

N° 2987

ASSEMBLÉE NATIONALE

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

TREIZIÈME LÉGISLATURE

Enregistré à la présidence de l'Assemblée nationale  
le 24 novembre 2010

N° 140

SÉNAT

SESSION ORDINAIRE DE 2010 - 2011

Enregistré à la présidence du Sénat  
le 30 novembre 2010

OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION  
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

RAPPORT

*sur*

LES APPORTS DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
À L'ÉVOLUTION DES MARCHÉS FINANCIERS

*Compte rendu de l'audition publique du 14 octobre 2010  
et de la présentation des conclusions, le 17 novembre 2010*

Par M. Claude Birraux, Député.

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale  
par M. Claude BIRRAUX,

*Président de l'Office*

Déposé sur le Bureau du Sénat  
par Mme Brigitte BOUT  
et M. Daniel RAOUL,

*Sénateurs*

*« Diffusion de l'information et facteurs psychologiques sur les marchés »*

**M. Olivier Oullier, enseignant-chercheur en neurosciences, Laboratoire de psychologie cognitive, Université de Provence.** Après ces présentations qui ont porté sur des évolutions techniques impressionnantes, je vais traiter du système le plus élaboré et le plus complexe que l'homme ait pu créer, à savoir l'homme lui-même. De par ma formation et mon domaine d'activité, mon propos sera principalement centré sur ce que John Maynard Keynes appelait les « esprits animaux », dans sa Théorie générale de l'emploi de l'intérêt et de la monnaie publiée en 1936, et que nous qualifions aujourd'hui de facteurs humains ou comportementaux.

Parmi les facteurs et les acteurs qui participent au comportement du marché, se trouvent des êtres humains. Des humains, avec leur personnalité, leurs émotions, leurs faiblesses, leur histoire, et leur futur. Ces humains interagissent en permanence avec un environnement physique et social qui va grandement participer à l'émergence de leur comportement et jouer un rôle prépondérant dans leurs décisions.

Les humains ont quelques traits communs avec les marchés. Le principal est qu'ils constituent des systèmes complexes, auto-organisés, c'est-à-dire qu'ils peuvent adopter certains comportements et être organisés sans qu'il n'y ait, pour autant, l'intervention d'un tiers prescripteur. Les comportements du marché, comme des humains, ne sont donc pas uniquement le fruit d'une réaction à des informations exogènes, mais résultent aussi d'une dynamique endogène, que l'on peut contraindre, mais difficilement contrôler. On observe, ainsi, une succession d'états, (plus ou moins) stables et de transitions de phases, abruptes, entre ces états. Une perspective relativement éloignée des modèles d'efficience en vigueur puisque le tout agrégé, n'est pas forcément supérieur, mais différent, de la somme des parties. De fait, quand bien même connaîtrions-nous le comportement de chaque composant (individu ou machine) qui intervient dans un marché, il nous est impossible d'en déduire, selon des relations directes, linéaires et univoques, le comportement d'ensemble résultant de leurs interactions.

Dès lors, il est légitime de se demander si, face à de telles propriétés, l'étude du comportement humain peut éclairer les travaux en finance. Mon sentiment - et je suis loin d'être le seul à le penser - est qu'il le faut. Pourquoi ? Parce qu'en dépit des propriétés que je viens d'énoncer, le comportement d'un individu isolé, ou d'un groupe d'individus, peut déstabiliser une institution, voire faire fluctuer un marché. Les exemples sont légion. Pensez aux conséquences de l'affaire de la Société Générale et à ses répercussions au niveau des taux d'intérêt de la Réserve Fédérale Américaine. Quid du flash crash du 6 mai dernier, ou de Steven Noel Perkins, sous l'emprise de l'alcool, qui, au matin du 30 juin 2009, fut, à lui seul, au cœur de transactions avoisinant 30% de la production totale des pays exportateurs de pétrole, participant à une augmentation record du prix du baril. Sans oublier, les *fat fingers* : en 2001, un *trader* de chez UBS a fait perdre à sa banque près de cent millions de dollars après avoir vendu six cent dix mille actions à six yens alors qu'il cherchait à vendre seize titres à six cent mille yens. Ou encore, l'exemple survenu, il y a quelques jours, quand une faute de frappe a déstabilisé le marché de l'aluminium. La liste est longue.

Mon propos n'est pas de dire que ces actes « manqués », au sens premier du terme, sont les responsables uniques de telle ou telle situation, mais qu'ils font partie des éléments participant à la déstabilisation des marchés financiers. C'est pourquoi l'économie et la finance comportementales, portées par des pionniers tels Richard Thaler, Daniel Kahneman ou encore Robert Shiller, connaissent un réel engouement. Ces disciplines étudient les « forces irrationnelles » qui sont au cœur des comportements économiques et financiers : les erreurs de jugement systématiques, l'excès de confiance, l'illusion monétaire, l'aversion à la perte, le souci d'équité, la réciprocité, l'imitation, le mimétisme, la peur, la panique, la contagion émotionnelle, etc. Au-delà de la recherche académique, nombre d'institutions publiques et privées, comme, par exemple, le Forum Economique Mondial et son *Global Agenda on Decision Making and Incentive Systems*, auquel j'appartiens, sollicitent l'éclairage des sciences comportementales et du cerveau, comme complément des théories et outils traditionnellement employés en finance.

La finance comportementale a donc pour objet d'étudier, non pas les modèles en vigueur, mais le fonctionnement réel de la finance. Il ne s'agit pas de s'intéresser à la finance telle qu'elle est (ou a été) décrite, par la plupart des experts : des marchés efficients, capables de s'autoréguler avec, en leur sein, des individus faisant des choix rationnels. Elle porte, plus précisément, sur les comportements qui s'écartent de la rationalité, telle qu'elle est envisagée dans les sciences économiques, ce qu'il est d'usage d'appeler des « anomalies ». Mais n'est-ce pas un paradoxe que de qualifier d'anomalie un comportement qui n'est pas économiquement rationnel, qui est influencé par des interactions sociales, et dans lequel les émotions peuvent jouer un rôle non négligeable ? Car, tout ceci n'est en fait qu'un comportement banal, dès lors que l'on n'est plus dans la sphère économique ou financière mais dans la vraie vie. Ne devrait-on pas, plutôt,

considérer la théorie standard, elle-même, comme une anomalie, plutôt que de qualifier ainsi le vrai comportement des individus ?

Toutes ces problématiques, nous les étudions avec des méthodologies d'enregistrement du comportement, tels que le mouvement des yeux, le temps de réaction, la réaction électrodermale, les pulsations cardiaques, l'estimation de l'activité du cerveau à travers des expériences de laboratoire, certes, mais également de terrain, pour d'autres. Tout un ensemble de travaux est réalisé avec ces méthodologies, afin d'espérer apporter des éclairages nouveaux sur la façon dont les acteurs du monde financier vont prendre des décisions, comment les biais psychologiques les affectent ou encore en essayant de comprendre comment l'information est prélevée et utilisée. Mais le peut-on vraiment quand l'échelle temporelle des opérations est désormais de l'ordre de la micro, voire de la nanoseconde ?

Citons, par ailleurs, l'expérience *in vivo* réalisée par une équipe de Cambridge qui a enregistré les variations hormonales de *traders*, pendant une journée de travail, et corrélé ces données d'endocrinologie avec la volatilité du marché. Les résultats montrent qu'un *trader*, avec un fort taux de testostérone, a statistiquement plus de chances d'avoir de bons résultats en fin de journée. Les médias n'ont généralement communiqué que sur cette partie des résultats de l'article scientifique. La conséquence a été une recrudescence de prise de testostérone exogène chez les *traders*, puisqu'ils ont lu qu'avec un haut taux de testostérone en début de journée, ils finissaient par avoir de bons résultats. Cet aspect rejoint une autre préoccupation que nous avons abordée lors de ma précédente audition par l'OPECST dans le cadre de la préparation de la révision des lois de bioéthique : l'utilisation des données de neurosciences hors des laboratoires de recherche scientifique et médicale.

Dernier point sur lequel des travaux de recherche sont réalisés : les questions d'addiction. En ce qui concerne les acteurs des marchés financiers, il est possible de distinguer deux niveaux. Tout d'abord, les addictions dites « sans substance ». Elles sont plus liées au goût et à la prise de risque, faisant que la personne travaillant dans un environnement extrêmement stimulant et stressant, va avoir certains comportements de dépendance ou, tout du moins, de pratique excessive, et donc, devenir « addict » au « jeu » que représentent les opérations financières. Ensuite, il y a la recrudescence de la prise de stupéfiants et le changement de comportement. Il fut une époque, où la prise de drogue pouvait être qualifiée de « sociale », dans ce sens où son but premier n'était pas vraiment d'améliorer la performance professionnelle. Aujourd'hui, cela s'apparente plus à du dopage, comme dans le sport. La prise de cocaïne, par exemple, sans que je ne la recommande ni ne l'approuve, permettrait, pour certains, d'avoir un niveau de vigilance plus élevé, de moins dormir, et donc d'être plus actif pendant un certain temps. Les conséquences sont pourtant dramatiques à la fois pour l'homme et pour

le système, si des actes inconsidérés sont réalisés, une fois qu'il y a accoutumance, et que tous les biais sont renforcés, voire exacerbés, notamment l'excès de confiance. Ces pratiques se répandent tellement que, notamment en Suède, des contrôles anti-dopage sont réalisés au moment du recrutement de certains acteurs de la finance, mais aussi des contrôles inopinés pendant le travail, pour essayer d'éviter des dérives qui sont dues à la prise de stupéfiants.

Pour en finir avec cette première partie de mon intervention, ne vous méprenez pas, je ne pense pas que les sciences comportementales constituent le remède à tous les problèmes évoqués aujourd'hui. Toutefois, ne pas les convoquer plus fréquemment en finance, comme complément nécessaire aux théories et outils en vigueur, constituerait assurément une erreur.

chambres de compensation, mais également, les conséquences de la faillite de la chambre de compensation elle-même. Celle-ci peut, en effet, être catastrophique, puisque ces chambres de compensation ont pour mission essentielle de concentrer, sur elles, l'ensemble des risques de règlement de marchés.

### **Débat.**

**M. Claude Birraux.** M. Olivier Oullier va nous dire comment voir, ou traiter, les *traders* compulsifs.

« *L'apport des sciences comportementales en finance* »

**M. Olivier Oullier.** Pas uniquement les *traders*, même si les médias s'intéressent beaucoup plus aux *traders* qu'aux autres acteurs de la finance. Ce qui nous intéresse, c'est l'ensemble des individus qui vont participer aux décisions financières, quels que soient leurs niveaux et leurs fonctions.

Au moment de l'affaire de la Société Générale, début janvier 2008, avec Erwann Michel-Kerjan de la Wharton School à Philadelphie, nous avons publié un édito, dans un grand quotidien français. Plutôt que de nous focaliser sur les réactions cérébrales du *trader* en question, qui avait fait une sorte de « *master plan* », mené avec peu de succès, ce qui nous intéressait beaucoup plus, était la réaction et les prises de décision, des gens qui ont dû couvrir les positions, dans un contexte de pression peu commun, vous en conviendrez. Suite à cette publication, nous avons reçu énormément de sollicitations d'institutions, publiques et privées, nous demandant si les outils et méthodes, que nous développons, et les travaux que nous menons, en sciences comportementales et du cerveau, pourraient aider au recrutement de *traders*, ou de certaines personnes pour les *middle-* et les *back-offices*. Les demandes étaient complètement paradoxales par rapport aux comportements financiers en général, qui requièrent une capacité à gérer des risques, à traiter de l'information et à prendre des décisions, à une vitesse, que la plupart des personnes qui n'ont pas eu cette formation ne peuvent pas faire. Il nous a souvent été demandé de développer des outils, pour essayer de « fabriquer » des décideurs rationnels, des calculateurs froids, qui sauraient s'arrêter avant d'engendrer des pertes majeures.

Notre perspective rejoint celle de grands économistes, dont Alan Kirman, qui ont publié un très bel article insistant sur le fait que la crise économique et financière est, aussi, une crise des sciences économiques, et de la façon dont on doit les envisager et les enseigner.

Or, dans la formation typique des très bons *traders*, il y a une formation extrêmement poussée en mathématiques appliquées. Par contre, il apparaît que, souvent, ils ne sont en rien préparés à la gestion du stress, et aux stimulations, peu communes, offertes par l'environnement socio-professionnel, dans lequel ils vont évoluer une fois embauchés. A l'heure actuelle, rien ne permet de simuler, et donc de préparer au niveau de stress et de traitement d'information qui peut se passer dans une situation réelle de marché financier. Toutefois, rien n'empêche de s'inspirer d'autres formations de gens exceptionnels, tels que les astronautes ou les pilotes de chasse, par exemple. Ces derniers, sont entraînés à automatiser des comportements, pour décider et agir au mieux, dans certaines situations extrêmes. De fait, l'une des idées que nous sommes en train de développer est le développement d'un ensemble d'outils et de méthodes, qui permettraient d'avoir un *training* maximal, face à des situations de crise, pour les futurs professionnels de la finance.

D'un autre côté, arriver à entraîner quelqu'un à réagir à des situations types élude complètement l'une des caractéristiques principales des risques que nous rencontrons aujourd'hui : leur nouveauté et leur interdépendance. En effet, certains risques financiers et sociaux, qui vont influencer sur la finance, sont des risques que, pour beaucoup, nous n'avons jamais vécus. Par exemple, personne n'avait prévu ce qui est arrivé le 11 septembre 2001. Il était donc difficile de préparer, qui que ce soit, à gérer un tel risque. C'est pourquoi, si l'on venait à repenser la formation, il faudrait, à la fois, préparer, à la manière de ce qui est fait pour les pilotes ou les astronautes, à automatiser une certaine forme de gestion du risque extrême, mais aussi, former à prendre en compte la nouveauté, le plus efficacement possible, donc savoir gérer une part « d'improvisation fonctionnelle et efficace ». N'oublions pas de former à la gestion de la vie « normale », c'est-à-dire sans la sur-stimulation des marchés financiers. Il s'agit, j'en conviens, d'un paradoxe théorique et empirique.

L'autre point, quelque peu gênant, dans les demandes que nous avons reçues, est la vision, un peu monolithique et trop homogène, de la population des *traders*. Les médias nous parlent des *traders* en général, or on ne peut s'en tenir à une description générique. Par exemple, il existe des *traders* qui ne prennent pas énormément de risque et qui durent. Dans les échanges que nous avons avec eux, et dans l'observation de leurs actions, il apparaît que ce sont des gens qui ont tendance à vouloir que le marché soit le plus stable possible, parce que ce qu'ils ont appris de leurs outils mathématiques, fonctionne mieux quand le marché reste dans le cadre de ce qui a pu leur être enseigné. La vision du *trader* un peu hors de contrôle, le fameux « *rogue trader* » en anglais, est extrêmement tenace, car ce sont d'eux dont on parle le plus alors qu'ils sont minoritaires.

Il y a aussi la question du contrôle, le problème de la personne qui prendrait ces positions, et de celles en *back-office*, qui n'ont peut-être pas le même niveau de compétence, et de rémunération, que le *front office*, et ne peuvent arriver véritablement à faire le travail qui leur est demandé.

Et *quid* des liens psychologiques et sociaux entre le fait que le bonus du back-office peut dépendre aussi de ce que fait le *front office* ? Cela renforce la hiérarchie qui existe déjà entre les deux. De fait, dans la relation qu'ils peuvent avoir, ce n'est pas forcément aussi rationnel, objectif, et simple, que vous le présentez. Loin de moi l'idée de faire un amalgame. Ce n'est pas du tout les mathématiques *versus* le comportement. Mon propos est, seulement, de dire qu'une meilleure compréhension du comportement des personnes, intervenant sur les marchés financiers, quel que soit leur niveau d'intervention, peut être une valeur ajoutée, non négligeable, pour la régulation comme pour les institutions.

**M. Charles-Albert Lehalle.** Il ne faut pas sans cesse faire l'amalgame, en pensant que parce que les choses vont vite, on n'est pas capable de les contrôler. On sait envoyer des fusées, on sait contrôler des processus qui vont à 50 000 Hz. On ne conduit pas une voiture en pédalant. La technologie est là pour aider à surveiller.

**M. Olivier Oullier.** La vitesse à laquelle les informations arrivent lorsque vous conduisez une voiture n'a rien à voir.

**M. Charles-Albert Lehalle.** Quand il s'agit de contrôler la combustion dans le moteur d'une voiture, c'est toutes les 2  $\mu$ secondes.

**M. Olivier Oullier.** Je parle de l'humain qui contrôle. Vous ne contrôlez pas la combustion de votre voiture.

**M. Charles-Albert Lehalle.** Justement, il y a des machines pour cela.

**M. Claude Birraux.** Très brève intervention de M. Jean-Pierre Kahane s'il vous plaît.

**M. Jean-Pierre Kahane.** J'ai trouvé les dernières communications très intéressantes pour décrire les outils dont nous pouvons disposer, en ce qui concerne l'analyse des marchés financiers, comme de la psychologie des *traders*. Mais il m'a semblé que l'optique était d'améliorer le système, et non pas du tout de le changer : améliorer le comportement des *traders*, améliorer le métier, éviter les systèmes de dominos... Et je vois que dans la critique qu'il fait du système, Stiglitz va bien au-delà. Il autorise les systèmes de dominos, il autorise les faillites, il recommande qu'on laisse les banques faire faillite, puisque les actionnaires profitent des profits des banques, et quand les banques font faillite, les actionnaires n'ont qu'à payer, et à ce moment-là, sont remplacées par les obligataires, qui deviennent les propriétaires des banques. Il y a une direction qui est dessinée par Stiglitz, dont je n'ai absolument pas entendu parler ici.

**M. Marcel-Eric Terret.** Je profite de l'intervention de M. Jean-Pierre Kahane pour présenter la différence de philosophie entre la réglementation européenne et la réglementation américaine. Stiglitz, malgré toutes ses qualités, est un Américain, qui raisonne dans le cadre d'un système dans lequel l'État est le dernier garant de la stabilité des marchés financiers. Et pour cause, le taux de pression fiscale aux Etats-Unis n'est que de 25%. Malgré son très fort endettement, il est toujours possible d'augmenter les taxes sur le carburant, pour pouvoir couvrir le déficit budgétaire américain. En revanche, en Europe,

l'approche que nous avons eue, à la fin des années quatre-vingt-dix, était une situation dans laquelle nous avons un taux de prélèvements obligatoires beaucoup plus élevé, et dans lequel la plupart des États européens n'ont plus les marges financières suffisantes pour pouvoir intervenir en tant que dernier garant. C'est la raison pour laquelle nous en sommes réduits à faire des améliorations, et non pas des solutions de fond. Effectivement, aux États-Unis, on peut se permettre d'avoir des faillites en chaîne, parce que l'État va repêcher cela. En revanche, en Europe, on ne peut pas se permettre cela, sinon c'est le scénario grec, ou le scénario irlandais, qui risque de se reproduire.

**M. Rama Cont.** Il y a une question de fond qui est mal posée. Et je reviens à une phrase que vous avez dite lors de votre intervention : il n'y a pas d'étude sur l'utilité sociale de certains mécanismes de marché. Il ne peut pas y avoir d'études académiques simples sur l'utilité sociale. Les études académiques vont vous dire si tel ou tel mécanisme de marché va augmenter ou diminuer la liquidité par exemple. Mais la question de fond, c'est : est-ce que l'objectif est d'augmenter la liquidité ? La liquidité de marché est-elle une fin en soi ? Ou est-ce qu'il y a une liquidité minimale qui est nécessaire au fonctionnement du financement des entreprises, et au-delà de laquelle c'est un luxe, dont on n'a pas besoin, et qu'on pourrait sacrifier, pour gagner sur d'autres terrains ? Je pense que c'est une question de fond qui a été derrière toutes ces interrogations, que j'ai entendues à la fin de la table ronde. C'est une vraie question.

**Mme Alexandra Givry.** Effectivement, pour l'instant, on n'a même pas la réponse à la première question qui est de savoir si, vraiment, cela améliore la liquidité.

**M. Rama Cont.** Même si certains mécanismes augmentent la liquidité, ce n'est pas forcément une utilité sociale. Je ne vois pas cela comme une utilité sociale. On est en train de raisonner en vase clos, sur un marché financier, sans parler de l'interaction de ce marché financier avec la macroéconomie. Toutes les questions de risque systémique, qui expliquent qu'on soit là aujourd'hui, découlent du fait que ce n'est pas un vase clos, ou un système fermé. Il interagit avec le crédit et avec l'économie réelle. Cela n'a pas été débattu ici. C'est plus large que le sujet d'aujourd'hui.

**M. Claude Birraux.** Présentez-nous votre synthèse, M. Rama Cont.

## SYNTHESE ET CONCLUSION

**M. Rama Cont.** Je vais me focaliser, de nouveau, sur le titre de la journée. Quels sont les apports et les impacts des sciences et des technologies sur l'évolution des marchés financiers ? On a beaucoup parlé d'impact et peu des apports. Les exposés ont cité, entre autres, les infrastructures informatiques et l'automatisation des échanges, qui jouent un rôle croissant ; les plateformes de *trading* en ligne ; les automates de *trading* en ligne. Ensuite, ils ont évoqué les modèles mathématiques et les techniques quantitatives en gestion des risques, dans le *trading*. Et, enfin, les logiciels d'évaluation et de gestion des risques qui jouent un rôle de plus en plus important, au sein des institutions financières.

Ces différents éléments ont des impacts, à différentes échelles de temps. C'était la notion introduite par M. Jean-Paul Betbèze. Evidemment, il y a des impacts à court terme. C'est immédiat, avec l'accélération des échanges, l'apparition de plateformes électroniques de *trading*, le *trading* haute fréquence, qui est un produit direct de ces nouvelles technologiques. Ils ont aussi des impacts, à l'échelle macroéconomique, à plus long terme. On a vu notamment avec la crise des *subprimes*, que les produits dérivés peuvent contribuer à l'amplification des déséquilibres économiques globaux, en drainant les capitaux vers certains secteurs, plutôt que d'autres.

Tout cela donne l'image d'un système fragmenté et complexe. Ce mot est revenu dans tous les exposés. La dynamique a été accélérée par toutes ces innovations technologiques, et donc cela devient de plus en plus difficile à analyser. De plus, le couplage des risques divers et des intervenants, dans ce système, et le caractère plus ou moins transparent de leur position (tout n'est pas révélé, pour le régulateur ou le système de surveillance), rendent difficile la lisibilité des risques systémiques, qui sont l'objet principal d'intérêt pour le régulateur.

Pour résumer, un système complexe est difficile à surveiller et à réguler, et, aussi, difficile à comprendre. Comme vous l'avez dit à la fin de votre intervention, on ne comprend pas parfaitement le fonctionnement de ce système, comment ces divers ingrédients interagissent ensemble, s'ils augmentent, ou diminuent, la liquidité, s'ils augmentent, ou diminuent, le coût de la transaction pour l'intervenant *lambda*. Je pense que c'est là où il peut y avoir une nouvelle interface, entre sciences et technologies et la finance. C'est de permettre de mieux comprendre ces éléments, la dynamique de ce système, en adoptant les différentes

pistes de recherche évoquées aujourd'hui : aider à éclairer les choix en matière de régulation, à la fois au niveau de la collecte et du traitement des données ; la fabrication d'indicateurs de pertinence ; et mieux comprendre les effets secondaires des régulations et des infrastructures à venir.

Ce sont des questions très importantes, qui ont un impact sur les affaires publiques. Les scientifiques, les chercheurs académiques, les chercheurs professionnels et les experts en technologie peuvent aider à éclairer ces choix. Pour ma part, j'appelle à une interaction plus grande entre les responsables à la fois de régulation et les législateurs, et ceux qui ont travaillé, pendant des années, sur ces sujets, dont on a ici plusieurs représentants, pour mieux réfléchir, ensemble, à tous ces sujets.

Je laisse de côté certaines questions de fond qui ont été évoquées à la fin. Ce n'est pas le sujet de la journée. Mais, évidemment, une fois qu'on a compris comment fonctionne le système, et qu'on a amélioré tel ou tel paramètre dans le système, comme la liquidité par exemple, cela ne signifie pas immédiatement qu'on va et qu'on veut faire cela. Ce n'est pas un choix scientifique, c'est une affaire de politique économique de décider quel genre de marché financier on veut avoir et quelle place le marché financier va avoir dans une société. Cette question est largement découplée, dont il faut décider d'abord, avant de dire ce qu'on va faire pour atteindre cet objectif. Mais je pense qu'on peut découpler dans une large mesure, ces deux questions, pour travailler plus sereinement sur la première.

**M. Claude Birraux.** Merci. Je voudrais remercier nos collaborateurs qui ont préparé cette audition qui a été passionnante, de bout en bout, ainsi que les acteurs. Cette audition se veut une contribution à l'établissement d'un diagnostic retraçant les dérives à l'origine de la crise des subprimes, et du krach du 6 mai 2010 aux Etats-Unis.

Bien que ces crises aient des causes fondamentalement économiques qui ne relèvent pas directement des missions de l'Office, mais davantage de celles de la Commission d'enquête qui a été créée par l'Assemblée Nationale, elle a une dimension scientifique et technologique, dans la mesure où des outils très sophistiqués, s'appuyant sur des avancées aussi sophistiquées en matière de modélisations mathématiques et de technologies de l'information, ont permis une amplification des comportements aberrants, au regard de l'intérêt collectif.

Je ne conclurai pas en invoquant un désir illusoire de retour à des structures fermées et à des comportements normalisés. Toute solution doit prendre en compte le monde tel qu'il est, c'est-à-dire global, ouvert et fortement concurrentiel, et les acteurs économiques tels qu'ils sont, c'est-à-dire prêts à

exploiter la moindre asymétrie d'information, pour dégager un profit, serait-ce au détriment de l'intérêt collectif.

Il ne convient pas de définir avec nostalgie les conditions d'un monde idéal, mais de partir de l'insatisfaisante réalité, pour proposer des solutions applicables, c'est-à-dire des solutions dont la mise en place est effectivement à la portée des autorités publiques, et dont la mise en œuvre canalise l'énergie des forces irrésistibles de l'économie, pour qu'elles ne jouent pas massivement, d'un seul coup, à l'encontre du collectif. Je crois qu'il y a besoin d'une démarche, d'une méthodologie, qui soit engagée dans le domaine de l'économie, et qui vaut aussi pour la technologie.

Tout effort de recherche passe par une phase initiale d'utopie, celle qui correspond à la formulation d'idées et de principes, qui ouvrent la voie, et dessinent les pistes à explorer. Dans le domaine des techniques sous-jacentes aux opérations financières, on songe assez spontanément à une limitation de la vitesse des transactions, à la fixation d'un délai minimal avant l'annulation d'un ordre, au contrôle des ordres à seuil de déclenchement automatique, à la création d'une plateforme garantissant la traçabilité de ces ordres.

En tout cas, c'est l'objet même du processus scientifique de construire un cheminement, qui, étape après étape, conduit de la liberté de l'imagination au réalisme de solutions opérationnelles.

La responsabilité des hommes politiques est d'allouer des moyens pour les études et réflexions nécessaires, puis d'agir en conséquence. Et il appartient aux scientifiques de proposer des mesures opérationnelles et réalistes.

Nous avons eu une confrontation pluridisciplinaire. Je vous remercie les uns et les autres d'y avoir contribué. Je remercie, en particulier, M. Rama Cont d'avoir brillamment assuré la modération de cette audition. Il sera dressé un rapport de tout ceci, qui vous sera envoyé.



**EXTRAIT DE LA REUNION DE L'OPECST DU  
7 NOVEMBRE 2010,  
en présence des lauréats français de la médaille Fields,  
MM. Ngô Bảo Châu et Cédric Villani ainsi que du lauréat  
du prix Gauss, M. Yves Meyer**

**M. Claude Birraux.** Je tiens à profiter de la présence des lauréats français de la médaille Fields, M. Cédric Villani et M. Ngô Bảo Châu, ainsi que le lauréat du prix Gauss, M. Yves Meyer, pour aborder l'épineuse question des mathématiques financières, leur rôle controversé dans l'évolution moderne de la finance, et, plus généralement, l'interaction entre ce domaine et le reste de la communauté scientifique.

Vous le savez peut-être, l'OPECST, sur proposition de son conseil scientifique, en particulier de MM. Laurent Gouzènes, Hervé Chneiweiss et Jean Therme, a procédé, le 14 octobre dernier, à une audition publique, en lien avec l'actualité boursière et bancaire des derniers mois, sur le thème : « Les apports des sciences et technologies à l'évolution des marchés financiers ».

M. Rama Cont, directeur de recherche au laboratoire de probabilités et modèles aléatoires, professeur associé et directeur du Centre d'ingénierie financière de l'université Columbia, nous fait l'honneur d'être, à nouveau, parmi nous aujourd'hui. Il a eu la responsabilité, lors de cette audition, d'animer les débats, d'engager les participants à détailler les points qu'ils abordaient, puis de réaliser une synthèse, de haute qualité, sur le vif, à la fin de chaque table ronde. Je tiens à le féliciter, à nouveau, pour son concours particulièrement efficace et brillant : la pertinence et la justesse de ses interventions nous ont permis d'avoir un débat de très haute qualité.

Quelles sont les portées et les limites de la modélisation mathématique ? Avez-vous eu l'occasion d'interagir avec le monde de la finance ? Estimez-vous possible de modéliser fidèlement, par les mathématiques, un domaine aussi complexe ? Plus généralement, comment voyez-vous la place des mathématiciens dans la société ?

**M. Yves Meyer.** Je commencerai par exprimer mon admiration pour le travail de Rama Cont et par souligner, avec insistance, qu'il a une formation de physicien, plus précisément, en physique statistique, et non pas de mathématicien. C'est, précisément, ce qui lui a apporté les outils intellectuels nécessaires pour

aborder les systèmes complexes, à très grande dimensionnalité. Il arrive, parfois, que les mathématiciens, bizarrement, se laissent emprisonner par la très grande tradition de leur discipline. Je trouve que les modèles conceptuels introduits par des physiciens comme Giorgio Parisi ou Uriel Frisch ont été des sources intellectuelles beaucoup plus fertiles que les apports de leurs contemporains mathématiciens.

**M. Cédric Villani.** Les physiciens ne sont pas contraints par la rigueur, ils ont davantage de liberté !

**M. Yves Meyer.** Bref, j'admire l'approche intellectuelle de Rama Cont.

La gestion de ces problèmes énormes – les évolutions de marché, les mouvements de capitaux, etc. –, d'une dimensionnalité largement supérieure à celle des problèmes de physique, requiert la création d'outils intellectuels tout à fait nouveaux. Un de mes confrères de l'Académie, Roland Glowinski, m'a fait part d'une réunion, consacrée aux équations dérivées partielles non linéaires, qui s'est tenue aux États-Unis : il y était question des problèmes du siècle à venir et les trois quarts des problèmes relevés concernaient la sphère financière. La finance tire les sciences, ce phénomène est prodigieux.

**M. Cédric Villani.** Quoique n'ayant guère répondu aux questions, Yves vient de tendre une perche intéressante : c'est vrai, les problèmes financiers ont inspiré et continueront d'inspirer de nouveaux problèmes mathématiques.

Il est toutefois compliqué de parvenir à une modélisation fidèle car, en matière de finance, les données ne portent pas sur des particules obéissant à ce que leur imposent les lois de la physique, mais sur des personnes, qui changent d'avis, ou appliquent des modèles plus ou moins connus. Il est beaucoup plus difficile d'effectuer des prédictions, dans un tel domaine, que sur des problèmes habituels, traités par la physique ou les mathématiques. Le système est donc extrêmement complexe. J'ajoute que les hypothèses, sur lesquelles s'appuient les projections des modèles de mathématiques financières, comme le modèle de Black-Scholes, ne sont jamais vérifiées. La pertinence de ces modèles est indéniable mais ils doivent être appréhendés comme des outils de vérification, ils n'ont pas de valeur prédictive, ils ne donnent aucune assurance.

Dans un domaine de ce type, eu égard au biais humain important et aux interactions fortes de la théorie sur l'expérience, la modélisation mathématique requiert une prudence particulière.

Vous voyez que, sur ce terrain glissant, nous prenons nos précautions !

[...]

**M. Yves Meyer.** Lorsque vous utilisez votre carte de crédit pour retirer de l'argent, vous vous servez d'une application, très subtile et très inattendue, de la théorie des nombres, qui relève des mathématiques pures. Par ailleurs, toutes les mathématiques financières reposent sur les travaux du mathématicien japonais Kiyoshi Ito, premier récipiendaire du prix Gauss, au congrès de Madrid, en 2006, et aujourd'hui décédé. L'intégrale d'Ito, inspirée d'une martingale, était, à l'origine, un concept de mathématiques pures, mais son calcul stochastique a trouvé une application prodigieuse en matière financière. Il est indispensable pour comprendre la crise financière et, ces quinze dernières années, les banques ont recruté, massivement, des mathématiciens : quand Nicole El Karoui y enseignait, 70 % des promotions de l'École polytechnique rejoignaient les banques.

**M. Cédric Villani.** Ce qui relève, un jour, des mathématiques pures, appartient, le lendemain, aux mathématiques appliquées.



## CONCLUSION GENERALE

**M. Claude Birraux.** L'Office Parlementaire des Choix Scientifiques et Technologiques (OPECST), encore peu connu des acteurs du milieu de la finance, se situe à la croisée des chemins scientifique, technologique et politique. Composé de dix-huit députés et dix-huit sénateurs, cette instance de réflexion et d'évaluation produit, depuis 1983, des études élaborées, en lien toujours plus étroit avec la communauté scientifique. Son activité résulte de demandes formulées par les organes du Parlement ou des dispositions de la loi.

Son dialogue rapproché avec le monde de la recherche et de la technologie, en premier lieu avec son conseil scientifique composé de vingt-quatre personnalités de réputation internationale, dote l'Office d'un puissant outil d'analyse pour évaluer en profondeur des sujets complexes.

L'efficacité opérationnelle de l'Office tient à son suivi déterminé de la mise en œuvre de ses recommandations, par toutes les voies institutionnelles ou canaux d'influence ouverts généralement aux parlementaires, ou institués spécifiquement à son profit : échange avec le Gouvernement, présentation d'amendements, évaluation de programmes, supervision d'organismes.

Au cours de l'audition publique organisée le 14 octobre dernier, l'Office, en lien avec l'actualité boursière et bancaire des derniers mois, a ainsi souhaité mobiliser des personnalités compétentes pour évaluer « **Les apports des Sciences et Technologies à l'évolution des marchés financiers** ».

Les participants ont analysé l'évolution rapide des technologies de marché ainsi que la complexité croissante des stratégies de *trading*. **Celles-ci semblent à l'origine d'un décalage entre, d'une part, les techniques de surveillance, de régulation et de gestion des risques, et, d'autre part, la réalité du fonctionnement des marchés.**

Les différents aspects techniques abordés sans détour ont permis d'identifier un certain nombre de problèmes et d'envisager plusieurs pistes de solutions.

Tout d'abord, la nécessité de **repenser la définition du risque systémique**, et d'envisager la régulation non plus seulement sous l'angle du comportement des acteurs individuels mais également sous l'angle des risques endogènes engendrés par la dynamique intrinsèque des marchés. Les nouvelles institutions chargées d'alerter sur les risques systémiques pourraient par exemple entamer un travail approfondi sur les causes d'instabilité, de non linéarité et de saturation des marchés **à partir de données empiriques**.

Bien réguler les marchés financiers nécessite de bien comprendre leurs mécanismes. L'introduction d'une **obligation de stockage de données financières détaillées par les opérateurs de marché**, que le régulateur rendrait ensuite accessibles, sous forme anonyme, pour les travaux de recherche. Celle-ci vise à palier **le nombre insuffisant d'études académiques** évaluant l'impact du *trading* haute-fréquence sur l'évolution des marchés, notamment en raison de l'impossibilité pour les chercheurs d'accéder aux données financières, souvent non-publiques. L'on peut d'ailleurs poser, à ce titre, les questions plus générales de la transparence des informations transitant par les *dark pools* ou de la réglementation des marchés de gré à gré.

Pour détecter plus efficacement les manipulations de cours, il est possible de **passer, au niveau des agences de régulation, d'une surveillance des transactions à une surveillance des ordres**. Mais l'insuffisance des moyens du régulateur, qui l'empêche de **recruter les personnes compétentes** dont il aurait besoin pour assurer une meilleure surveillance des marchés, doit être prise en considération.

De la même façon, la question d'une **tarification spécifique des ordres** lorsqu'ils sont passés par des automates doit être posée, tout comme l'instauration d'un **temps de latence minimal entre la passation d'un ordre et son annulation** afin d'empêcher à certains opérateurs de « sonder » le marché, qui s'apparente en tout point à l'équivalent technologique du délit d'initié.

Enfin, il semble opportun de traiter le sujet de **l'utilité sociale des mécanismes innovants**. L'innovation est-elle une fin en soi ? Quelle est l'utilité de ces nouveaux outils dans les sociétés modernes ? Il a été souligné, en particulier, que les innovations scientifiques et techniques pourraient aussi servir à mieux réguler les marchés financiers, ce qui leur conférerait une plus grande utilité sociale.