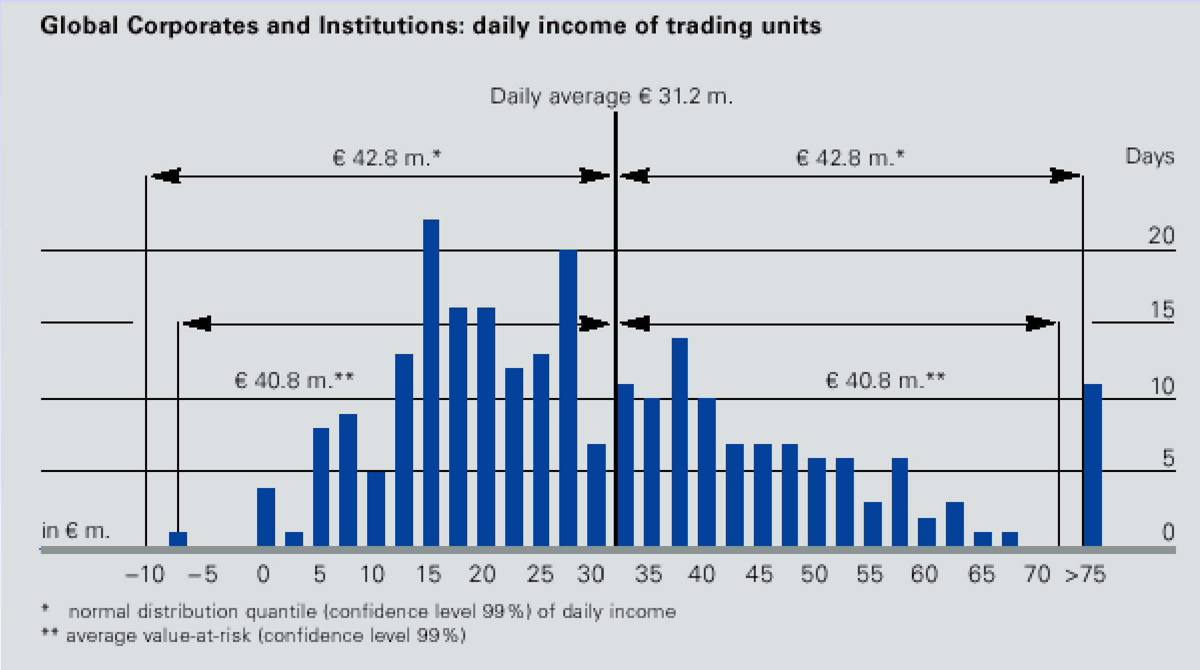
- **Deutsche Bank**



  - **Les résultats quotidiens sont tous les jours positifs !**
  - **La distribution des gains/pertes ex-post est très différente de la distribution ex-ante**
  - **Incorpore le risque business (marges commerciales) et l'expertise (information non contenue dans les prix) des traders**

Le risque de modèle : « back testing »

- **Ici, la différence entre les deux distributions se manifeste par une différence entre les moyennes**



- **Quant à la normalité…**

Le risque de modèle : « stress testing »

- **Mesures cohérentes de risque : définition, caractérisation**

- ρ application mesurable de $(\Omega, \mathcal{A})$ dans $\mathbb{R}$ est une **mesure cohérente de risque** si :

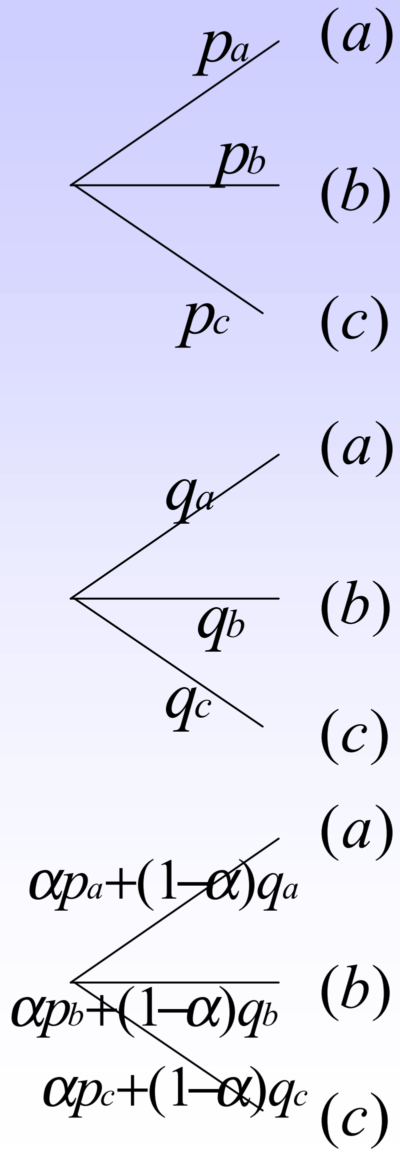
  1. $\forall X \in \mathcal{L}_0$, $\forall \lambda \in \mathbb{R}$, $\rho(X + \lambda) = \rho(X) - \lambda$ (translations)
  2. $\forall X, Y \in \mathcal{L}_0$, $\rho(X + Y) \leqslant \rho(X) + \rho(Y)$ (sous-additivité).
  3. $\forall X \in \mathcal{L}_0$, $\forall \lambda \in \mathbb{R}^+$, $\rho(\lambda X) = \lambda \rho(X)$ (positive homogénéité)
  4. $\forall X, Y \in \mathcal{L}_0$, $X \leqslant Y \Rightarrow \rho(Y) \leqslant \rho(X)$ (monotonicité).
  5. $\forall X \in \mathcal{L}_0$, $X \leqslant 0 \Rightarrow \rho(X) \geqslant 0$ (positivité)

- Caractérisation des mesures de risque
- $\mathbb{P}$ désigne un ensemble de mesures de probabilité sur $(\Omega, \mathcal{A})$
- Toute mesure cohérente de risque est de la forme :

$$\rho_{\mathbb{P}}(X) = \sup\{E^P[-X], P \in \mathbb{P}\}.$$

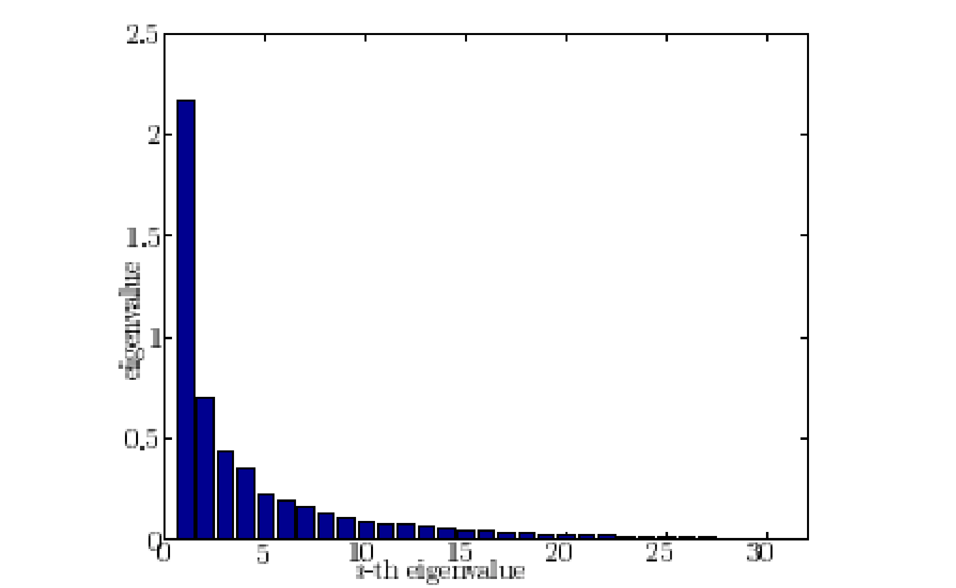
Le risque de modèle : « stress testing »

- **Mesures cohérentes de risque et stress testing**
  - **Probabilité : « scénario généralisé »**
  - **Mesure cohérente de risque :**
  - **Recherche d'un « *worst case scenerio* »**
- **Introduction de nouvelles probabilités :**
  - **modification des paramètres de corrélation**
  - $p_a(\theta), p_b(\theta), p_c(\theta)$ θ **: corrélation**
  - **Scénarios déterministes : mesures de dirac**
    - ➢ Par exemple, $p_a=0, p_b=0, p_c=1$
  - **Mélanges de probabilité : sur-modèles.**
    - ➢ $\alpha P+(1-\alpha)Q$ est encore une probabilité



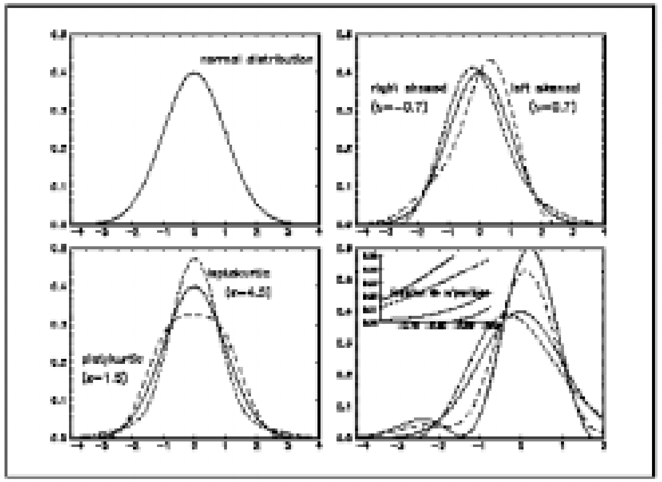
Le risque de modèle et l'agrégation des risques

- **La** **grande dimension** **du risque pose problème**
  - même dans un univers gaussien
  - valeurs propres de la matrice de variance/covariance de 32 indices (source *Riskmetrics*)
  - certains portefeuilles ont une variance *apparente* faible.
  - LTCM, « *Relative value* »

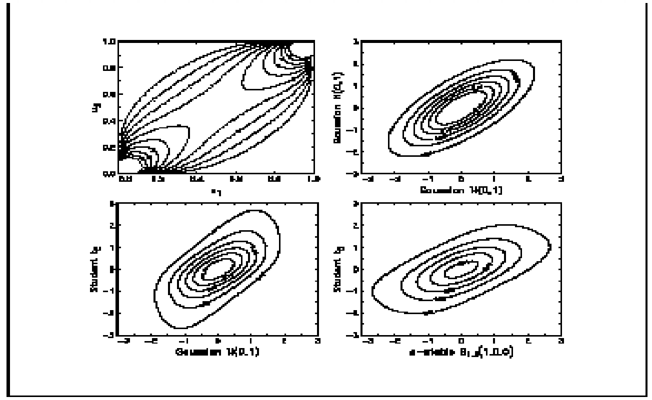


- **Utilisation de** **facteurs de risque**
  - réduction de la dimension

Le risque de modèle et l'agrégation des risques



- **Comment modéliser la dépendance statistique ?**
  - **en assurance, risques indépendants**
  - **mais dans le cas du crédit, des risques financiers …**
  - **risques individuels non gaussiens (graphique)**
- **Et surtout distributions jointes non gaussiennes**
  - **Courbes d'iso-densité (graphique)**



  - **utilisation de fonctions copules**
    - *Copulas for Finance*, Bouyé et al, Document GRO, Crédit Lyonnais
  - **utilisation de facteurs de risques**
    - conditionnellement aux facteurs, les risques sont indépendants

De nouvelles frontières pour l'analyse du risque

- **risques de taux d'intérêt, risques « business »**
- **risques de crédit, risques d'assurances**

De nouvelles frontières pour l'analyse du risque

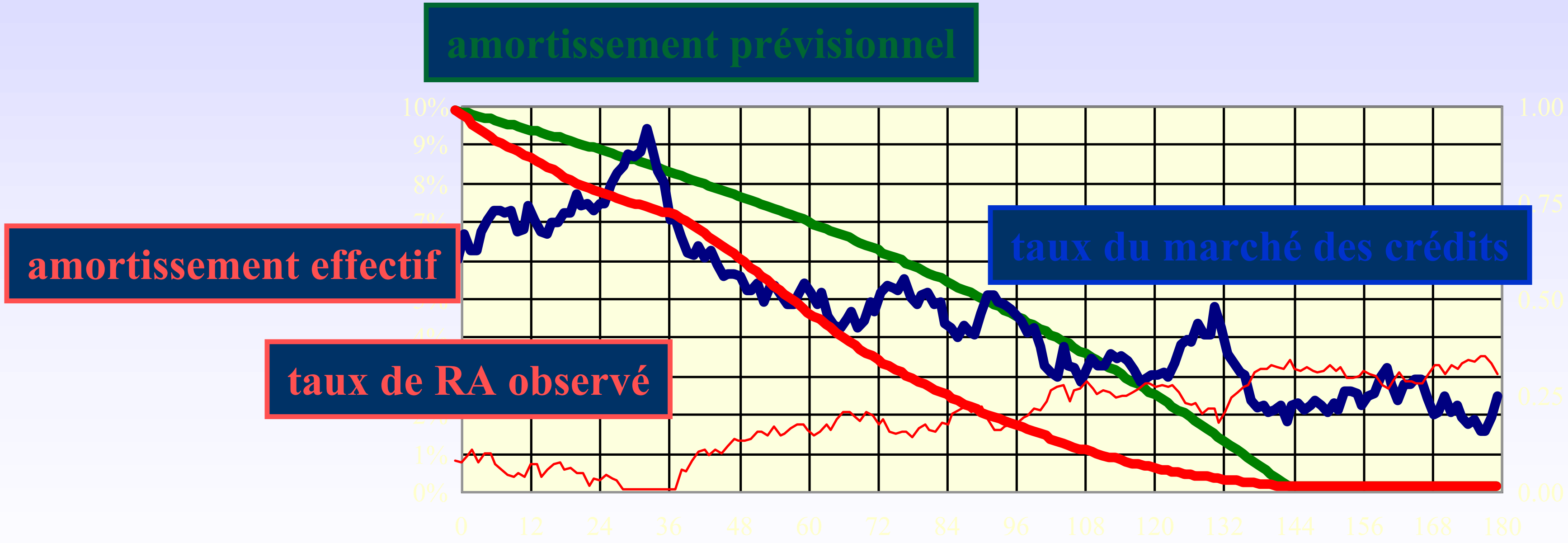
- **VaR pour le risque de crédit (« *Internal Ratings Based Approach* »)**
  - **VaR linéaire pour des portefeuilles infiniment « granulaires »**

$$A_b = \frac{LGD_b^2 \cdot (PD_b \cdot (1-PD_b) - 0.033 \cdot F_b^2) + 0.25 \cdot PD_b \cdot LGD_b \cdot (1-LGD_b)}{LGD_{AG}^2 \cdot (PD_{AG} \cdot (1-PD_{AG}) - 0.033 \cdot F_{AG}^2) + 0.25 \cdot PD_{AG} \cdot LGD_{AG} \cdot (1-LGD_{AG})}.$$

  - **Risques de crédit conditionnellement indépendants**
    - Utilisation de modèles à facteurs
  - **lois de probabilité à partir des fonctions caractéristiques**
  - **Le traitement comptable des crédits n'est pas un obstacle**
  - **Intégration du risque de crédit et de taux d'intérêt possible**
    - Sujet fondamental pour les banques de marché (swaps)
    - Les probabilités de défaut dépendent des taux d'intérêt

De nouvelles frontières pour l'analyse du risque

- **Risques de taux d'intérêt et risques « business »**
  - **Nécessite une modélisation des comportements**
    - ➢Rachat, remboursement anticipé
  - **des politiques de tarification**
    - ➢chargements, revalorisation des contrats, marges commerciales.



- **Il faut prendre en compte les effets de la concurrence**
  - **Comment intégrer les spécificités de chaque institution ?**

De nouvelles frontières pour l'analyse du risque

- **Le risque de liquidité**
  - **erreur de mesure sur le prix simulé**
  - **Coûts de transaction :**
    - ➢modélisation de la loi des prix sachant les volumes
      - **Microstructure des marchés**
    - ➢On peut simuler les écarts entre prix de vente et d'achat
    - ➢Les pentes des courbes d'offre et de demande
  - **Le risque de liquidité peut rentrer dans le formalisme de la VaR**
- **Le risque opérationnel et le risque de crédit des banques commerciales vont également entrer dans le champ de la VAR**
  - **Une nouvelle révolution pour les institutions financières**

De nouvelles frontières pour l'analyse du risque

- **Et l'assurance ?…**
  - **Nombreux modèles pour les distributions de pertes**
    - en vie et non vie
  - **La question principale : l'intégration des risques financiers à l'actif et des risques au passif**
  - **Dans le modèle de base de la théorie de la ruine**
    - le replacement des primes encaissées (dans des actifs risqués) n'est pas pris en compte…
  - **Approches par simulation : DFA**
    - flexible, mais purement numérique
  - **Approches semi-explicites**
    - transformée de Fourier de la distribution des pertes
- **! Agrégation temporelle, modification de la structure des portefeuilles (passif et actif), des politiques de tarification**