

Cette publication est éditée par la société Optimind, 75 bd Haussmann, 75008 Paris.

Également disponible sur :  
[www.optimind.fr](http://www.optimind.fr)

## Sommaire

Contexte et Solvabilité II	1
Les modèles internes dans Solvabilité II	2
Le stochastique appliqué aux modèles internes	3
Les pistes d'amélioration et de réflexion	5
Conclusion	7

# Solvabilité II et les modèles internes

## Le Stochastique au service des Modèles Internes



La réforme européenne « Solvabilité II » sur les nouvelles normes de solvabilité est déterminée à être ambitieuse au moins à deux égards: son périmètre d'application et les moyens techniques à envisager. Le débat largement entamé à ce jour sur les formules standard et les modèles internes, principalement sur la manière de les mettre en oeuvre au niveau national, n'est pas tranché, il est cependant probable que les modèles internes seront largement présents dans la réforme, et qu'ils constituent une formidable opportunité pour les assureurs, grâce notamment à la mise en oeuvre des techniques sous-jacentes aux modélisations, en particulier les modélisations stochastiques. Les défis sont réels pour les professionnels et experts concernés mais pas forcément là où on les attend !

Christophe Eberlé, Actuaire associé, Président d'Optimind

## Contexte de Solvabilité II

❖ La réforme de la réglementation européenne sur les nouvelles normes de solvabilité est très nettement engagée, dans un cadre global « Solvabilité II », sur les traces de la réforme bancaire « Bâle II ». Les réflexions en cours et travaux d'analyses relatifs à cette réforme sont assurés au sein du CEIOPS, comité européen réunissant les autorités de contrôles des 25 pays associés. Les études en cours visent à mieux cerner les contours d'une formule standard d'évaluation du capital requis de solvabilité, le SCR (voir encadré ci-contre), et la méthode de détermination des besoins en capital minimum, MCR.

Selon l'idée que la marge de solvabilité correspond aux fonds propres économiques, c'est-à-dire **la différence entre les actifs et les engagements de passifs**, évalués sur la base d'une vision cohérente avec les valeurs de marché, l'idée phare de Solvabilité II dans la recherche des besoins de couverture de la solvabilité des assureurs est **la mise en oeuvre d'une probabilité de ruine** à moins de 0,5 %, niveau de sécurité retenu dans le cadre des modèles internes du projet Solvabilité II.



Outre l'approche purement technique, la robustesse du modèle, sa stabilité mais aussi sa capacité à évoluer selon les besoins sont des conditions nécessaires pour une compréhension par le marché, c'est-à-dire le régulateur, les assurés et les actionnaires, de la solvabilité d'une compagnie. Un vaste débat s'est installé sur l'utilisation de modèles internes ou d'une formule standard pour la détermination des principaux ratios de solvabilité. Chaque système comporte ses avantages et inconvénients, nous démontrerons

cependant que la voie des modèles internes est incontournable à terme pour les assureurs. Les modèles internes constituent la seule manière d'intégrer l'exact fonctionnement de leurs portefeuilles dans la détermination de leur marge de solvabilité.

Rappelons que la réforme « Solvabilité II » est organisée sur trois piliers, les modèles internes appartenant principalement au périmètre du pilier 1, et accessoirement à certains égards au périmètre du pilier 2 :

- pilier 1 : exigences quantitatives - mesures des besoins de marge de solvabilité
- pilier 2 : contrôles internes, gestion des risques et principes de gouvernance
- pilier 3 : informations et rapports au marché (public et contrôle)

Les résultats de la deuxième étude d'impact, QIS 2, menée par le CEIOPS ont été analysés et présentés par l'ACAM en novembre 2006, disponible sur [www.acam-france.fr](http://www.acam-france.fr). Les acteurs français ont participé activement à cette étude, puisque 71 organismes, dont principalement les plus grands, ont coopéré. QIS 2 a permis de mettre en évidence des questions de modélisation et de paramétrage importantes mais les impacts réels n'ont pas pu tous être mesurés. QIS 3 sera l'occasion en 2007 de formaliser plus précisément les impacts d'une éventuelle formule standard et son paramétrage.



## Les modèles internes dans Solvabilité II

❖ Pour satisfaire à cette contrainte d'évaluation des besoins en capital, deux modes, a priori opposés, sont à l'étude : la formule standard et les modèles internes.

Dans le premier cas, un ensemble de calculs simplifiés reposant sur des données comptables et des indicateurs connus, permettent d'établir un besoin

minimum de capital, admis comme relativement arbitraire. Outre l'aspect forfaitaire de la méthode qui est discutable et l'absence de prospective, le problème des différences réglementaires d'évaluation des provisions techniques d'un pays à l'autre risquent de rendre l'idée d'une solvabilité européenne complètement inégale, et donc inapplicable en pratique.

L'autre voie, celle des modèles internes, est bien plus complexe à mettre en oeuvre. L'idée de départ est néanmoins simple et pragmatique : la réalisation de modélisations personnalisées et globales des portefeuilles d'assurances à travers la prise en compte des passifs, des actifs, et surtout de leurs interactions respectives. Le besoin en capital pour la solvabilité peut alors s'apprécier directement à la lecture des résultats générés par le modèle. Ces modèles peuvent être envisagés complètement libres ou structurés par branche de risques. Ce dernier concept généraliserait l'utilisation de méthodes de place et de techniques actuarielles, et ceci pour chaque famille de produits d'assurances, pour en faire des benchmarks de marché en assurant une homogénéité des hypothèses et des résultats, tout

“  
faire  
des benchmarks  
de marché

”

en respectant leur unicité en terme de paramétrages. Une des idées de la réforme avec les modèles internes est de pouvoir piloter le besoin en capital prospectivement et dynamiquement selon la réalité de fonctionnement des portefeuilles d'assurances et non plus annuellement et de façon statique. Le but est d'éviter le caractère forfaitaire, voire arbitraire d'une formulation trop simpliste.

Le CEIOPS, Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors, conçoit les « Quantitative Impact Studies (QIS).

Pour plus d'informations, le site du CEIOPS (CECAPP en français) à : <http://www.ceiops.org>



## Le stochastique appliqué aux modèles internes

Les modèles internes utiliseront dans le cas général, et sauf particularités à justifier, les techniques de simulations et de modélisations stochastiques. Entendons par le terme « stochastique » l'utilisation

de tirages aléatoires respectant des lois de probabilité et permettant d'obtenir une distribution des résultats et ainsi de représenter le plus fidèlement possible la réalité des risques souscrits, les passifs, et leurs interactions avec les investissements financiers

liés, les actifs, directs ou sous-jacents. Le modèle interne n'est rien d'autre qu'une traduction littérale et quantitative de la réalité d'un ensemble de risques assurés, susceptible de tenir compte de la volatilité des phénomènes étudiés. Processus de production inversé, l'assurance doit utiliser les processus aléatoires pour envisager une réalisation prospective des risques. Un seul tirage constitue la réalisation d'un chemin possible, une multitude de tirages aléatoires, processus de Monte-Carlo, livre un ensemble de chemins représentant le domaine des possibles, la probabilité des résultats est alors déterminée par sa fréquence d'apparition. La modélisation stochastique appliquée aux risques d'assurance est relativement récente dans l'histoire de l'actuariat et de la gestion du risque. Traditionnellement appliquées aux risques financiers, les techniques stochastiques sont utilisées depuis quelques années seulement pour l'étude des passifs d'assurance. Les modèles habituels de gestion « Actif / Passif », dit ALM, utilisent les techniques stochastiques à l'actif et généralement une approche déterministe au passif. Un modèle interne satisfaisant est un modèle utilisant les techniques stochastiques à l'actif et au passif : l'interdépendance des aspects financiers avec les risques d'assurance est telle que seule l'utilisation conjointe de plusieurs modèles stochastiques assurera une efficacité réelle aux modèles internes.

Différentes  
approches  
calculatoires

Les calculs de type « Fixed Ratio ». Ce principe simple de calcul vise à utiliser les éléments disponibles au bilan des compagnies et par quelques simples opérations à déterminer le niveau de capital minimum. En France, on utilise comme référentiel les provisions mathématiques en vie et les sinistres / primes en non vie.

Les calculs de type « Risk Based Capital ». La méthode RBC consiste à définir des types d'actifs, à pondérer leur valeur selon les risques sous-jacents, et de la même manière au passif de dissocier les classes de risques pour leur appliquer un besoin de marge adapté. Le besoin en capital correspond à la somme des besoins des différentes branches. D'éventuels ajustements liés à la dépendance d'une branche par rapport à l'autre sont réalisés (covariance).

Les calculs issus de modèles dynamiques. Il s'agit de nouvelles méthodes de détermination d'un besoin de capital, utilisant une modélisation adaptée et précise des risques étudiés. Ces modèles peuvent être déterministes, basés sur plusieurs scénarios, ou dans l'idéal stochastiques. Les modèles internes envisagés dans Solvabilité II appartiennent à cette classification. Ces modèles de calculs peuvent être à plusieurs niveaux des plus performants mais aussi les plus complexes et sont basés sur des processus de décisions dynamiques.

## De l'évaluation déterministe à l'évaluation dynamique stochastique

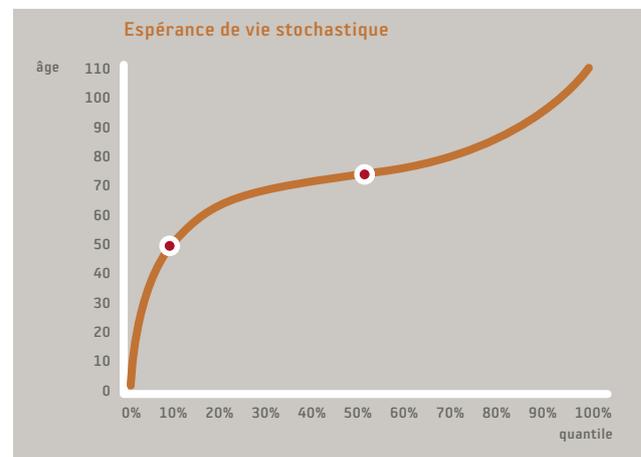
...✚ L'évaluation déterministe d'un risque d'assurance utilise la valeur moyenne comme base du scénario le plus probable. Les informations disponibles à l'issue d'une évaluation déterministe sont en général les statistiques standard, moyenne et écart-type.

L'évaluation dynamique de ce même risque, par une approche stochastique, est en théorie basée sur les mêmes données qu'une approche déterministe. Cette évaluation utilise une ou plusieurs variables aléatoires comme base de définition d'un ensemble de scénarios possibles, conduisant à un modèle probabiliste dont les paramètres sont basés sur les mêmes statistiques que l'évaluation déterministe. Le caractère stochastique, révélant un grand nombre de chemins de réalisation du risque, dessine selon les propriétés de la théorie de « Monte-Carlo » une loi de distribution de la variable indicatrice choisie : ce résultat est alors considérablement plus riche et porteur d'informations qu'une moyenne et un écart-type.

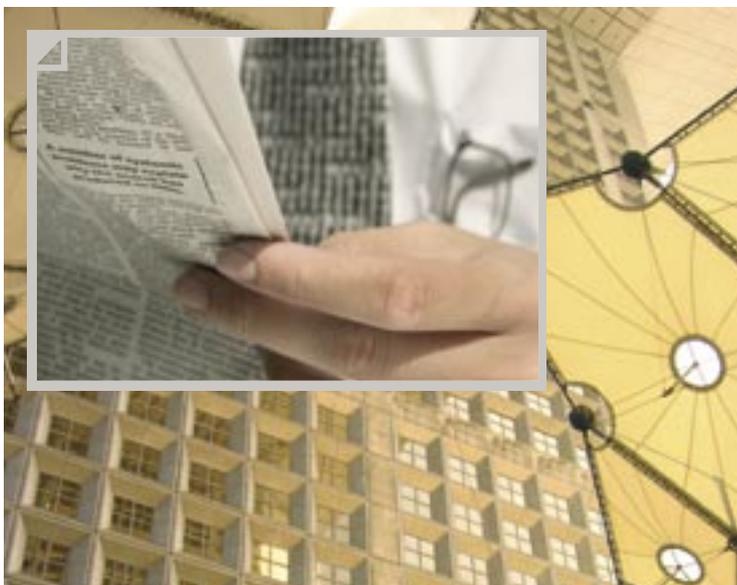
### La gestion des risques en 3 dimensions

Les valeurs obtenues à l'issue d'une modélisation stochastique permettent ainsi une analyse plus riche et plus robuste que la vision déterministe, une vision complète en trois dimensions, la 3D du risque :

- Première dimension : la vision moyenne, c'est celle que l'on obtient lors d'une approche déterministe,
- Deuxième dimension : la vision en profondeur, c'est la distribution des valeurs qui indique la réalité de la répartition du risque.
- Troisième dimension : la vision des extrêmes, dite également des « queues de distribution », c'est à dire le comportement de la distribution et de sa volatilité sur les valeurs limites de la variable observée. Cette vision apporte une réponse, pas toujours complète, aux incertitudes liées aux scénarios extrêmes.



## De la formule standard au modèle interne : l'intégration de la réalité des risques



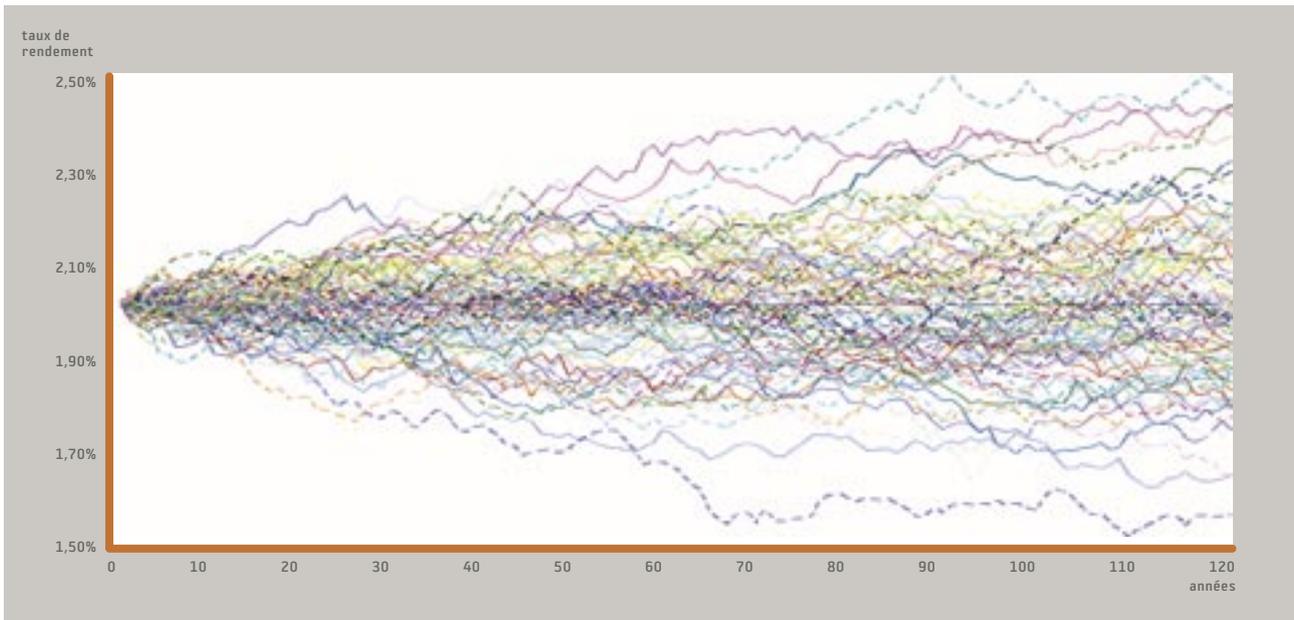
...✚ Outre une représentation pertinente du passif, la mise en oeuvre d'un modèle interne implique aussi l'intégration des actifs de la compagnie et de sa réassurance. Les techniques et leurs utilisations sont mieux maîtrisées, et ceci depuis longtemps : il est traditionnel en gestion d'actif d'utiliser les techniques stochastiques. Cependant, la difficulté revient à réussir la liaison entre plusieurs modèles dynamiques Passif et Actif pour que la cinématique réelle de fonctionnement de la compagnie d'assurance soit restituée.

Pour l'évolution d'un taux de rendement, dit «sans risque» correspondant au taux de base des marchés financiers, les modélisations utilisent habituellement un modèle de «Vasicek», de «Cox Ingersoll Ross» ou encore celui de «Heath Jarrow Morton».

L'addition de modèles aléatoires, passifs et actifs, engendre une complexité significative dans la compréhension d'évolution de certains paramètres ; il est alors recommandé de

ne pas hésiter à se positionner dans une vision déterministe, sans processus aléatoire, pour comprendre la structure générale du modèle et sa variabilité aux différentes hypothèses.

Concernant la réassurance, il est indispensable dans le cadre des modèles internes de Solvabilité II de modéliser son fonctionnement et ses conséquences en terme de besoin de capital et de marge.



## Les pistes d'améliorations et de réflexions

❖ Les nombreuses réflexions actuelles, liées à la mise en oeuvre d'une nouvelle réglementation européenne en matière de solvabilité conduisent à une évolution très positive des connaissances scientifiques des professionnels, de leur maîtrise des techniques existantes. Les régulateurs, les assureurs et l'ensemble de la profession bénéficient de la réforme Solvabilité II notamment en maîtrisant progressivement les techniques de modélisation les plus récentes nécessaires à une gestion des risques

globale. Concernant les actuaires, cette évolution est très visible et devrait continuer sur le même rythme ; pour preuve, ces deux dernières années, le grand nombre de mémoires d'actuariat qui traitent des modélisations de passif.



**En France, L'Institut des Actuaires regroupe un peu moins de 2000 actuaires, dont 16 % exercent en conseil. Les normes européennes, dont Solvabilité II, constituent un des chantiers les plus stratégiques pour la profession.**



## Les compétences

❖ Des constatations précédentes, outre l'évolution de la matière scientifique, un autre facteur positif est constaté : une meilleure formation des experts, et une mise à niveau de leurs connaissances dictée par la réglementation. L'évolution des règles de gestion des risques incite les compagnies et leurs collaborateurs mais aussi leurs conseils, à mettre à jour leurs bases de connaissances. Ce processus est actuellement en cours, et nous pouvons constater que toutes les sociétés n'ont pas les mêmes niveaux de qualification en la matière. Le législateur, les dirigeants mais aussi les formateurs doivent à ce titre, et c'est leur responsabilité, veiller à ce que les investissements nécessaires soient réalisés.

## Les systèmes d'informations

❖ Pierre angulaire de la matérialisation d'une réglementation comme Solvabilité II et des modèles internes, les systèmes d'informations doivent être au centre des préoccupations des assureurs. En effet, et c'est là un domaine que nous avons pu vérifier souvent lors de nos interventions, les systèmes d'informations modernes ne réunissent actuellement que dans de rares cas les conditions nécessaires et suffisantes pour assurer la mise en oeuvre de modèles internes industrialisés : stabilité dans le temps, infocentrisés

et historiques normalisés, finesse et qualité des informations disponibles, robustesse aux évolutions réglementaires et opérationnelles. Le volume des investissements à réaliser sur ces aspects est sans nul doute au moins équivalent à ceux nécessaires à la mise en oeuvre de la pratique des modèles internes, voire certainement beaucoup plus élevé.

Un certain nombre de professionnels stigmatisent les modèles internes dynamiques du fait de leurs besoins de ressources pour la réalisation des calculs sur de nombreux

tirages. Frein aux développements des techniques stochastiques, les temps de calculs sont un argument à la simplification des modèles. Il est désormais nécessaire que la profession actuarielle, et les experts associés à ces travaux, notamment les informaticiens, aient une vision industrielle de la problématique

des modélisations dynamiques. Dans cet esprit, une réponse pragmatique aux problèmes des temps de calculs est la mise en série de plusieurs ordinateurs à travers des techniques dites de «Grid Computing», de calculs distribués sur plusieurs machines.

Lors d'une de nos missions, la complexité du modèle mis en place et développé au sein d'un environnement logiciel compilé en mode natif, c'est-à-dire très performant, impliquait une centaine d'heures de calcul pour un jeu de simulation. Ayant besoin de plusieurs dizaines de jeux, la solution mise en oeuvre par nos actuaires et nos informaticiens a été de distribuer les calculs sur une vingtaine de postes de travail à l'aide d'une fonction logicielle de calculs partagés. L'avenir technique des modélisations stochastiques sera forcément lié à cette stratégie.

Un autre choix déterminant à faire pour les compagnies dans le cadrage d'un projet de modélisation est le type de solution logicielle à retenir : externe sur la base des solutions proposées par des éditeurs, ou interne avec les outils existants ou dans le cadre d'un nouveau projet informatique. On constate que dans l'ensemble du projet de mise en oeuvre d'un modèle interne, les étapes d'implémentation logicielle ne sont finalement qu'un simple maillon de la chaîne du projet, déterminant mais non suffisant (voir l'encadré ci-après).

“  
les étapes  
d'implémentation  
logicielle ne sont  
finalement  
qu'un simple  
maillon de la chaîne  
du projet  
”

## Déploiement d'un modèle interne : **Etapes opérationnelles**



## Le contrôle

→ Un problème de mise en œuvre pratique des modèles internes reste leur homologation par les autorités de contrôle, l'ACAM en France. En effet, les moyens disponibles ne sont pas suffisants pour envisager que chaque modèle de chaque compagnie soit analysé en détail et validé, ceci dans le cadre d'un processus de suivi dans le temps du modèle. Cet aspect doit être suffisamment anticipé, avec de bonnes réponses, afin que le régulateur ne soit pas contraint de limiter le champ de la réforme lors des transpositions nationales de la directive :

- La mise à disposition auprès des autorités de contrôle de moyens élargis et suffisants leur permettant de réaliser leurs missions d'homologations et de suivi des modèles internes des compagnies. La mise en œuvre de «Guidelines» spécifiques par l'autorité de contrôle permettrait de réduire les moyens humains à affecter.
- La standardisation des modèles internes par type de branches de risque.
- Dernière piste, comme pour la certification des tables de mortalité et d'invalidité, les autorités de contrôle pourraient déléguer la charge de certification des modèles internes des compagnies aux conseils, experts et actuaires indépendants.

## Les « autres » risques

❖ Les modèles internes les plus complets n'intègrent pas en général dans leur périmètre d'autres risques bien réels qui impactent aussi la probabilité de ruine de la compagnie comme par exemple les ris-

ques opérationnels traditionnels d'une société (management, fraude, incendie, ...) ou encore la prise en compte des structures de groupe, filiales étrangères notamment.

## Le « libre » choix

❖ N'oublions pas que les réflexions actuelles du CEIOPS sont orientées sur un choix offert aux compagnies : l'utilisation de la formule standard ou la mise en oeuvre d'un modèle interne. La première option conduirait les compagnies à baisser leurs coûts d'application de la directive mais devrait logiquement induire des coûts en terme de besoins en capital bien supérieurs que ceux obtenus avec un modèle inter-

ne. La bonne stratégie sera donc pour les assureurs de mettre en relation les deux options et de déterminer celle qui leur sera le plus bénéfique. Espérons néanmoins que l'idée « d'option bénéfique » ne se limite pas à un bénéfice économique mais intègre le bénéfice d'une meilleure gestion des risques ; mieux encore, qu'une meilleure gestion des risques puisse financièrement être avantagée par la directive.

## Conclusion

❖ Les investissements financiers à réaliser sont considérables et nous pouvons comprendre la difficulté que certains organismes peuvent avoir à les réaliser. Cependant, il est désormais temps que les compagnies puissent constater des rendements marginaux croissants de leur production grâce à leur système de gestion, si la logique informatique est respectée, et ainsi accorder une partie de leur frais de gestion opérationnelle, enfin, à une gestion des risques, autre fondamental attendu de leur métier. N'oublions pas que la mise en oeuvre des techniques

de modélisations stochastiques au sein des compagnies n'est finalement pas un sujet strictement lié à la réglementation en matière de Solvabilité : c'est également une formidable impulsion pour une meilleure maîtrise dynamique des risques d'assurance. Dans quelques années, gageons que les modèles internes mis en place par les compagnies serviront principalement à leur gestion quotidienne des risques et accessoirement aux obligations réglementaires de solvabilité ; ceci est d'ailleurs un des souhaits du projet de la directive Solvabilité II.

optimind ::

### Qui sommes-nous ?

Société d'actuariat conseil et d'ingénierie métier en systèmes d'information, Optimind est un interlocuteur de référence pour les assureurs, mutuelles, banques et grandes entreprises qui souhaitent un partenaire métier les accompagnant dans leurs projets.

Professionnalisme, technicité, disponibilité et déontologie sont les valeurs clefs qui animent la trentaine d'actuaire, ingénieurs et consultants d'Optimind.

Optimind est organisée en trois pôles de services pour les institutionnels et les grandes entreprises : l'actuariat conseil, l'assistance à maîtrise d'ouvrage et l'édition logicielle.

Concepteur de valeur ajoutée  
Actuariat & systèmes d'information

**Optimind**  
75 bd Haussmann  
75008 Paris  
T / 01.42.68.50.65  
F / 01.42.68.50.66

[www.optimind.fr](http://www.optimind.fr)