



MESURES DE RISQUES DE MARCHE

*Olivier Daumont
Société Générale*

**Mesures de Risques en Finance
Master 2**



I. Rappel sur les activités de Marché

II. Typologie des risques

III. Risques de Marché

IV. Value at Risk

- Facteurs de risques
- Méthode historique
- Méthode paramétrique
- Backtesting et utilisation quotidienne

V. CVaR et Stress Tests

VI. Nouveaux Produits

- Paramètres exotiques et facteurs de risques
- Risque de modèle
- Intégration du produit



Rappel sur les activités de marché

Pourquoi une mesure des risques ?

Se couvrir

Objectif principal du front office : gestion dynamique des risques
Double-emploi des « grecques »

Quantifier l'exposition

Prendre une position de façon maîtrisée
Retoucher un prix

Définir des garde-fous

Limites



Rappel sur les activités de marché

Organisation Front Office

Le trader

- Aidé par les quants sur les risques complexes
- Via des systèmes complexes

Via une organisation spécialisée :

- Par sous-jacents : département
Actions, taux, change, crédit, matières premières
- Par complexité et type de risque : desk, book
Flux, vanilles, exotiques

Mesures front-office

- Précises, détaillées et spécialisées
- Multiples / non agrégeables (modèles)
- Aussi orthogonales que possibles
- « Micro »
- Horizon court
- Mouvantes (modèles, marché)



Rappel sur les activités de marché

Département des Risques

- **Entité indépendante du FO rattachée à la Direction**
- **Mission : contribuer au développement et à la rentabilité de la banque en garantissant un dispositif de maîtrise des risques pertinent et efficace**
 - ☐ Limiter les pertes
 - ☐ Contrôle des positions (vis à vis de la direction, des actionnaires, du marché, des régulateurs...)
 - ☐ Rentabilité d'une activité (rapport rendement / risque)
 - ☐ Aide à la décision (gestion, cotation)
- **En pratique cela nécessite :**
 - ☐ d'identifier tous les risques générés par les activités
 - ☐ de les mesurer (choix d'indicateurs, modélisation, calculs des indicateurs)
 - ☐ de les encadrer et les suivre (fixation de limites)
- **Périmètre : toutes activités**
 - ☐ Tout sous-jacent : taux, crédit, actions, change, matières premières,...
 - ☐ Tout produit : cash, dérivés fermes, options vanille, exotiques...



Typologie des risques (1/)

Nature des Risques

- **Risques de crédit :**
 - ☐ incapacité d'un client (entreprise, institution financière , particulier...) à respecter ses obligations financières vis à vis de la banque
- **Risques Pays :**
 - ☐ défaillance d'un pays émergent ou incapacité pour une contrepartie localisée dans un pays émergent de faire face à ses obligations en raison de facteurs de « risque pays » (politique, économique...) échappant à son contrôle.
- **Risques de marché :**
 - ☐ risque de perte suite à une évolution défavorable des paramètres de marché impactant négativement les positions de la banque.
- **Risques opérationnels :**
 - ☐ pertes résultant d'une inadéquation ou d'un échec au niveau des processus, des personnes, des systèmes (erreurs humaines, pannes systèmes, fraudes, litiges...) ou perte résultant d'événements externes (catastrophes naturelles, incendies, ...)
- **Risque de modèle :**
 - ☐ Risque de perte liée à l'utilisation d'un modèle inapproprié ou erroné pour la valorisation de positions ou le calcul d'indicateurs de risques



Typologie des risques (2/2)

Risques des opérations de Marché

– Risques de marché :

Par sous-jacent

- ☐ Risque actions général / spécifique
- ☐ Risque de taux général / spécifique (idiosyncrasique/événementiel/défaut)
- ☐ Risque de change
- ☐ Risque matières premières

Par produit

- ☐ Cash
- ☐ Dérivés fermes
- ☐ Options (vanille / exotiques)

– Risques de Modèle :

- ☐ mispricing
- ☐ Gestion basée sur des analyses de risques erronées : P&L inattendu

– Risque de contrepartie :

- ☐ Dérivés, repos

– Risque de règlement livraison (suspens)

Rq : (i) frontière RDM / RDC. *Ex* : CDS
(ii) transfert de risques : réassurance



Contexte

- Suivi d'une activité de trading initiant des opérations de marché correspondant à des instruments financiers quelconques avec des contreparties multiples.
- Portefeuille de l'activité à l'instant t a une valeur V_t :

$$V_t = F_t (P_{\text{expl}}^1(t), \dots, P_{\text{expl}}^n(t), \dots, P_{\text{impl}}^1(t), \dots, P_{\text{impl}}^p(t), P_{\text{exo}}^1(t), \dots, P_{\text{exo}}^q(t), P_{\text{mod}}^1(t), \dots, P_{\text{mod}}^r(t))$$

où

$P_{\text{expl}}^i(t)$: paramètre de marché explicite à t (ex: taux de swap, cours d'action,...)

$P_{\text{impl}}^j(t)$: paramètre de marché implicite à t (ex : volatilités,...)

$P_{\text{exo}}^j(t)$: paramètre exotique à t (ex : corrélations, volatilités forward,...)

$P_{\text{mod}}^j(t)$: paramètre de modèle utilisé à t (ex : paramètres numériques, paramètres de copules,...)

~~$(P_{\text{expl}}^i)_{1 \leq i \leq n} \cup (P_{\text{impl}}^j)_{1 \leq j \leq p}$: paramètre de marché vanille (données disponibles)~~



Risques de Marché (2/8)

– Paramètres de marché :

☐ Taux :

- taux monétaires, futures, taux de swap
- Volatilités de caps, de swaptions

☐ Change :

- Cours de change, volatilités,...

☐ Crédit :

- Spreads de CDS, corrélations temps de défaut
- Volatilités d'options sur spread

☐ Action :

- Cours des actions, dividendes,...
- Volatilités, corrélations,...

☐ Matières premières :

- Spot, Futures,...
- Volatilités, corrélations,...



Risques de Marché (3/8)

$$P\&L_{t,t+\Delta t} = V_{t+\Delta t} - V_t \text{ et } Perte_{t,t+\Delta t} = - P\&L_{t,t+\Delta t}$$

- $Perte_{t,t+\Delta t}$: variable aléatoire réelle à modéliser pour suivre les risques de marché.
- Hypothèse : les positions restent inchangées pendant Δt : en pratique, le FO subit les mouvements de marché sans ajuster sa couverture.
- F_t :
 - ☐ Plus ou moins complexe en fonction des produits dans le portefeuille (temps de calcul)
 - ☐ Fonction multivariée en grande dimension (en particulier pour RISQUE)
 - ☐ Marked to Market / Marked to Model
 - ☐ F_t et $F_{t+\Delta t}$ connues (événements de résultats ponctuels : tombée de dividendes)

Δt : horizon d'étude (en pratique : le plus souvent 1 jour, parfois 10 jours; réglementairement : portefeuille de trading 10 jours)

Rq: (i) $\Delta t > 1$ jour $\Rightarrow$ gestion des contrats à échéance entre t et $t + \Delta t$
(ii) liquidité



Risques de Marché (4/8)

Calculs de Risques

Valorisation du portefeuille

- Systèmes FO
- Systèmes Risque

Comportement des paramètres de marché

- Modélisation Paramétrique
- Modélisation Empirique

Risques



Risques de Marché (5/8)

Suivi global des Risques de Marché :

- **Besoin d'un indicateur représentatif de la position et des paramètres de marché associés, normé (comparaison entre banques ou activités), cohérent, pouvant s'appliquer à tout type de produit.**
- **Rappel : propriétés de cohérence**
 - ☐ Croissance du risque en fonction de la perte
 - ☐ invariance par translation (ajout de capital baisse le risque)
 - ☐ Convexité (sous additivité : diversification diminue le risque)

Agrégation des risques des positions

 - ☐ Homogénéité positive de degré 1 (effet taille)

Pb : Illiquidité et emprise
- **Contraintes opérationnelles :**
 - ☐ calculable (temps de calcul, risque de modèle raisonnable)
 - ☐ Agrégeable
 - ☐ Interprétable facilement (indicateurs probabilistes) et vision macro
 - ☐ Générique (applicable sur tout produit: risque global)
 - ☐ Normé (comparaison d'entités)

Rq : Considérer un seul indicateur est réducteur et ne suffit pas (Stress tests, ETL,...)



Catégories d'indicateurs de risque et critères

- **Vision macro**
 - ☐ Sur un portefeuille aux sources de risques variées
 - ☐ Prise en compte simultanée des variations des paramètres
 - Corrélations / copules à considérer
 - ☐ Un ou peu d'indicateurs de risques résumant une grande partie des risques
- **Vision micro**
 - ☐ Analyse détaillée d'une position spécifique ou d'un paramètre (ex : exotique)
 - ☐ Isoler l'impact d'un facteur de risque (éventuellement 2)
 - ☐ Pas de contrainte forte d'agrégation
- **Approche probabiliste**
 - ☐ Suppose une modélisation du vecteur des paramètres intervenant dans la valorisation du portefeuille
 - ☐ Permet d'interpréter l'indicateur en terme d'occurrence
- **Approche par scénario**
 - ☐ Scénarios de variations des paramètres de marché définis a priori
 - ☐ Pas de probabilité associée



Indicateurs de risque

- **Grecques :**

- ☐ **Ordre 1 : delta, vega, rho, cega, ... : chocs d'un FR prédéterminé**
- ☐ **Ordre 2 : Gamma, Vomma, Vanna (Gammavol) : chocs joints à la hausse**
- ☐ **gestion locale FO et Risk manager (Ex: smile, exotiques,...)**

- **Volatilités :**

- ☐ **Historiquement premier sur portefeuille simple (fonds)**
- ☐ **Macro et probabiliste mais pas une mesure de risque monétaire**
 - **ni croissante ni inv par translation mais sous additive et homogène positive**
 - **Compensation des pertes par les gains**



Risques de Marché (8/8)

- **Value at Risk :**

- ☐ Macro et probabiliste
- ☐ Réglementaire (sert aux exigences de fonds propres si validation CB)
- ☐ Mesure de risque monétaire homogène positive mais pas convexe
- ☐ Norme et pratiquée par tous les établissements

- **Expected Shortfall (ConditionalVaR)**

- ☐ Macro et probabiliste
- ☐ Mesure de risque cohérente
- ☐ Difficulté d'estimation et de mise en œuvre

- **Stress Tests :**

- ☐ Macro et micro selon les cas, souvent non probabiliste
- ☐ Pas de norme : chaque établissement a son propre jeu de ST en fonctions des activités



Définition

- **VaR_{α,n} : quantile d'ordre α de la perte à horizon n jours**

$$\text{VaR}_{\alpha}(X) = \inf \left\{ r \mid P(X \leq r) \geq \alpha \right\}$$

Critères réglementaires

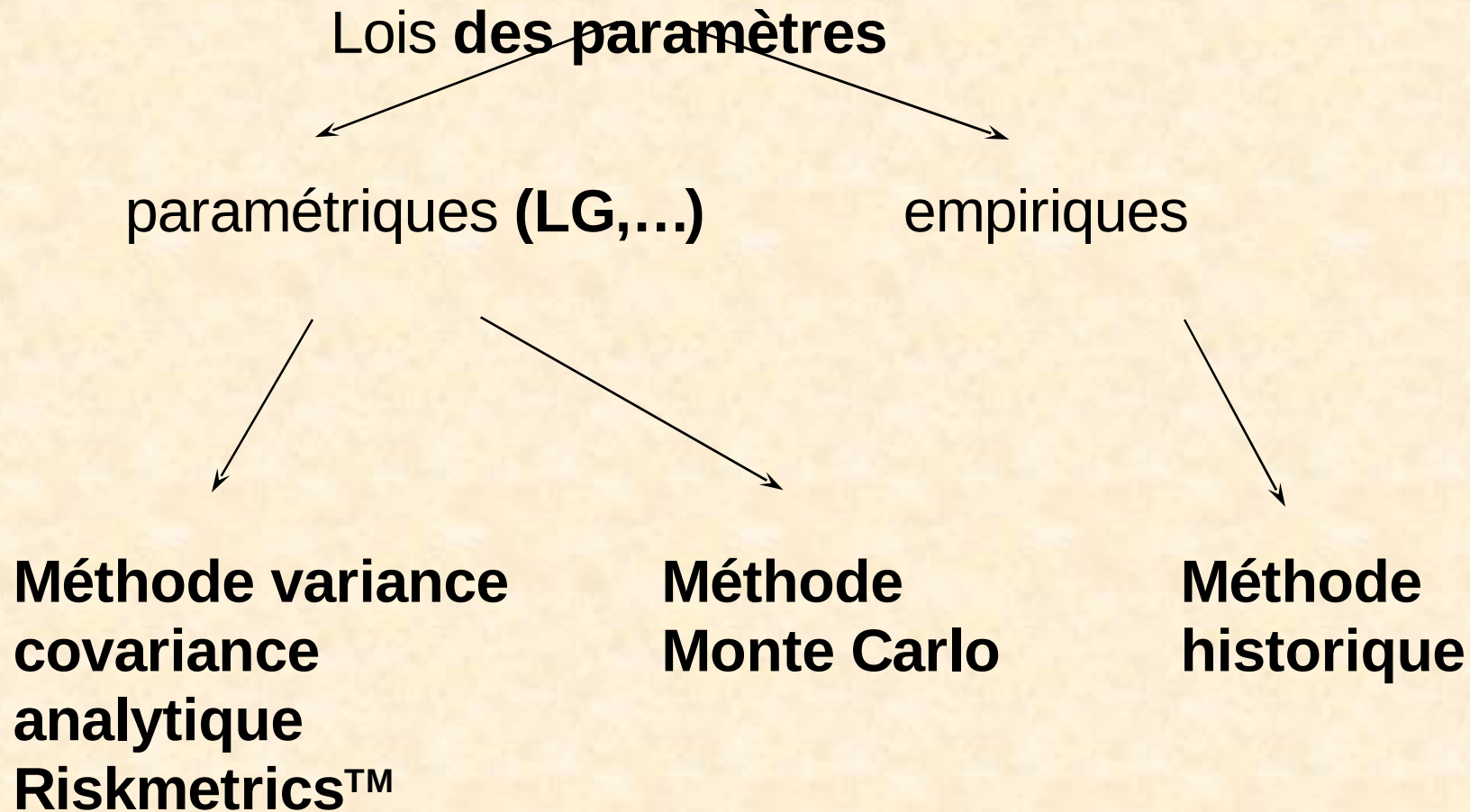
- **Type Quantile**
- **Niveau de confiance unilatéral de 99% (α = 99%)**
- **La période d'observation (échantillon historique) est d'un an minimum**
- **Possibilité de prise en compte des corrélations des paramètres de marché**
- **Durée de détention de 10 jours**
- **La mesure du risque réglementaire est : VaR_{99%, 10 jours}**

Rq: Passage de VaR 1 j à VaR 10 j : réglementation autorise racine(10)

- ☐ **pas de différenciation selon les catégories d'instruments**
- ☐ **Volatilités 1 jour et 10 jours à peu près proportionnelles (en racine(10))**
- ☐ **Linéarité + gaussien => VaR10 j = racine(10) VaR 1 j**
- ☐ **Autorisation à étendre aux options**



Modélisation des facteurs de risque:





Facteurs de risque:

- Paramètres essentiels sources de risques (ex: call action)
- Variations absolues /relatives
- Indépendance (horizon court /autocorrélation)
- Nécessité d'un historique fiable d'au moins un an
- Longueur d'historique (UWMA,EWMA)
- Compromis donnée contrôlable/degré de source de risque
- exemples :
 - ☐ actions
 - ☐ taux



Méthode Historique

- les variations passées des FR représentatives de la loi
- aucune hypothèse sur le type de loi suivie
- Scénario i : uplet des variations de FR entre $i-1$ et i
- $P\&L(i)$ (N scénarios)
- quantile empirique $\Rightarrow$ VaR (statistique d'ordre)
- remarques :
 - ☐ volatilité de VaR
 - ☐ ex : 250 jours
 - ☐ temps de calcul : $N + 1$ valorisations, indépendant du Nb de FR
 - ☐ répandue : simple, temps de calcul, pas d'a priori sur loi



Méthode Paramétrique

- **Riskmetrics (variance covariance analytique)**
 - ☐ Variations des facteurs de risques vecteur gaussien
 - ☐ Linéarité du portefeuille
 - ☐ Perte gaussienne $\Rightarrow \text{VaR}_{99\%} = 2.33 \sigma(\text{Perte})$
 - ☐ Matrice variance covariance $\Rightarrow \text{Var de perte} \Rightarrow \text{VaR}$
 - ☐ remarques : méthode limitée, portefeuille non optionnel, loi normale pour quantile

- **Monte carlo**
 - ☐ variations des facteurs de risques : loi paramétrique prédéfinie
 - ☐ en général vecteur gaussien
 - ☐ estimation des paramètres de lois (lissage exponentiel, mode uniforme)
 - ☐ simulation du vecteur des variations des FR $\Rightarrow \text{Scenario}(i)$
 - ☐ P&L(i)
 - ☐ quantile de la distribution du P&L
 - ☐ remarques : coûteux (NFR et Nsimus), proxy pour P&L (exotiques), cadre gaussien pour quantile?, copules?, estimation des paramètres (update)



Calculs des P&L

- DL 1 (portefeuille linéaire)
- DL 2 (delta, gamma, vega,...)
- grille et interpolations
- full pricing

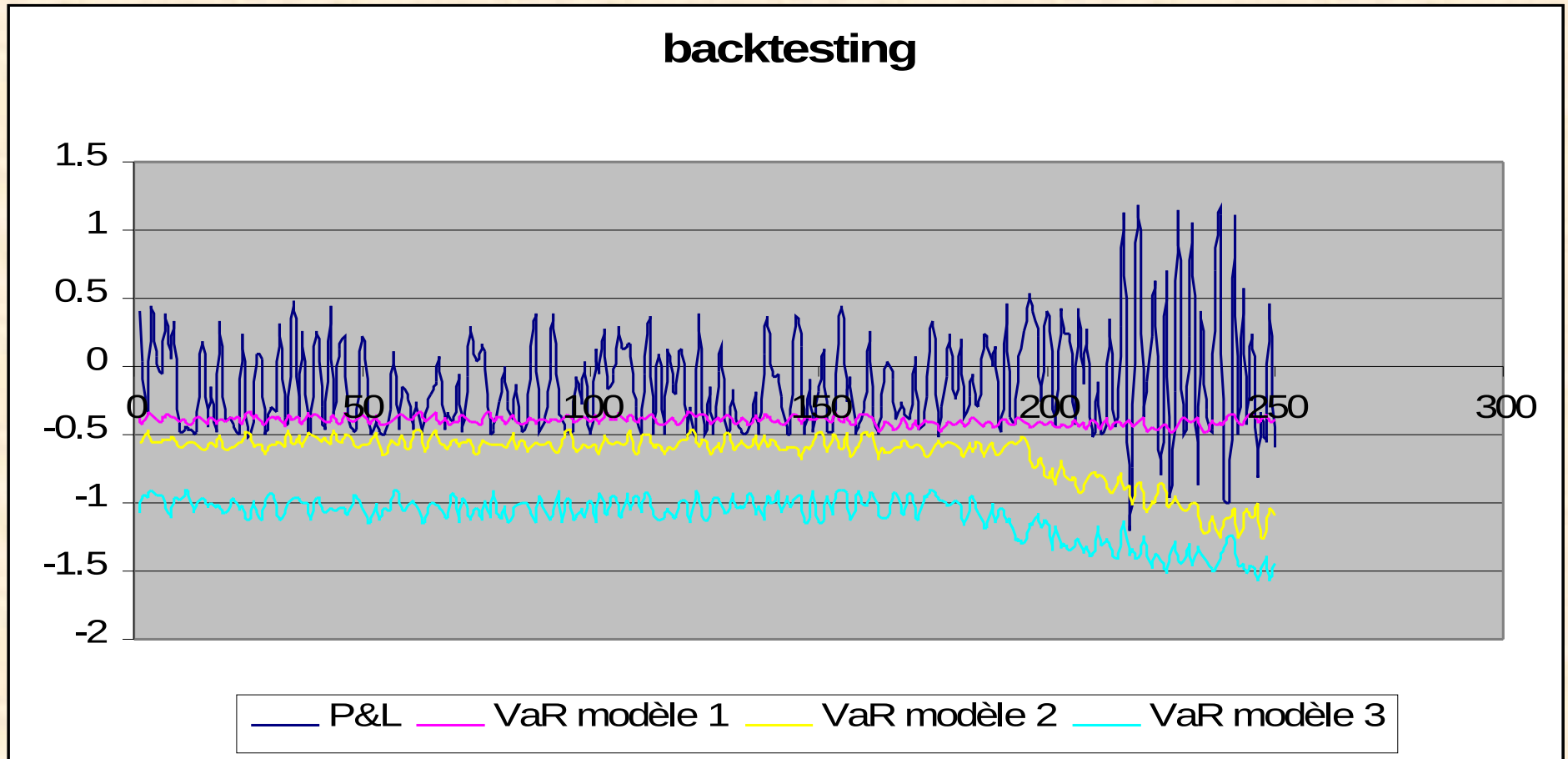
Agrégation

- par scénario
- somme de VaR : ni sous additif ni sur additif en général
- interprétation et compensation : analyse



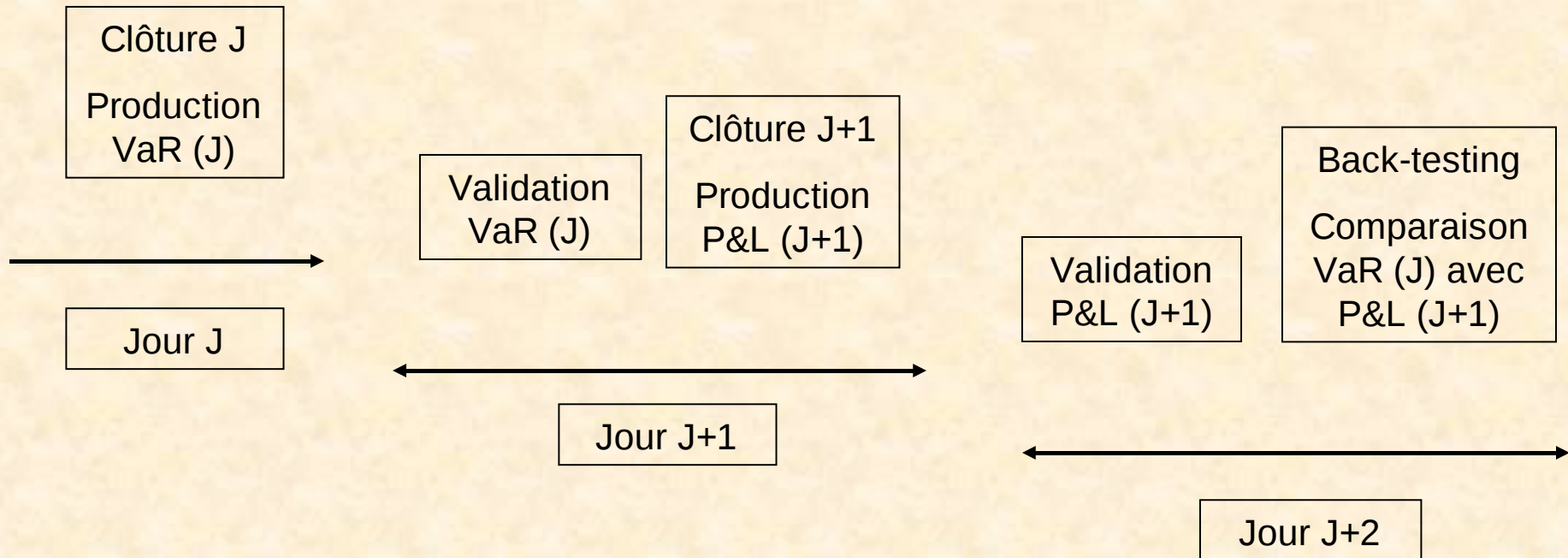
Backtesting

- La cohérence de cette prévision doit être vérifiée par des contrôles ex-post (back-testing)





Chaîne d'utilisation





Utilisation :

- **gestion interne**
 - ☐ **qui** : Direction, RISQ, responsables du FO
 - ☐ **pourquoi** : capital économique, limites
- **répondre aux exigences réglementaires**
- **fonds propres calculés avec un modèle interne**
- **communication (analystes)**

Limites de la VaR

- **Facteurs de risques**
 - ☐ **Paramètres secondaires?**
 - ☐ **Ex** : call spread et smile
- **Queue de distribution**
- **Estimation sur un historique limité**
- **Risques hors VaR** : illiquidité, emprise,...



CVaR et Stress tests (1/3)

- **VaR ne suffit pas car :**
 - ☐ **Quantile 99% => et au-delà?**
 - ☐ **Horizon 10 jours (1 jour dans la pratique) , et si crise de liquidité?**
 - ☐ **Basée sur un an d'historique => gros chocs passés pas intégrés**
 - ☐ **Choix de facteurs de risques limité (temps de calcul)**
Risques exotiques, Stratégies fines d'arbitrage

Pourquoi des stress tests?

- **Analyser le comportement du portefeuille dans les cas extrêmes : Impact de mouvements de marché ayant une probabilité faible**
- **« Rejouer » des crises passées.**
- **Complément du modèle : permet d'envisager d'autres scénarios que ceux du passé**

=> Réalisation périodique de simulations de crise pour :

- ☐ **gestion du risque (micro et macro)**
- ☐ **capital économique**
- ☐ **exigence réglementaire (Modèle interne)**



CVaR et Stress tests (2/3)

3 grandes catégories de Stress Tests :

- ☐ **Historiques** (Situations historiques passées extrêmes) (ex: actions 1987)
- ☐ **Théoriques** (hypothétiques)
- ☐ **Adverses** (Identification des situations les plus défavorables pour la banque)

Rq : (i) Calcul par revalorisation complète nécessaire
(ii) Chocs absolus / relatifs

Bâle II :

- **Renforcement de l'utilisation des stress tests (aussi bien sur le crédit (LGD downturn) que sur les marchés)**
- **Utilisation pour le capital économique**
- **Nécessité réglementaire d'intégrer dans les stress tests des facteurs de risques non capturés dans la VaR (corrélation, ...)**

Généralisation de l'utilisation des ST :

- **Activités exotiques**
- **Sous jacents particuliers (hedge funds, dividendes...)**
- **Phénomène particulier (défaut,...)**



CVaR et Stress tests (3/3)

Limites de la VaR + Stress Tests (quantile extrême mais 1 point)

⇒ queue de distribution de la **Perte**_{t,t+Δt} ?

- Une autre piste : L'ETL ou CVaR
- Hypothèse : distribution continue de Perte_{t,t+Δ}
- Rappel :
$$AVaR_e(X) = \frac{\int_e^1 VaR_s(X) ds}{1-e} = E[X | X \geq VaR_e(X)]$$
- Un indicateur unique rassemblant l'information sur la queue de distribution au-delà de la VaR
- $VaR \leq$ Expected Shortfall
- Mesure de risque cohérente en particulier sous additive
=>agrégation
- exemple : CPPI

Difficultés de Mise en œuvre :

- Historiques disponibles
- Estimation, intervalle de confiance
- En dimension N : corrélations? copules?



Nouveaux Produits (1/2)

Création d'un nouveau produit (pay off) pour répondre à un besoin d'un client

Démarche :

- **Recensement des paramètres de marché intervenant dans la valorisation**
 - ☐ Paramètres vanille
 - ☐ Paramètres exotiques
- **Identification des sources de risques primaires et autres**
 - ☐ Pour le choix du modèle
 - ☐ Pour le choix des facteurs de risques
 - ☐ Pour les analyses de risques (nouveaux indicateurs?)
- **Contrôle des paramètres (fair value/conservateur)**
- **Choix d'un modèle (risque de modèle) :**
 - ☐ Modélisation des FR/ hypothèses
 - ☐ Développement analytique
 - ☐ Calibrage
 - ☐ Méthodes numériques
 - ☐ Domaine de validité du modèle
 - ☐ implémentation



Conséquences

- **Réserves / ajustement de valorisation**
 - ☐ Booking conservateur
 - ☐ Paramètres
 - ☐ Incertitude modèle
- **Analyses de risques**
 - ☐ Grecques (coûteux : optimisation, nouveaux indicateurs locaux, stabilité)
 - ☐ macros (VaR et Stress Tests)
 - FR choqués : modélisables? Historiques? Comportement particulier?
 - Déformations violentes => pb de calibrage, domaine de validité du modèle
 - Pricer industriel
 - Temps de calcul (optimisation, proxy, interpolations,...)
 - ☐ Risque de contrepartie (proxy conservateur)



Fin

Questions ?