

Working paper



01.2

Aléa et hétérogénéité : L'amalgame tyrannique

Sylvestre Frezal

Octobre 2015

PARI

PROGRAMME DE RECHERCHE
SUR L'APPRÉHENSION DES RISQUES
ET DES INCERTITUDES

L'amalgame tyrannique

Sylvestre Frezal^{1,2}

Abstract :

L'unicité du formalisme mathématique permettant de décrire l'aléa et l'hétérogénéité nous a conduits à transposer abusivement des intuitions d'un domaine à un autre, faussant nos intuitions et dégradant notre appréhension du risque. Unifiant des mises en garde évoquées, souvent de façon anecdotique, par Allais ou von Mises et devenues des problèmes concrets du fait des évolutions technologiques des dernières décennies et actuellement en cours, nous formalisons ici le distinguo entre ces deux natures de phénomène pour en tirer des enseignements généraux. Dans un second temps, nous en présentons des exemples d'application : théorie de la décision, décision publique, tarification en assurance, régulation prudentielle ou encore allocation stratégique d'actifs. Enfin, nous proposons une méthodologie d'analyse et de prise de décision en incertain ne recourant pas à ces concepts, et discutons de ses avantages et inconvénients comparés.

¹ sylvestre.frezal@datastorm.fr,

DataStorm, 40 rue Etienne Dolet, 92 240 Malakoff, France

Chercheur affilié LFA (Laboratoire de Finance Assurance, CREST, Paris, France)

Co-porteur de PARI (programme sur l'Appréhension des Risques et des Incertitudes)

www.chaire-pari.fr

² Je tiens à remercier tout particulièrement pour leurs conseils, relectures et échanges Hugues Dastarac, Pierre François, Virak Nou, Emmanuel Sales et Arthur Silve. Toutes les erreurs et omissions résiduelles sont de mon seul fait.

Introduction

En 2014, un ancien analyste quantitatif ayant travaillé dans une grande banque à Londres en 2008 explique :

"Suite à 2008, il a fallu expliquer 2 milliards de pertes, c'est à dire trouver des modèles qui auraient permis de les éviter. On a testé plusieurs modèles plus complexes, de la vol sto... et en fait, ça ne marchait pas. On se rendait compte qu'on se serait fait exploser à chaque fois".

L'analyste et ses collègues auraient-ils pu réussir la mission qui leur était assignée ? Des modèles plus perfectionnés auraient-ils permis à l'industrie financière d'éviter les pertes subies pendant la crise ? A mon sens, leurs tentatives étaient vouées à l'échec.

La demande qui leur était adressée est symptomatique d'une confusion omniprésente dans l'industrie financière, qu'il s'agisse des banques ou des assurances, qu'il s'agisse des stratégies d'investissement ou de la régulation : une confusion entre les outils business de suivi de la rentabilité et les outils de pilotage des risques ; une confusion entre leurs propriétés et donc sur les attentes qu'on peut avoir vis-à-vis d'eux. D'une part, ces institutions, comme toutes les autres entreprises, individus ou gouvernements, sont exposées à des aléas, du fait de leur existence et de leur activité. Ceux-ci peuvent être adverses, et leur mise sous contrôle relève de la gestion des risques. D'autre part, ces institutions ont pour activité d'agréger les risques d'autrui. Il ne s'agit pas alors d'une activité de gestion des risques à proprement parler mais d'une mutualisation, c'est-à-dire d'une gestion de l'hétérogénéité. Ainsi, une banque va utiliser le fait que certains de ses débiteurs s'acquittent de leurs dettes et d'autres non, une assurance va utiliser le fait que certains de ses assurés aient un accident et d'autres non. Le *business model* d'une institution financière repose donc non pas sur la gestion des risques, mais sur la gestion de l'hétérogénéité. Affirmer que l'activité d'une institution financière est de gérer les risques relève d'un abus de langage : la gestion des risques est bien ce qu'achète le client à l'entreprise, mais ce n'est pas le métier que vend l'entreprise à ses actionnaires. Les compagnies pétrolières ont pour activité d'extraire du pétrole, et doivent gérer les risques associés ; les institutions financières ont pour activité de gérer l'hétérogénéité, et doivent gérer les risques associés.

Prenons un exemple pour mieux comprendre l'erreur de raisonnement de notre analyste et de ses commanditaires. Considérons deux acteurs : un pêcheur à pied dans la baie du Mont Saint-Michel, et l'usine marémotrice de la Rance, juste à côté. Considérons deux phénomènes : une marée et un tsunami. Pour le pêcheur à pied, la marée relève de la gestion des risques. Pour l'usine marémotrice, ce

n'est pas le cas : il s'agit de l'input de son activité de gestion de l'hétérogénéité temporelle du niveau de la mer. La turbine n'est donc pas un outil de gestion des risques et, de fait, si un tsunami survient, la capacité de survie de l'usine marémotrice sera indépendante des caractéristiques de la turbine. Son responsable dirait-il « Suite au tsunami, on a testé plusieurs modèles de turbine et en fait ça ne marchait pas, on s'est rendu compte qu'on se serait fait exploser à chaque fois » ? C'est exactement la situation dans laquelle est plongée notre analyste quantitatif et sa banque. De fait, les modèles utilisés par les banques de financement et d'investissement pour pratiquer leur activité sont des modèles de calcul de coût d'une couverture face à l'hétérogénéité des fluctuations *intraday*. Ce sont des modèles de rentabilité, tout comme les modèles de tarification d'une couverture santé en assurance. Ce sont des modèles capables de décrire l'hétérogénéité, statistiquement prédictifs face aux marées, mais ce ne sont pas des modèles prédictifs permettant d'anticiper l'aléa d'un tsunami. Dès lors, face à une situation « non standard », il était inévitable que leurs « prévisions » fussent erronées : la fonction de distribution de l'hétérogénéité constatée en 2008 ne peut pas correspondre aux fonctions de distribution estimées à partir des années précédentes.

Revenons à notre exemple. La marée est un phénomène donné, commun au pêcheur à pied et à l'usine marémotrice. Cependant, le pêcheur et l'usine l'appréhendent de façon différente : bien que le phénomène sous-jacent soit identique, ils ne sont pas dans la même *situation* face à ce phénomène. On retrouve un tel cas de figure dans le cas de la signature d'un contrat d'assurance par exemple. Ainsi, l'assuré et l'assureur font alors face au même phénomène : une inconnue quant au fait que le contrat donnera lieu ou non à une indemnisation. Pourtant, ils sont plongés dans une situation différente : l'assuré, même s'il dispose de statistiques, *ne sait pas* ce qu'il lui arrivera ; alors que l'assureur *sait* que, statistiquement, sur l'ensemble de ses assurés, il paiera tel montant. Or, bien que la situation de ces deux acteurs soit différente, on a recours au même formalisme pour décrire le phénomène commun auquel ils font face lors de la signature du contrat : la fonction de distribution et les indicateurs statistiques permettent de décrire à la fois les phénomènes de nature aléatoire et l'hétérogénéité d'une population. Est-ce légitime ?

La réponse apportée par la physique à une telle interrogation est : potentiellement non. De fait, elle tend à adapter ses choix de modélisation à la position de l'observateur. Ainsi, la glace observée sur une courte durée, par exemple pour construire un hôtel de glace, fera appel aux équations de la mécanique des solides. La même glace observée sur une longue durée, par exemple pour l'analyse de l'écoulement d'une langue glacière, mobilisera les

équations de la mécanique des fluides. *A contrario*, les institutions financières ont tendance à déployer un cadre d'analyse fonction du phénomène sous-jacent *dans l'absolu*, et non de la situation dans laquelle est plongée le décideur. Cet amalgame explique du reste l'abus de langage sus-mentionné consistant à les considérer comme des professionnels de la gestion des risques alors que leur métier est la gestion de l'hétérogénéité. Cela peut conduire à transposer des outils de situations où ils sont pertinents à des situations où ils ne le seraient pas. Ces outils véhiculeraient alors une représentation mentale des phénomènes inadaptée à une correcte appréhension de la situation, et il en résulterait une dégradation de la qualité de la prise de décision. Cela touche les domaines de la régulation prudentielle, des allocations d'actifs, et plus largement de la théorie de la décision ou l'analyse des politiques publiques.

Qui plus est, notre exemple du glacier illustre également le fait que bénéficier de recul dans les observations et l'analyse n'est pas un gage de supériorité dans l'appréhension du phénomène. Ainsi, si un pilote souhaite se poser sur le glacier, il a sans doute intérêt à écouter les conseils d'un alpiniste qui a marché dessus plutôt que celui d'un géologue qui, avec le recul d'une observation du glacier dans le temps long, lui conseillerait de choisir un hydravion, en cohérence avec une vision du glacier comme un fluide. De même, il n'est pas *a priori* trivial que le recul apporté par les technologies statistiques soit bénéfique pour un décideur placé en situation de risque. L'exemple du glacier suggère qu'elles pourraient *a contrario* dégrader son appréhension de la situation et la qualité de ses prises de décision.

L'objectif de ce papier est de se positionner au niveau de l'interaction entre le phénomène et l'observateur/décideur et d'identifier les situations dans lesquelles les concepts et outils usuels ne sont pas pertinents pour appréhender les phénomènes aléatoires par opposition aux situations où ils le sont.

La première partie permettra de définir les concepts, de caractériser sur cette base le champ de pertinence de ces indicateurs statistiques et, d'un point de vue plus opérationnel, des estimateurs associés, ainsi que les conséquences de leur utilisation en dehors de ce champ. La seconde partie présentera une typologie des champs d'application de ce raisonnement. Enfin, la troisième partie ouvrira une piste d'outil de substitution alternatif aux technologies de gestion des risques actuellement en vigueur.

Rappelons enfin que notre objectif n'est pas de participer au débat philosophique sur la nature des probabilités. De fait, (i) nous souhaitons mener une réflexion *à but opérationnel* pour caractériser le champ de pertinence d'outils courants d'aide à la décision ; (ii) nous nous intéressons plus globalement à des

indicateurs statistiques tels que l'espérance, la VaR, ou le couple risque/rendement. Nous nous bornerons donc à noter que le cadre de pensée dans lequel s'inscrit cette analyse est le cadre concret où un acteur doit prendre une décision : dans de telles situations, le décideur souhaite s'appuyer sur des éléments réputés « objectifs », au sens « factuel », « empirique », et l'ambition de ces outils ainsi que l'intuition qu'en ont ses utilisateurs repose donc sur une vision sous-jacente fréquentiste des probabilités³.

1. Un cadre d'analyse délimitant le champ de pertinence de nos outils

« un des plus beaux pièges de la physique théorique consiste à placer un symbole ou une variable pertinente dans le cadre de GR à l'intérieur d'une équation portant sur Gh- ou vice versa - et de laisser l'étudiant se dépatouiller avec. Il y a de bonnes chances que le malheureux tombe dans le piège et le plus souvent, il y reste, suant et soufflant, avec apparemment rien qui ne colle, jusqu'à ce qu'une âme charitable vienne le tirer d'embarras. »

Asimov, Fondation, tome 4

1.1 Définitions

Nous nous intéressons ici à la pertinence d'outils (concepts ou métriques) visant à éclairer la prise de décision lors que le futur n'est pas connu. Nous allons nous attacher à la caractérisation de l'intersection entre un phénomène sous-jacent aléatoire et le décideur qui souhaite l'appréhender. Plus précisément, nous définirons ce contexte de façon générique sous le nom de *situation* :

Définition 1 : Une *situation* est un contexte où se combinent un phénomène futur et un observateur, tel que :

- (i) le phénomène va donner lieu à une ou plusieurs réalisations aux yeux de l'observateur,

³ Au-delà de cette visée opérationnelle, une telle appréhension rejoint quoi qu'il en soit la vision des probabilités qu'ont la plupart des grands courants de pensée du 20^{ème} siècle. Scheemaekere (2009) présente ainsi Kolmogorov comme « profondément attaché à l'interprétation fréquentiste », indique que la théorie de Popper est « une variante de la théorie fréquentielle » et cite von Mises qui précise que « [l]'objet de la théorie des probabilités, ce ne sont pas des spéculations, des opinions ou d'autres formes de réflexion mais bien, en dernière ligne, seulement des faits observables comme dans toute autre branche des sciences naturelles ». Nous considérons par ailleurs qu'une interprétation bayésienne n'est de même qu'un raffinement d'une vision fréquentiste.

- (ii) l'observateur, avant cette - ou chacune de ces - réalisations, ne sait pas quelle sera l'issue de la réalisation,
- (iii) la dispersion des réalisations envisageables par l'observateur est significative par rapport à son seuil de prise de décision.

Par exemple, la souscription d'un contrat d'assurance recèle deux situations : celle de l'assuré, et celle de l'assureur. Leur situation n'est pas identique, puisque l'assuré ne va signer qu'un seul contrat et observer une unique réalisation alors que l'assureur en signera un grand nombre. Toutefois, le phénomène sous-jacent (l'assuré aura-t-il un cancer) est partagé. Ce phénomène sous-jacent est aléatoire et significatif pour l'un comme pour l'autre : l'un comme l'autre, s'il connaissait à l'avance l'issue de cette réalisation, déciderait de signer ou non le contrat avec l'autre partie selon que la réponse connue serait positive ou négative. En d'autres termes, la dernière condition signifie que lorsque l'observateur doit prendre une décision *ex-ante* (i.e. avant une réalisation donnée du phénomène sous-jacent), s'il connaissait l'issue *ex post* (i.e. après la réalisation en question), alors cette décision ne serait pas constante (i.e. serait contingente à ce qu'il observe).

L'enjeu est alors de déterminer, par exemple en reprenant le cas de figure de la souscription d'un contrat d'assurance, dans quelle mesure la situation de l'assureur diffère *opérationnellement* de celle de l'assuré. Elle diffère en ce que pour l'assureur signant un grand nombre de contrats, le phénomène sous-jacent peut ne pas être appréhendé isolément. Et, pris dans sa globalité, le portefeuille de l'assureur aura un résultat déterministe grâce à la loi des Grands Nombres. Avec une certaine marge d'erreur, certes, l'observateur peut ici *prévoir*. Il existe donc une différence de *nature* de la situation dans laquelle est plongée l'observateur selon que le phénomène sous-jacent se répète ou non : dans un cas la situation reste aléatoire alors que dans l'autre, elle est déterministe.

Par exemple, la mécanique quantique est, à l'échelle d'une observation, en situation d'aléa, et ne peut prédire la valeur de l'observable ; la physique statistique, qui agrège un ensemble d'observations quantiques, est en situation d'hétérogénéité et permet de prédire les grandeurs physiques associées. Ainsi que le soulignait Samuelson (1963) dans un exemple avec lequel on peut dresser un parallèle, dans une loterie où tous les billets ont été vendus, le vendeur fait face à de la certitude, l'acheteur à de la loterie.

Nous pouvons dès lors identifier deux idéaux-types de nature différente parmi l'ensemble des situations :

Définition 2 : les *situations-aléa* sont les situations où l'observateur n'observera qu'une seule réalisation ; les *situations-hétérogénéité*, sont les situations où l'observateur observera une infinité de réalisations.

Prenons quelques exemples. Un assureur, lorsqu'un de ses commerciaux vend une garantie « dégât des eaux », vendra des milliers ou millions d'autres garanties similaires, dont chacune donnera lieu ou non à une indemnisation. L'assureur tarifant le contrat agit ainsi en situation hétérogénéité. Une décision d'allocation stratégique d'actif porte sur une durée qui, relativement à la durée d'un poste de *Chief Investment Officer* (CIO), est significative. Il prendra donc une fois ou un faible nombre de fois une telle décision au cours de son mandat. Une telle décision se prend donc pour lui en situation aléa.

Nous pouvons désormais nous appuyer sur la caractéristique de prévisibilité propre aux situations hétérogénéité pour positionner la frontière entre situations aléa et situations hétérogénéité lorsque nous ne sommes pas dans un cas polaire : nous serons en situation aléa lorsque le nombre de réalisations pour l'observateur considéré sera « faible », et en situation hétérogénéité lorsque ce nombre sera « élevé ». La zone de transition entre « faible » et « élevé » ne peut être définie que par les conséquences que son franchissement emporte. Lorsque l'observateur estime être face à une situation où il peut globalement formuler une prédiction, une anticipation déterministe, et prendre une décision sur cette base en négligeant toute autre éventualité, nous sommes en situation hétérogénéité. A l'inverse, lorsque le décideur considère l'amplitude de l'incertitude subsistante non négligeable, nous sommes en situation aléa. Formellement,

Définition 2^{bis} : lorsque l'éventualité d'une déviation significative de l'anticipation est négligeable aux yeux du décideur, il s'agit d'une situation hétérogénéité. Dans le cas contraire, il s'agit d'une situation aléa.

1.2 Remarques

Intégrer l'appréciation subjective du décideur dans la définition d'une situation pourrait sembler gênant. Nous ne considérons pas que tel est le cas car (i) même dans les cas polaires, la nature de la situation en tant qu'aléa ou hétérogénéité est déjà contingente à la position de l'observateur. Ainsi, lors de la souscription d'un contrat d'assurance santé, les réalisations possibles telles que cancer/pas de cancer relèvent pour l'assureur d'une situation hétérogénéité et pour l'assuré d'une situation aléa ; (ii) la notion de probabilité subjective, tant au sens psychologique qu'épistémique, est communément admise ; et (iii) nous nous

plaçons dans une logique d'appréhension d'une situation en vue d'une prise de décision, donc inévitablement imbriquée avec l'appréciation du décideur sur cette situation (cf. l'exemple du glacier).

Notons qu'une telle définition s'appuie sur une vision incompatible avec celle de Samuelson (op.cit.) dans sa critique de l'utilisation abusive de la loi des grands nombres. De fait, sa critique repose entièrement sur le fait qu'une probabilité non nulle, aussi faible soit-elle, ne saurait être considérée comme nulle. Nous ne partageons pas cette analyse qui, d'un point de vue normatif, serait tétanisante et, d'un point de vue descriptif, ne correspond pas à la façon dont nous prenons nos décisions. Nous prenons par exemple la plupart de nos décisions en n'envisageant pas le fait que nous pourrions décéder le lendemain, comme si c'était impossible, alors qu'une telle éventualité n'est que négligeable. De même, lorsqu'à un croisement le feu est vert, nous ne nous arrêtons pas pour contrôler que personne venant de l'autre axe ne s'engage : nous savons que ce n'est pas mathématiquement impossible, mais nous nous satisfaisons de négliger cette éventualité. Samuelson, en plaçant la frontière entre le nul et le non nul, raisonne en logicien. Le scientifique, décrivant ce que fait l'homme et ce qu'il doit faire pour être rationnel, place la frontière entre le négligeable et le non négligeable.

Par ailleurs, dans la définition que nous proposons, deux points sont fondamentaux et rarement mis en avant, deux autres cristallisent en revanche régulièrement l'attention sans être directement cruciaux.

Le premier point fondamental est que l'unicité de réalisation, donc la nature d'une situation en tant qu'aléa ou hétérogénéité, est totalement *contingente à l'observateur*⁴. L'objet de notre analyse est précisément de caractériser cette différence de nature *fonction de l'observateur*, et d'en tirer les conséquences en termes de pertinence *vis-à-vis de l'observateur* des outils de description du phénomène. De fait, même si le phénomène sous-jacent à la situation de chacun des deux observateurs est identique, il n'est pas forcément pertinent de le représenter de la même façon, de l'analyser avec les mêmes concepts : pour l'observateur d'une situation, ce pourrait être une erreur épistémologique *aux conséquences opérationnelles* que d'ignorer lors de la modélisation du phénomène s'il est en situation d'hétérogénéité ou bien d'aléa.

Le second point fondamental est que le distinguo entre une situation aléa et une situation hétérogénéité repose sur le nombre de réalisations *futures* du phénomène. Même s'il y a généralement un lien entre le nombre d'observations

⁴ Elle ne peut donc être assimilée au distinguo entre risque assurable et risque non assurable, qui est une caractéristique intrinsèque à l'événement, indifférente au décideur.

disponibles sur le passé pour un observateur et le nombre de réalisations futures de ce phénomène dans ce contexte pour cet observateur, et même si cela pourra dans un second temps enrichir notre analyse, la connaissance précise du passé n'importe *a priori* pas dans le distinguo que nous faisons ici entre situation aléa et situation hétérogénéité.

En corollaire, un point non fondamental est la distinction entre risque et incertitude (Knight, 1921) et le fait que « dans la vraie vie, on ne peut pas quantifier comme dans un jeu de hasard ». Ce point n'est pas fondamental à nos yeux car les situations aléa de risque et d'incertitude revêtent des caractéristiques communes, tout comme d'autre part les situations hétérogénéité de risque et d'incertitude. Toutefois, après avoir présenté ces caractéristiques transversales, nous serons amenés à souligner et exploiter la fréquente proximité *de fait* des situations aléa et des situations d'incertitude.

Enfin, le second point est que, en matière de pertinence des indicateurs statistiques pour fonder un raisonnement, l'opposition entre queue fine et queue épaisse devient secondaire par rapport au distinguo entre aléa et hétérogénéité. Cela interagit certes avec le nombre de réalisations seuil faisant passer d'une situation aléa à une situation hétérogénéité, mais la différence d'analyse requise est liée à la différence de nature des situations et non à l'épaisseur de la queue de distribution.

1.3 Problématique

Partons de la pratique : l'utilisation de modèles statistiques pour appréhender les risques. Il est généralement possible de définir mathématiquement une fonction de distribution indépendamment de l'observateur (molécule vs. expérimentateur, acheteur vs. vendeur de loterie). L'enjeu est de déterminer si cette fonction de distribution revêt, en dépit de son unicité mathématique, une signification différente selon le point de vue duquel on se place. Pour cela, catégorisons les fonctions de distribution d'un phénomène aléatoire tel qu'*infra*, en fonction de la situation de l'observateur.

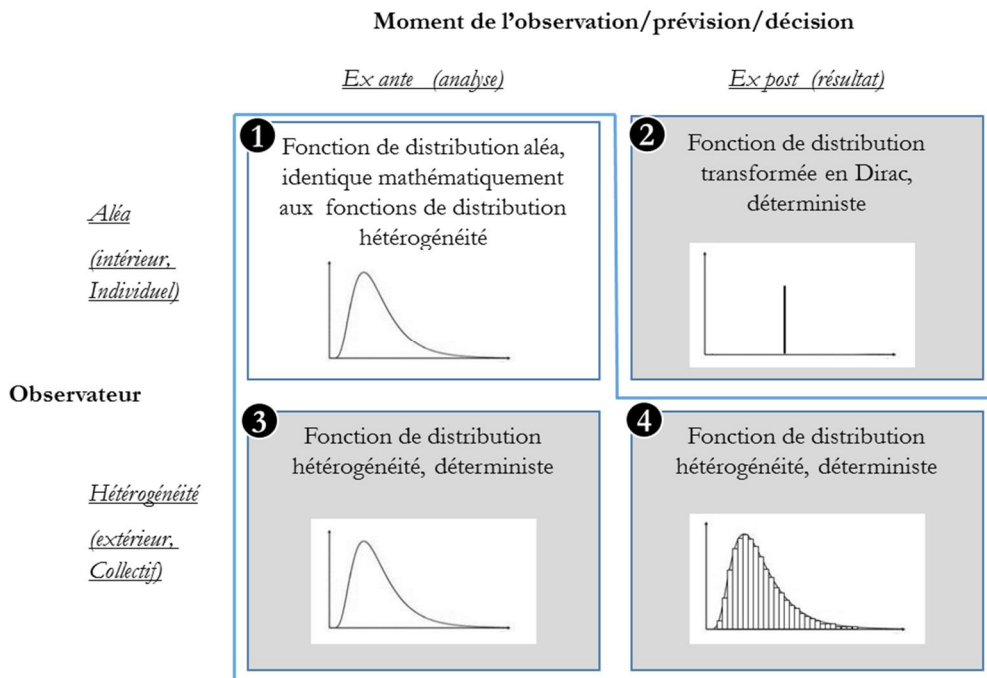


Figure 1 : fonctions de distribution en fonction de la situation

Dans la figure 1, la première ligne correspond à un observateur placé en situation aléa, et la seconde à un observateur en situation hétérogénéité. La première colonne précède la réalisation du phénomène (par exemple, un ou plusieurs lancers de dé) et représente donc la fonction de distribution du phénomène individuel, vue par l'utilisateur *ex ante* ; la deuxième colonne correspond à la vision post réalisation du ou des événements aléatoires, et représente donc la fonction de distribution constatée par l'observateur *ex post*, c'est-à-dire après ce ou ces lancers de dés.

D'un point de vue mathématique, les fonctions de distribution 1, 3 et 4, entourées en bleu, sont identiques : elles correspondent à la même équation, par exemple une loi log-normale (notre dé a donc ici de nombreuses faces et est biaisé). 1 et 3 de façon triviale, puisque la fonction de distribution de probabilité d'un lancer est indépendante du fait qu'on lance le dé une fois ou bien un très grand nombre de fois. Et 4 parce que, si on le lance un très grand nombre de fois, la fonction de distribution constatée correspondra à la fonction de distribution de probabilité. En revanche, la fonction de distribution 2 est différente : après avoir procédé à un unique lancer, on observera une unique

réalisation, et l'équation mathématique de la fonction de distribution observée sera un Dirac et non une log-normale.

D'un point de vue épistémique et opérationnel, il en va différemment car ce sont les fonctions de distribution 2, 3 et 4, sur fond grisé, qui sont identiques : pareillement déterministes. 2 et 4 de façon triviale, puisque lorsqu'on les observe, on sait qu'elles correspondent l'une et l'autre au réalisé. Et 3 puisque lorsqu'on la considère, on sait que, sur un grand nombre de lancers, l'ensemble des résultats observés formera une distribution (la 4) qui lui correspond. En d'autres termes, les fonctions 2, 3 et 4 sont toutes des descriptions du résultat auquel notre observateur est ou sera confronté. *A contrario*, la fonction de distribution 1 ne correspond pas à une description d'un résultat *effectif*.

La différence de nature entre situation aléa et situation hétérogénéité apparaît ici clairement en ce que la fonction de distribution du phénomène, dans le cas de l'hétérogénéité, reste stable de 3 en 4 alors que dans le cas de l'aléa, elle se transforme de 1 en 2. Un univers est déterministe, l'autre est aléatoire. 3 est une prévision, alors que 1 n'est pas une prévision. Les grandeurs statistiques associées à 3 sont des estimateurs des indicateurs de dispersion qui seront effectivement observés, ce n'est pas le cas pour 1.

Dès lors, puisqu'à l'issue de la réalisation du phénomène les fonctions 2 et 4 sont différentes, il serait possible, avec naïveté, de se demander s'il est légitime d'assimiler les fonctions 1 et 3. C'est précisément cette interrogation que nous souhaitons poser :

- D'un point de vue théorique, au niveau des concepts : la fonction 1 est-elle une représentation pertinente du phénomène auquel est confronté notre observateur en situation aléa ?
- D'un point de vue opérationnel, une confusion entre ces situations génère-t-elle des attentes infondées, une représentation biaisée, et est-elle donc source de contre-sens nuisant à la qualité de la prise de décision ?

Nous allons arguer qu'utiliser la fonction de type 1 *ex ante* pour appréhender ce qui deviendra une fonction de type 2 *ex post* et fonder une décision rationnelle n'est pas pertinent.

1.4 Résultats - indicateurs

Absence de falsifiabilité et de responsabilité

En situation hétérogénéité, c'est-à-dire lorsque nous faisons face à la fonction 3, celle-ci est déterministe, se transformera en fonction 4 et nous pourrons donc

définir, par une mesure d'écart entre les deux, l'erreur de modèle. En revanche, en situation d'aléa, lorsque nous faisons face à la fonction 1, avoir la fonction 1 *ex ante* autorise toute fonction 2 *ex post* : l'erreur de modèle n'existe donc pas. Aussi, d'un point de vue opérationnel, la fonction de distribution pourra être backtestée par son observateur dans les situations hétérogénéité et non dans les situations aléa où l'observateur sera toujours confronté, *ex-post*, à une fonction de distribution de type Dirac. Par conséquent,

Résultat 1 : en situation aléa il ne peut pas y avoir :

- d'un point de vue scientifique, de falsifiabilité de la modélisation retenue *ex ante*,
- d'un point de vue opérationnel, de responsabilité (au sens « accountability ») du modélisateur vis-à-vis du décideur en cas d'erreur d'ordre de grandeur sur la modélisation retenue *ex ante*.

Qui plus est, en matière de modèle de risque, la notion d'*erreur de modèle* fait l'objet d'un intérêt récent fort, le plus souvent sous le vocable de *risque de modèle*. Or le résultat *supra* peut être reformulé de la façon suivante : s'il n'y a pas la moindre porosité entre un modèle d'hétérogénéité et l'erreur de modèle associée, il y a *contrario* une fongibilité totale entre un modèle d'aléa et l'erreur de modèle associée, l'un étant *ex post* totalement indissociable de l'autre. Par conséquent, en situation aléa, les modèles de risques, indistinguables de leur risque de modèle associé, n'existent pas :

Corollaire 1 : si le concept de *modèle de dispersion* a du sens *dans une situation hétérogénéité*, en revanche le concept même de *modèle de risque* est, *dans une situation aléa*, non pertinent.

Non pertinence des indicateurs statistiques

Réciproquement, une fonction de type 1 autorise, après réalisation de l'aléa, toute fonction de type 2. Dès lors, il est possible de se demander quelle est la pertinence opérationnelle *ex ante* d'un indicateur statistique qui n'est pas un estimateur d'une quelconque grandeur à laquelle on sera confronté *ex post* (puisque'on ne fera face qu'à une seule réalisation). Quel est, par exemple, l'apport à la décision d'une espérance qui jamais ne s'incarnera dans une moyenne ?

Il ne semble intuitivement pas possible⁵ de visualiser une espérance ou de l'expliquer à quelqu'un sans recourir à la notion de moyenne. Même dans une

⁵ Il s'agit là d'une simple conjecture, mais à laquelle nous ne sommes pas parvenus, après avoir interrogé de nombreuses personnes, à trouver de contre-exemple à ce stade.

expérience de pensée, on ne peut se représenter le concept d'espérance qu'en l'incarnant dans une moyenne. Même mathématiquement, l'espérance ne peut être décrite qu'avec une somme, continue ou discontinue. Dès lors, une différence considérable apparaît entre une situation hétérogénéité et une situation aléa lorsqu'on cherche à expliquer intuitivement cette notion de moyenne ou d'espérance. Lorsqu'il s'agit d'une situation hétérogénéité, cette notion peut être expliquée sans utiliser le terme « si ». La vitesse moyenne est ainsi la vitesse à laquelle on roulerait pour parcourir la même distance dans le même temps, la part de tarte moyenne est la taille qu'auraient des parts identiques lors de la répartition de la tarte. En revanche, dans une situation aléa, il devient nécessaire d'introduire un « si » dans la description, du type « si on répétait plusieurs fois l'événement à l'identique ». On introduit donc une condition qui, dans le cas d'une situation aléa, est impossible à remplir puisque, par définition, un observateur en situation d'aléa est confronté à une seule réalisation effective du phénomène. Dès lors,

Résultat 2 : en situation aléa, tout raisonnement fondé sur une espérance, ou toute autre grandeur statistique, est vicié puisqu'il repose sur le raisonnement implicite suivant :

Soit A la répétition de la réalisation dans le futur,

Soit B l'appréhension du phénomène subséquente et la décision qui en résulte,

Si A, alors B

Non A, donc B.

B est ici la conséquence directe de la vision du monde A, artefact qui n'est pas un simple outil d'aide à la décision mais le fondement même de la décision B.

Ce raisonnement consiste ainsi à considérer que lorsqu'on utilise un outil mathématique (en l'occurrence une fonction de distribution) dès lors que le formalisme de la notation peut être appliqué, le domaine de définition du concept (ici l'ensemble des phénomènes répétables) n'a pas à être pris en compte. La faille d'un tel raisonnement est donc de même nature que celle de quelqu'un qui (i) observerait que la primitive de $-1/x^2$, défini sur \mathbb{R}^* , est $1/x$, et que par conséquent, pour tout couple $\{a ; b\}$ dont les éléments sont non nuls de même signe, l'intégrale de cette première fonction entre a et b vaut $1/b - 1/a$, puis (ii) en déduirait que, pour tout couple $\{a ; b\}$ dont les éléments sont non nuls de signes différents, l'intégrale de cette première fonction entre a et b vaut $1/b - 1/a$, puisque $1/b - 1/a$ a bien une existence mathématique lorsque a et b sont non nuls de signes différents.

Cette analyse est bien évidemment généralisable aux indicateurs statistiques autres que l'espérance. Pour un quantile par exemple, la situation d'hétérogénéité permet d'affirmer « quand je fais dix tirages, le pire est ... » alors que le recours à un tel indicateur statistique en situation d'aléa contraint à poser une condition dont le fait qu'elle ne soit pas et ne puisse pas être vérifiée ruine la pertinence opérationnelle de ce qui en découle « si je faisais 200 tirages, le pire serait... ».

On remarquera ici que le sujet de la pertinence des indicateurs statistiques pour fonder un raisonnement repose bien sur une opposition entre le caractère aléa ou hétérogénéité de la situation et non sur une opposition entre queue fine et queue épaisse de l'observé ou de la distribution putative. Par exemple, au niveau d'un pays placé en situation hétérogénéité, même si la distribution des revenus est à queue épaisse, l'espérance des revenus individuels a un sens, par exemple pour évaluer les revenus fiscaux d'une *flat tax* telles que la CSG. A l'inverse, l'espérance de revenu a effectivement peu de sens pour un individu donné, placé lui en situation aléa. *A contrario*, si je pars en vacances et me demande quels vêtements mettre dans ma valise, même si la distribution des températures suit une gaussienne, l'espérance de température n'a pas de sens dès lors que la dispersion est significative. Une espérance a donc du sens dès lors qu'on est en situation hétérogénéité, même face à une queue épaisse, et n'a pas de sens dès lors qu'on est en situation aléa, même face à une queue fine.

Appréhension biaisée de la situation

Au-delà de produire des indicateurs vides de sens, donc sources de décisions arbitraires, le recours à une fonction de distribution de type 1 pour décrire la situation aléa dans laquelle est plongé notre observateur corrompt son appréhension de cette situation. Ainsi, nous allons montrer que cette confusion entre 1 et 3 explique la perception de ces modèles comme prédictifs alors que, par essence même, des modèles d'aléa ne le sont pas, et la déception engendrée par ces modèles de risque « qui n'avaient pas prévu que... » alors que telle ne peut pas être leur ambition.

Dans l'usage courant, un modèle quantitatif est réputé « prévoir », et telle est la finalité qui lui est spontanément assignée dans le monde professionnel. Ainsi, Alan Greenspan (2008) indique que les modèles sont « *at [the] core [of risk management]* » et espère que celui-ci « *succeeds in identifying such episodes* » (i.e. « *periods of euphoria* » et « *speculative fever breaks* »). Ou encore un Professeur de statistiques à Paris VI affirme dans une revue professionnelle que « tout est *prévisible* » pour peu qu'on remplace lorsque nécessaire une loi log normale par une Pareto⁶. On

⁶ Paul Deheuvels (2011).

peut également mentionner, lors d'une expérience de terrain, plusieurs CxO en charge de fonctions de pilotage affirmant que les modèles de type MCEV ou SCR (donc stochastiques) étaient « prédictifs ». Comment expliquer cette confusion ?

Lors de la prise de décision à l'aide d'une fonction 1, l'intuition à laquelle il est fait appel pour comprendre l'outil qu'on utilise repose sur l'assimilation de la catégorie 1 à la catégorie 3. Or, en situation hétérogénéité, on peut effectivement *prévoir* puisqu'avec une certaine marge d'erreur, le phénomène est (globalement, statistiquement) déterministe. En cas de situation aléa, le décideur utilisant une description de la situation de type 1 est donc amené, par cette métaphore « fréquentielle », à prendre *ex ante* ses décisions comme s'il allait être *ex post* confronté à 4, alors qu'il sera *de facto* confronté à 2.

Ainsi, le formalisme mathématique unique entre 1 et 3 nous conduit à utiliser un système de pensée où le phénomène serait répétable et où de telles grandeurs seraient donc pertinentes alors que dans le monde dans lequel le décideur est placé, ces grandeurs n'existent pas. On est donc bien au-delà d'un champ magnétique ou d'un champ A en physique, qui sont acceptés comme représentation du monde, mais qui ne modifient pas notre appréhension du monde. Ici, la réflexion peut modifier la décision initiale de décider de jouer au loto ou de souscrire une assurance en faisant se poser la question de l'espérance, alors qu'on ne le ferait pas spontanément sauf à pouvoir mutualiser entre assurés ou entre joueurs (c'est-à-dire en changeant de point de vue et en basculant dans une situation hétérogénéité) : *l'espérance est ainsi perçue, à tort, comme un estimateur du résultat*. Les indicateurs de risque sont parallèlement perçus comme une sorte de marge d'erreur de ce résultat, et ce sans que les acteurs aillent jusqu'au bout du raisonnement consistant à se dire que la marge d'erreur est trop importante pour que le central ait du sens (alors que ce point est le fondement même d'un choix d'appréhension du phénomène comme aléatoire).

Ceci peut être illustré par l'échange suivant, noté au cours d'un comité d'investissement d'une grande compagnie financière :

- Le directeur financier : « *on a un niveau de risque plus élevé que le marché [que nos concurrents] : notre part action est plus élevée, notre part immobilier est plus élevée... »*
- Un participant critique : « *dans ce cas-là, on devrait avoir un taux de rendement plus élevé. J'ai pas l'impression qu'on soit vraiment au-dessus* ».

L'espérance de rendement, plus élevée que les standards de marché dans le cadre du couple risque/rendement choisi par la compagnie, est ici vue comme un estimateur de ce qui aurait dû être obtenu. Le participant considère donc qu'il est anormal –i.e. non naturel, source de suspicion, indice d'erreur ou de mensonge– que le rendement observé soit plus faible.

Au-delà des observations empiriques présentées *supra*, cet impact sur le ressenti est naturel. De fait, l'opération de quantification nécessite un changement de point de vue, de l'assuré vers l'assureur par exemple : pour quantifier, il est nécessaire de se placer à un endroit d'où le phénomène observé devient déterministe (sur les 100 000 assurés, 3 000 auront un cancer). On a alors le sentiment qu'on *sait* ce qui va se passer⁷. Ce serait vrai avec ce nouveau point de vue... mais qui n'est pas celui du décideur : lui *ne sait pas* et c'est cela même qui est constitutif du risque. Formellement,

Résultat 3 : Le recours à des indicateurs statistiques conduit à fausser notre appréhension du monde, puisque ceux-ci reposent sur la construction d'un système de pensée qui nous éloigne du réel. Par l'assimilation des situations aléa à des situations hétérogénéité, il induit une perception déterministe des phénomènes, réduits à un jeu d'indicateurs dont la valeur est caractérisée *ex ante*.

Cette inconscience par les utilisateurs du changement de nature de leur modèle explique que, comme mentionné *supra*, certains CxO des métiers du pilotage de grands acteurs financiers soient convaincus que leurs modèles de risque de type Bâle 2 ou Solvabilité 2 sont des modèles « prédictifs » (et maintiennent leur position face à quelqu'un qui soutiendrait le contraire), alors que cela est contradictoire avec le concept même de « modèle de risque ». Cela a pour conséquence directe qu'ils fondent leurs décisions sur des représentations mentales erronées, où le risque a *de facto* disparu du champ de perception du décideur.

Plus largement, ce type de biais dans la représentation qu'on se fait du monde conduit à prendre des décisions liées à l'aléa sur la base d'une analyse de rentabilité, par exemple lorsque lors de la souscription d'un traité de réassurance un CFO ou CRO compare son prix à un « coût du risque » déterministe⁸ ou bien lorsqu'un investisseur considère le ratio de Sharpe ou l'un de ses avatars. Une telle pratique marque la dernière étape du procédé consistant à dériver de

⁷ Considérons simplement un jeu de pile ou face : ce n'est pas du tout la même chose de se dire que l'issue est 0 ou 1, *sans qu'on puisse savoir* quelle sera l'issue avant d'observer le résultat du lancer, ou de se dire que l'issue aura une espérance 0,5 avec un écart-type de 0,5, ce qu'*on sait* être vrai (donc sûr).

⁸ alors que, comme nous l'avons montré, une statistique est dans un tel contexte vide de sens.

l'appréhension des risques vers un couple risque/rendement quantifié : cette ultime étape consiste en l'absorption totale du risque dans un unique indicateur synthétique de performance. Le risque a alors complètement disparu de la perception que le décideur se fait de son environnement : celui-ci est face à un tableau de bord réduit à un chiffre et dénué d'aléa.

Ceci explique certaines réactions de personnes en charge de fonctions de pilotage qui, dans l'univers Solvabilité 2 qui fonde les exigences de capital sur une VaR, (i) sont surprises d'observer une volatilité des indicateurs de solvabilité sous le régime prudentiel Solvabilité 2, et (ii) expliquent qu'il n'est pas nécessaire de tenter de prévenir les risques puisque ceux-ci « sont pris en compte dans l'exigence de capital ».

1.5 Résultats - estimateurs

Les conséquences que nous venons d'exposer découlent directement de la nature aléa d'une situation, quelle qu'elle soit. Nous allons maintenant nous intéresser à un sous-ensemble de ces situations, fréquent sur le plan opérationnel, sur lequel nous pourrions obtenir des résultats complémentaires. Lorsque le nombre de réalisations futures d'un phénomène pour un observateur est faible, en pratique, le nombre global -passé et futur- d'observations du phénomène est généralement faible pour l'observateur considéré. Cela soit parce que le nombre global de réalisations, quel que soit l'observateur considéré, est faible ; soit, dans le cas contraire, parce qu'il s'agit d'un phénomène qui peut se produire en situation d'hétérogénéité, *mais pour d'autres observateurs*⁹. Les tentatives de calibrages se heurtent alors au problème de la classe de référence déjà abondamment débattu dans les années 30 (McGoun, 1995) et rappelé ensuite, de Reichenbach (1940) à Eagle (2004)¹⁰ par exemple. Comme nous l'allons voir, de plus en plus, l'avènement du *big data* rend possible une segmentation très fine et rend très concrète cette problématique de calibrage qui auparavant était moins prégnante.

⁹ Knight (1921, p224-225) distingue trois types de situations : Les probabilités *a priori*, qui relèvent de la pureté mathématique et correspondraient à un lancement de dé par exemple, les probabilités statistiques, où on évalue une fréquence empirique au sein d'une classe d'événements considérée comme homogène, et les estimations (*estimates*), pour lesquelles il n'y a « *no valid basis of any kind for classifying instances* » [l'italique est de lui]. Conformément à l'analyse que nous avons présentée, nous considérons que la distinction entre ces deux dernières catégories ne dépend pas de la nature intrinsèque du phénomène, mais de la position de l'observateur vis-à-vis du phénomène. Ceci apparaîtra très explicitement dans l'exemple lié aux contrats d'assurance au sein de notre seconde partie.

¹⁰ Voir notamment les extraits isolés par de Scheemaekere (2009, op.cit.), p 71.

Définition 4 : Nous nommerons *situation aléa pratique* une situation aléa dont le phénomène sous-jacent n'est pas de type « mécanique quantique » ni « jeux de hasard », c'est-à-dire une situation aléa correspondant à un cadre usuel de prise de décision.

En faisant cette hypothèse supplémentaire, nous allons voir que ce formalisme permet en pratique de capter de façon unifiée les critiques opérationnelles émises au titre des queues épaisses, du manque d'observations passées ou de l'incertitude.

Supposons l'existence d'une fonction de distribution aléa que nous allons chercher à calibrer. Celle-ci fait forcément référence à un individu et non à un groupe d'individus, sans quoi il s'agirait d'une fonction de distribution hétérogénéité. L'opération de construction de cette fonction de distribution consiste à (i) assimiler l'individu à un ensemble de population donné c'est-à-dire à passer de notre catégorie 2 à notre catégorie 4, puis (ii) à utiliser l'identité entre 4 et 3, avant de (iii) basculer de 3 en 1 par l'omission du changement d'observateur que cela suppose.

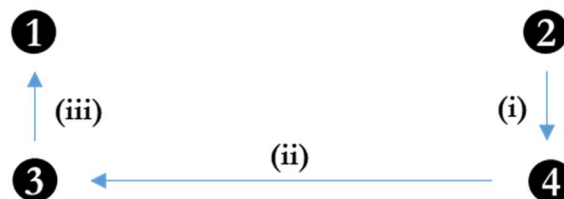


Figure 2 : construction d'une fonction de type 1

Nous avons montré auparavant que la troisième étape était, d'un point de vue conceptuel, non légitime ; nous n'y reviendrons plus. La première est, d'un point de vue pratique, non réalisable objectivement. De fait, on ne saura pas quel groupe d'individus associer à l'individu ciblé. En conséquence,

Résultat 4 : en situation d'aléa pratique, il n'existe pas de calibrage objectif des fonctions de distribution (et des indicateurs associés, tels que l'espérance).

Concernant le salaire de quelqu'un par exemple, doit-on considérer toute la population ? Doit-on ignorer s'il s'agit d'un homme ou d'une femme ? Doit-on ignorer son âge ? Son diplôme ? Son secteur d'activité ? La couleur de sa dernière selle qui renseigne peut-être sur le fait qu'il a les moyens de manger cinq fruits

et légumes par jour ou s'il a troubles intestinaux, indices d'une alimentation dans des conditions d'hygiène peu favorables ? Ultimement, la connaissance de tous ces éléments reviendrait à réduire le groupe d'individus à l'individu considéré, c'est-à-dire à re-basculer dans la catégorie 2 où la distribution de probabilité est un Dirac. Si l'impact de ces paramètres est significatif, le fait qu'on ignore lesquels de ces éléments prendre en compte fait qu'on ne peut construire une fonction de distribution objective. En raison de la caractérisation de plus en plus fine des individus et des événements permise par le *big data*, cet impact est significatif davantage aujourd'hui que par le passé, notamment dans des champs où la finalité assignée à de tels calibrages est précisément d'objectiver la prise de décision. Ce problème de la classe de référence, qui pouvait passer pour théorique lorsque von Mises (1949) a expliqué qu'un événement unique n'est jamais rattachable à une classe, devient donc désormais omniprésent comme nous le verrons dans les exemples évoqués dans la suite, qu'il s'agisse de tarification en assurance, ou des sujets d'allocation d'actifs où l'absence de période de référence et de périmètre de référence objectivement définissables rend utopiques les prétentions des technologies stochastiques usuelles.

Plus globalement, en situation d'aléa pratique, seules existent les fonctions de distribution hétérogénéité -HDF, souvent appelées fonctions de distribution et qui correspondent à ce que von Mises qualifie de probabilité de classe- et non les fonctions de distribution aléa -PDF, souvent appelées fonctions de distribution de probabilité. De fait, seul un caractère hétérogène prospectif pour l'observateur rend univoque son choix de classe de référence face à des données rétrospectives empiriques. Notons que ceci n'empêche en rien que cette HDF soit déterminée prospectivement, comme toute anticipation d'un phénomène déterministe, et non uniquement constatée *ex-post*.

1.6 Synthèse du cadrage théorique

Nous avons posé le cadrage théorique permettant de distinguer deux natures de phénomène différentes : les situations aléa des situations hétérogénéité.

- (1) Lorsqu'un décideur fait face à un événement aléatoire qui ne va se produire, dans le cadre de sa prise de décision, qu'une fois, alors il est en situation aléa. Si, dans le cadre de sa prise de décision, cet événement va se produire une infinité de fois, alors le décideur est en situation hétérogénéité.
- (2) Dans les situations hétérogénéité, le décideur a une connaissance déterministe du monde : il connaît *ex ante* la fonction de distribution des événements qu'il observera *ex post*. Dans les situations aléa, tel n'est pas le cas.

- (3) Ce caractère prévisible ou non du résultat est ce qui permet, de façon plus générale, de délimiter les phénomènes de nature hétérogénéité par opposition à ceux de nature aléa dans les cas non polaires où le nombre de réalisations futures est supérieur à 1 et non infini : si l'erreur de prévision sur la fonction de distribution *observée ex post* par le décideur est négligeable à ses yeux, il s'agit d'une situation hétérogénéité. Dans le cas contraire, il s'agit d'une situation aléa.
- (4) Une situation d'aléa pratique est une situation d'aléa où l'aléa ne découle ni de jeux de hasard ni de la mécanique quantique.

En situation d'aléa, le recours à des grandeurs statistiques repose sur un amalgame entre aléa et hétérogénéité. Les principales conséquences en sont les suivantes :

- (1) En situation d'aléa, il n'est pas pertinent de fonder une décision sur la base de grandeurs statistiques associées à la fonction de distribution anticipée *ex ante*.
- (2) En outre, une telle analyse modifierait alors la perception du phénomène par le décideur, lui donnant une illusion de déterminisme, biaisant son raisonnement et altérant sa capacité de décision rationnelle.
- (3) Qui plus est, en situation aléa pratique, modèle de risque et risque de modèle deviennent indiscernables, il n'est pas possible d'identifier *ex post* de responsabilité (« accountability ») quant à la qualité du modèle.
- (4) Enfin, il n'est alors pas possible de calibrer une fonction de distribution *ex ante* sans arbitraire. Ceci ruine la prétention de tout modèle de risque quantifié.

2. Typologie des champs d'application

« Cela ne vaut rien, ça n'est même pas faux. »
W. Pauli

Le distinguo entre aléa et hétérogénéité offre, soit par lui-même, soit parce qu'il met en évidence des confusions usuelles, un large spectre d'applications. Nous identifions ici une typologie de ces champs, et présenterons ou évoquerons à titre illustratif quelques exemples au sein de chacun des champs identifiés.

Le premier domaine est celui de *la décision solipsiste*, où un individu est placé face à un choix en situation aléa. Les outils descriptifs ou normatifs utilisés pour caractériser la prise de décision dans un tel environnement sont des outils qui sont issus d'une vision hétérogénéité et ne semblent donc pas pertinents. Nous

considérerons ici deux exemples : la théorie de la décision, et l'allocation d'actifs d'un investisseur institutionnel.

Le deuxième domaine est celui des *interactions asymétriques*, où coexistent, autour d'un même phénomène aléatoire, des personnes en situation aléa et des personnes en situation hétérogénéité. Les modalités de prise de décision devraient alors être différentes, mais on peut avoir tendance à plaquer une méthodologie adaptée à la situation d'un des acteurs sur l'autre acteur. Nous présenterons ici deux exemples : celui du choix public où la vision de la société est parfois appréhendée comme un agrégat de visions individuelles, et celui de la différenciation tarifaire en assurance où, *a contrario*, la vision de l'assureur est perçue comme légitime pour décrire la situation de l'assuré.

Enfin, le troisième domaine est celui de la *régulation tierce*, notamment dans le secteur financier, où un régulateur intervient dans la relation entre l'institution financière et le client. Le distinguo entre aléa et hétérogénéité y est particulièrement fertile et peut être lourd de conséquences en termes de design des politiques prudentielles. Nous évoquerons à titre d'exemple différents aspects de la réforme européenne Solvabilité 2 régulant l'industrie de l'assurance.

2.1 Décision solipsiste

Théorie de la décision

Rappelons qu'historiquement, le principe de l'espérance d'utilité a émergé dans un contexte de loterie, c'est-à-dire de jeux répétés, et qu'aujourd'hui encore elle est présentée dans un tel contexte. Ainsi, l'Encyclopédie internationale des sciences sociales (Machina, 2008) prend comme exemple d'incertitude objective la roulette et d'incertitude subjective les courses de chevaux, deux situations où on peut jouer de nombreuses fois. Or, en pratique, les décisions prises le sont généralement en situation aléa. Certes, un individu peut fait face à une succession d'événements uniques différents au cours de sa vie, mais on ne peut considérer cet ensemble comme formant une situation hétérogénéité car ces événements ne sont pas indépendants. Les décisions relatives à son travail, son couple, ses investissements, sa santé, etc. interagissent toutes les unes avec les autres tout comme, pour une entreprise, un choix d'investissement IT, de stratégie produit, ou de développement commercial interagissent entre eux. La vie ne peut donc être vue comme une succession de loteries indépendantes et les décisions significatives en incertain sont prises en situation aléa. Dès lors, fonder une décision en incertain en agrégeant les utilités obtenues dans différents états de la nature par une espérance n'a *a priori* pas de légitimité : l'espérance est dans un tel

cas de figure dépourvue de signification opérationnelle, et prendre pour référentiel cet indicateur relèverait de l'arbitraire.

Or les théories de la décision gravitent autour de l'espérance d'utilité telle que formalisée par Von Neumann et Morgenstern (1944). Si les années qui ont suivi cette formalisation et son axiomatisation par Savage (1954) ont été accompagnées d'hésitations étouffées sur la pertinence des concepts (e.g. Allais, 1953)¹¹, depuis lors cet outil a été abondamment critiqué pour des raisons tant descriptives que normatives (e.g. Kahneman & Tversky, 1979 ; Gilboa, 2009). Face aux critiques de la théorie initiale, notamment descriptives, les économistes qui ont alors entrepris de faire évoluer ce modèle ont toujours conservé le concept d'espérance¹² en faisant évoluer les autres aspects des modèles afin de palier un biais cognitif donné¹³, et ont désormais abouti à la conclusion qu'aucun modèle fondé sur ces bases ne parvient à combiner en une théorie globale les réponses à apporter aux différentes observations¹⁴. Ainsi, les théoriciens de la décision savent désormais que le recours à un indicateur statistique tel que l'espérance a peu de légitimité descriptive et normative. Toutefois, l'espérance ou l'un de ses avatars fournit toujours aujourd'hui le référentiel par rapport auquel (i) on juge la pertinence intellectuelle des choix (respect ou non d'une utilité espérée) et (ii) on juge les préférences psychologiques des décideurs (prime de risque définie comme écart entre l'espérance d'utilité et l'utilité de l'espérance, e.g. Pratt, 1964).

S'il est désormais accepté que les axiomes de Savage ne correspondent pas, en tant que tels, à des critères de décisions rationnels (Gilboa, op. cit.), ils semblaient, abordés sous le prisme de l'espérance d'utilité, l'être (le cas échéant

¹¹ Ainsi, bien qu'Allais mentionne au détour d'une page qu'il « est évident que, *s'il s'agit d'un coup isolé qui ne se représentera pas, la justification fondée sur la loi des grands nombres ne vaut plus du tout*. Or, et précisément, *la plupart des cas où nous avons à prendre des décisions aléatoires sont des cas isolés* », il commence par placer « la considération de l'espérance mathématique » parmi les « quatre éléments [fondamentaux] dont toute théorie du risque doit *nécessairement* tenir compte ».

¹² Les modèles appartenant au champ dit « *non-expected utility* » ont largement recours à l'espérance : on peut noter par exemple, outre la *prospect theory* qui utilise l'espérance, la *rank-dependent expected utility*, la *maximin expected utility*, ou encore la *Choquet expected utility*.

¹³ à l'instar de Friedman et Savage (1948) introduisant une utilité concave au-dessus du revenu et convexe en dessous pour décrire la souscription simultanée d'une assurance et d'un pari, ou de Kahneman et Tversky (1979) introduisant de façon similaire une utilité fonction de la richesse initiale pour refléter certaines de leurs observations empiriques, ou plus généralement toutes les tentatives consistant à distordre soit la fonction d'utilité soit la fonction de probabilité par des probabilités subjectives.

¹⁴ Camerer (1989) est particulièrement pessimiste, indiquant que cela serait trop complexe, que lister toutes les violations observées serait trop long et recenser les implications des différentes théories sur les résultats obtenus par l'utilité espérée serait difficile. Si Barberis (2013) offre un *satisfecit*, on peut toutefois déduire de son analyse qu'on est toujours incapable de modéliser de façon unifiée les événements de queue, cf. *infra*.

modulo les déformations préalables de la distribution de probabilité et de la fonction d'utilité). Il existait donc une incohérence de résultats entre les deux formalismes de la théorie de la décision standard. Notre présente analyse permet d'apporter une réponse à cette dissymétrie entre les deux parties de l'équivalence démontrée par Savage en offrant un pendant dans le cadre formel de l'espérance d'utilité aux critiques du caractère rationnel de ses axiomes. De fait, dès lors que le décideur est plongé en situation aléa, l'espérance, (ou tout autre indicateur statistique agrégé) étant vide de sens opérationnel, ne peut-être qu'un référentiel arbitraire pour ce décideur. Le caractère arbitraire de ce référentiel peut expliquer la longue marche vers l'*ad hoc* d'une théorie de la décision qui semble désormais dépourvue de perspective¹⁵, de la même façon qu'un référentiel géocentrique, en raison de son arbitraire, a condamné les astronomes à mettre en place des mécanismes *ad hoc* pour décrire le mouvement des planètes, avant d'être finalement abandonné.

Le danger d'une telle critique est qu'elle ne permet pas de substituer une autre grandeur statistique à l'espérance, car toute candidate ou tout ensemble de statistiques tel qu'un couple risque/rendement serait pareillement entaché d'arbitraire. De fait, une statistique ne pouvant s'incarner qu'en cas de situation hétérogénéité, toute grandeur statistique autre que l'espérance serait pareillement issue de la transposition viciée d'un concept, par un formalisme mathématique, en dehors de son champ de définition. Ainsi, nous soutenons qu'il n'existe pas de référentiel statistique quantitatif alternatif permettant de s'affranchir des critiques que nous adressons à l'encontre de l'espérance d'utilité. Dès lors, une solution alternative devrait s'interdire de synthétiser chaque option par un indicateur, ne permettant un gain en pertinence qu'au prix d'une perte très significative en tractabilité. Nous verrons dans la dernière partie quelle alternative proposer.

Au-delà, notre prisme d'analyse permettrait d'expliquer l'aversion à l'ambiguïté observée sous la forme d'un comportement naturel face à l'aléa. De fait, cette observation est généralement testée sous forme de pari, plaçant le cobaye dans une ambiance de jeu répété. Dans une telle situation, le risque est perçu comme hétérogénéité, alors que l'incertitude reste perçue comme aléa puisque ne connaissant pas la probabilité de départ, on ne peut exclure que, même après un

¹⁵ Voir Camerer (op.cit.). Plus récemment, Barberis (op.cit.) soulignant les apports de la dernière décennie à la psychologie des événements de queues, explique ainsi que deux problèmes subsistent : dans la phase d'analyse (intellectuelle), la sur-estimation des événements rares est parfois une sous-estimation, et dans la phase de décision (psychologique), la sur-pondération des probabilités associées est parfois une sous-estimation. Autrement dit, rien ne se dégage lorsqu'on considère l'espérance comme référentiel.

nombre conséquent de répétitions, la probabilité d'une résultante adverse soit non négligeable. Dès lors, le problème de l'ambiguïté ne serait pas une méconnaissance des probabilités, mais du champ des possibles.

Investissement de long terme¹⁶.

Les décisions d'allocation d'actif sont généralement objectivées en se fondant sur la comparaison des couples risque/rendement de différents portefeuilles envisageables.

Le fondement de l'utilisation de tels outils est d'objectiver la prise de décision. Or la détermination du couple risque/rendement du portefeuille s'appuie sur l'appréciation des couples risque/rendement des classes d'actifs le composant, l'horizon temporel des métriques considérées devant être celui du décideur afin de capter les fluctuations non mutualisées sur la durée de détention des actifs. Comment les mesurer ? De façon duale, le problème de la classe de référence peut émerger : pour un horizon temporel donné, par exemple de l'ordre de la décennie, si le risque sur cet horizon n'est pas négligeable, alors la combinaison d'un contexte macroéconomique mouvant et de la profondeur de données nécessaire ne permettront pas d'estimer une espérance de rendement sans recours à des « jugements d'expert ». Or l'introduction d'un « jugement d'expert », relevant par essence de ce qui n'est pas objectivable quantitativement, est précisément contraire à l'ambition d'objectivation de la décision qui est la raison d'être de ces outils. Réciproquement, s'il est possible d'estimer objectivement l'espérance de rendement, cela signifierait que le risque est négligeable. *In fine*, les notions de couple risque/rendement quantifié et, par corollaire, de frontière d'efficience, ont-elle une existence opérationnelle ?

Qui plus est, comme évoqué dans la partie précédente, une décision d'allocation stratégique d'actifs est prise un faible nombre de fois au cours du mandat d'un dirigeant. Le décideur ne peut donc pas mutualiser sur le très long terme le rendement qu'il obtiendra, ceci lorsqu'il rend des comptes tant à ses actionnaires qu'à ses clients. Il en va de même pour un particulier investissant sur une durée donnée, fut-elle de plusieurs années. Les investisseurs sont donc en situation aléa. Dès lors, la question de la pertinence d'une décision fondée sur des indicateurs statistiques se pose : soit le risque est considéré comme non négligeable et l'espérance, qui n'est pas un estimateur du résultat qui sera obtenu, n'est pas une évaluation de ce qui sera *effectivement* constaté : elle est dépourvue de sens opérationnel et ne devrait donc pas contribuer à fonder une décision ;

¹⁶ Cette problématique fera spécifiquement l'objet d'un prochain article.

soit le risque est considéré comme négligeable, et il n'est alors plus utile de prendre en compte un équilibre risque/rendement.

Par ailleurs, en termes de gouvernance, faute de discernabilité entre variation inhérente au phénomène et erreur de modèle, de tels processus d'optimisation de couple risque/rendement en environnement non prédictif ne permettent pas d'identifier des responsabilités (« accountability ») quant à la qualité de l'analyse et de la décision.

En synthèse, on constate que ces outils correspondent à une vision extérieure à celle du décideur ou de ses clients, celle d'un être planant avec plusieurs siècles de recul sur notre monde actuel. Eux sont en revanche plongés dans une situation aléa au sein de laquelle les outils d'optimisation d'un couple {indicateur de risque/espérance de rendement} reposent sur des indicateurs non pertinents, ne sont pas calibrables objectivement alors que telle est leur ambition revendiquée, et n'engagent aucune responsabilité. La dernière partie proposera une technologie d'allocation d'actifs alternative.

2.2 Interactions asymétriques

Individus et société

La clarification de la confusion entre les situations d'aléa et les situations d'hétérogénéité est féconde dans de nombreux domaines liés à la décision publique et à la responsabilité des décideurs. En effet, de façon générale, le passage du collectif (hétérogénéité) à l'individuel (aléa) et vice-versa nécessite un changement de point de vue, sans que cette nécessité soit toujours perçue. Réciproquement, ce distinguo permet d'expliquer certains mécanismes juridiques comme des heuristiques permettant de traiter la différence d'approche nécessaire.

Samuelson (op.cit.), dans son article au résultat simulant car dérangeant portant sur la *Fallacy of Large Numbers*, mène son raisonnement en décomposant une situation hétérogénéité et en représentant la décision globale associée comme une succession de décisions prises les unes après les autres en situation aléa. Or¹⁷ il n'est pas pertinent de décomposer une situation hétérogénéité en représentant la décision associée comme une somme de décisions faisant face à des situations aléa¹⁸. Prenons un exemple simple : lorsque l'Etat français lance Airbus, le

¹⁷ Tout comme juger de la qualité d'une probabilité décrivant l'hétérogénéité en fonction d'une unique observation par nature aléatoire est une erreur de raisonnement.

¹⁸ Martin et Pindyck (2015), bien que ne distinguant pas l'aléa de l'hétérogénéité (eg. " *the willingness to pay to avert the death of a fraction p of the population is much greater than the willingness to pay to avert a drop of the consumption by the same fraction. This should not be surprising; most people would pay far more to*

Concorde, le TGV, le Plan calcul, Ariane et le nucléaire civil ou lorsque Google se lance tout à la fois dans la génomique, les lunettes connectées et les voitures sans conducteur, il s'agit d'une politique globale devant être appréhendée d'un bloc. *Ex post*, on constate ou non qu'il s'agissait globalement d'une décision pertinente. Celle-ci forme un tout indissociable, et on ne peut pas considérer qu'*ex ante*, on aurait dû prendre certaines sous-décisions et d'autres non. Il n'y aurait pas de sens à reprocher à l'Etat français d'avoir lancé le Plan calcul ou à Google d'avoir investi sur les lunettes connectées : s'ils ne l'avaient pas fait, il n'y aurait pas eu non plus d'investissement dans Airbus, le nucléaire ou les voitures sans conducteur.

De façon analogue, le fait qu'un choix puisse être pertinent en situation d'hétérogénéité et non en situation d'aléa peut être un élément d'explication au fait que, en matière d'évolution, les organismes subissent des évolutions génétiques aléatoires. Certes, l'aléa n'est sans doute pas souhaitable au niveau individuel : une mutation est souvent un défaut et un individu placé face à l'option d'avoir un gène aléatoirement déviant refuserait sans doute. Mais l'hétérogénéité de ces mutations est bénéfique à l'espèce, qui peut se permettre des pertes ponctuelles et a beaucoup à gagner en cas de développement inopiné de nouvelles capacités : l'espérance, qui n'avait pas de sens pour l'individu, en a pour l'espèce.

Un risque individuellement trop élevé peut donc être constitutif d'une hétérogénéité bénéfique à la société, ou inversement. Face à ces divergences de pertinence entre un choix individuel en situation d'aléa et le cumul de choix individuels au sein d'une société en situation d'hétérogénéité, nos sociétés semblent avoir développé des heuristiques pour distordre les prises de décisions individuelles par des mécanismes qui brident la prise de risque ou bien au contraire la promeuvent. Dans la première catégorie, on retrouve par exemple les régulations prudentielles, qui visent à empêcher les institutions financières et leurs dirigeants de prendre autant de risques qu'ils le souhaiteraient, afin de limiter les faillites. A l'opposé, on retrouve dans la deuxième catégorie le principe de la société anonyme, qui permet de protéger le patrimoine des dirigeants et des actionnaires contre les demandes des créanciers en cas de faillite. Quelle est la différence entre ces deux situations ? Dans le premier cas, ceux qui subiront les conséquences de la faillite sont les épargnants ; dans le second, ce sont les fournisseurs. Les épargnants ne multiplient généralement pas les comptes épargne retraite : face à la faillite de leur banquier, ils sont en situation d'aléa. Surtout, en cas de réaction en chaîne, toute leur épargne est touchée par une

avoid a 5 percent chance of dying than they would to avoid a 5 percent drop in consumption"), montrent que, confronté à la possibilité d'éviter un ensemble d'aléa, un raisonnement séquentiel n'est pas optimal : " although naive reasoning would suggest using a sequential decision [...] such a rule is not optimal".

baisse des marchés financiers : ici encore, il s'agit de situation aléa. L'enjeu n'est alors plus l'espérance : l'éventualité d'une ruine serait trop douloureuse pour les épargnants concernés, et il faut donc limiter sa potentialité et son impact. La société, en biaisant la prise de risque qui serait optimale du point de vue des actionnaires de l'entreprise régulée (qui diversifient leurs placements et sont donc dans une situation hétérogénéité poussant à la prise de risque de chacune des entreprises), protège les épargnants qui sont en situation aléa. *A contrario*, si une entreprise standard fait faillite, ses fournisseurs ne seront pas remboursés et ils perdront une partie de leur chiffre d'affaires. Mais, pour la plupart de ces derniers, il s'agit là d'une situation hétérogénéité : statistiquement, ils savent à l'avance qu'ils devront subir des pertes d'un client ou d'un autre, et un équilibre pertes/gains peut alors être socialement mis en place. Il est efficace et il ne faut pas venir le perturber par un dirigeant qui serait, lui, en situation d'aléa en répondant de la faillite sur ses biens propres. La société limite cette perturbation en limitant la responsabilité du dirigeant.

Ce distinguo entre un individu faisant face à de l'aléa et la société faisant face à de l'hétérogénéité peut être étendue à un niveau supérieur : celui de la société en tant qu'espèce. Ainsi, notre espèce ayant acquis la capacité de modifier l'ensemble de la planète (climat, OGM, etc.), c'est l'espèce humaine qui se trouve, pour certains de ses choix, en situation aléa. Taleb et al. (2014) indiquent que le principe de précaution devrait s'appliquer aux OGM et non au nucléaire en étayant leur argumentation sur le distinguo queue épaisse vs. queue fine et la distinction risque vs. incertitude. Nous partageons leur conclusion mais elle nous semble pouvoir être atteinte de façon plus simple et directe à l'aide de notre dichotomie. Ainsi, les OGM représentent pour la société humaine une situation aléa : si elle ne peut être analysée sous un angle risque/rendement, ce n'est pas tant parce que les probabilités sont inconnues comme l'indiquent Taleb et al. que parce que la notion de couple risque/rendement quantifié n'existe pas et qu'une décision ne peut donc dans un tel cas de figure être prise sur la base d'indicateurs statistiques. *A contrario*, à l'échelle d'un pays équipé de plusieurs dizaines de centrales et les faisant fonctionner sur plusieurs décennies, un accident sur une centrale nucléaire relève pour la société d'une situation d'hétérogénéité.

Tarifification et différenciation en assurance

Un autre champ d'interaction asymétrique est celui de la tarification en assurance, et de l'articulation entre l'assuré et l'assureur. Historiquement, les tarifs correspondaient au « prix du risque » d'une case tarifaire, assez large et considérée comme homogène, auquel était ajoutée une marge. Avec les progrès de la génomique, l'essor des réseaux sociaux, l'arrivée des objets connectés, le

développement de l'informatique et les avancées des *data sciences*, le *big data* permet de segmenter de façon toujours plus fine. D'une part, d'un point de vue technique, pour affiner la prime pure en fonction du risque individuel et, d'autre part, d'un point de vue commercial, pour affiner la marge en fonction du consentement à payer individuel. Face à cela, les sociétés européennes et américaines, animées d'un même souci d'éviter une différenciation considérée comme non souhaitable sur le plan des principes (une discrimination indue), réagissent de façon opposée. Ainsi, l'Europe, malgré une évolution sociétale modifiant le poids relatif de l'individu par rapport à la société et conduisant à des revendications de payer « le prix de son risque », limite les possibilités de différenciation de la prime pure, interdisant par exemple de tarifier en fonction du sexe (Conseil Européen, 2004 ; CJUE, 2011). *A contrario*, les associations de consommateurs américaines (CFA, 2013) souhaitent interdire la *price optimisation*, c'est-à-dire la fixation de marges fonction du consentement à payer, en soulignant que *la seule discrimination légitime est la différenciation actuarielle fondée sur le « prix du risque », « fair price »*. Cette dernière position s'inscrit dans une tradition jugeant la prime pure comme le référentiel déterminant le « juste prix » (Daston, 1989 ; « fair », Feller, 1968, p249). La prime pure est-elle le « fair price » pour l'assuré ?

Si l'assureur fait face à une situation hétérogénéité, l'assuré est lui en situation aléa. L'espérance est une vision pertinente pour l'assureur chez qui elle s'incarnera (si ses modèles sont bons), dans une moyenne. En revanche, il n'y a pas de raison de transposer ce raisonnement à l'assuré en considérant que le coût pour le producteur correspondrait au « juste prix » pour le consommateur. L'espérance n'ayant pas de pertinence en situation aléa, la prime pure n'a pas de légitimité particulière aux yeux de l'assuré et le « juste prix » ne répond pas, *de son point de vue*, à un critère de justice. La revendication d'un assuré de « payer le prix de son risque » semble donc sans fondement : imposer comme l'Europe le fait des limites à la différenciation tarifaire n'est pas contestable *au nom d'une morale individuelle*, et revendiquer, comme certaines associations américaines le font, un tarif fondé par principe sur le coût du risque comme étant « fair » est sans objet. Dès lors, cela recentre le débat sur la discrimination sur la question de son efficacité économique (équilibre entre exclusion et aléa moral), le juste prix n'étant rien d'autre que le prix concurrentiel sur le marché ainsi régulé.

Parallèlement, l'assureur voit son rôle s'élargir de sa mission historique d'indemnisation financière vers la prévention individualisée et le conseil en gestion des risques. Si, comme nous l'indiquons, les outils d'analyse économique pertinents pour appréhender les risques du point de vue de l'assureur ne le sont pas pour l'assuré, alors, pour le conseil personnalisé en gestion des risques, les

assureurs devraient construire des outils *ad hoc*, à l'instar des médecins remettant en cause leur communication aux patients fondée sur l'information statistique.

2.3 Régulation tierce

L'Union Européenne introduit, depuis une quinzaine d'années, une nouvelle régulation prudentielle dans le secteur de l'assurance (Commission Européenne, 2009). Celle-ci repose, pour sa dimension quantitative, sur des exigences de fonds propres correspondant à une VaR annuelle à 1/200. Dans ce cadre, le distinguo entre aléa et hétérogénéité est lourd de conséquences. Nous n'en mentionnerons ici que quelques-unes¹⁹.

1. La régulation prévoit l'utilisation de modèles internes, susceptibles de mieux décrire les risques de l'entreprise en étant plus adaptés à ses spécificités. Or, si un législateur ou un régulateur sont, face à une industrie composée de nombreuses entreprises, en situation d'hétérogénéité, l'entreprise est, elle, en situation d'aléa lorsqu'elle appréhende sa capacité de survie. Autoriser les entreprises à utiliser un modèle interne en cas d'accord du régulateur, c'est transposer à ce dernier, lorsqu'il devra porter un jugement sur chaque modèle, la nature aléa de la situation. Alors, dans une telle situation, du fait de la porosité entre modèle de risque et risque de modèle et de l'absence de responsabilité qui en résulte, il ne sera pas possible d'objectiver scientifiquement, ni *ex ante* ni *ex post*, la pertinence des modèles internes qui seront utilisés.
2. La régulation mentionne une VaR des fonds propres à 99,5%, ce qui est mathématiquement univoque. Mais il n'est pas possible de calibrer opérationnellement ce montant car on ne sait pas, dans l'analyse fréquentielle sous-jacente, quel est le périmètre d'hétérogénéité visé. S'agit-il de l'hétérogénéité des entreprises constituant l'industrie dans sa globalité, auquel cas on s'attendrait à ce qu'une entreprise sur 200 environ fasse faillite chaque année et que les calibrages soient revus annuellement, ou bien s'agit-il de l'hétérogénéité de la situation des marchés financiers dans le temps, et le calibrage devrait alors, entreprise par entreprise, rester stable dans le temps et être tel que chaque entreprise fasse statistiquement faillite une année tous les deux cents ans environ ? Faute d'avoir distingué aléa et hétérogénéité, la réglementation n'a pas identifié qu'elle devait préciser si l'interprétation opérationnelle de son quantile devait être temporelle ou géographique. Bien évidemment, la puissance publique aurait intérêt à ce

¹⁹ Ces problématiques, dont certaines doivent également prendre en compte la corrélation des situations financière entre compagnies *via* une exposition plus ou moins partagée aux risques financiers, feront spécifiquement l'objet d'un prochain article.

que le résultat soit « 0,5% du marché en faillite chaque année », ce qui serait gérable pour elle, mais cela ne semble guère être l'orientation retenue puisque les calibrages ne sont pas revus annuellement.

3. Au-delà, ceci peut expliquer la surprise qu'ont eue régulateurs et régulés, à partir de 2008, concernant la volatilité et la procyclicité de Solvabilité 2, telle qu'illustrée par exemple dans ces considérants de l'EIOPA (2013) « The proposed measure named "Volatility Balancer" would be based on the following premises: It would be designed to deal [...] *with the unintended consequences of volatility* ». De fait, si l'ambition d'une réglementation *risk based* était de capter l'hétérogénéité entre les entreprises, l'unicité formelle des outils a naturellement capté également l'aléa temporel. Cette volatilité était anticipable, mais sa gestion est désormais le cauchemar de l'ensemble des acteurs : régulés, régulateurs et pouvoirs publics.

Plus largement, le fait que les institutions financières et leurs régulateurs aient eu tendance à se reposer excessivement sur les modèles quantitatifs avant la crise de 2008 (Ashby, 2011) peut s'expliquer par le fait qu'ils avaient l'habitude d'utiliser des modèles performants dans un univers métier/tarifification. En transposant ces modèles dans un univers pilotage/risques, la nature des modèles a changé, puisqu'on est passé de modèles prédictifs (hétérogénéité) à des modèles non prédictifs (aléa), et ce changement de nature des modèles n'aurait pas été perçu par les utilisateurs ou leur environnement. De façon générale, ceci pose la question de la pertinence d'une gestion des risques telle qu'adoptée par les CRO de type « *quantitative enthusiast* » dans la classification élaborée par Mikes (2011).

3. Quelle alternative ?

« La vraie pensée, celle qui fait l'âme, la matière, celle qui est archaïque, c'est celle qui sent plutôt que celle qui analyse. Oui, l'analyse est à la portée de tout le monde. La vraie intelligence consiste à sentir, donc à déterminer l'action et la décision. L'exercice suprême de l'intelligence, c'est la décision. Il y a des centaines, des milliers d'analystes brillants mais peu de décideurs. La décision - une fois qu'on a fait 80% d'analyse -, c'est le vide qu'il y a entre le moment où l'on saute et celui où on réussit. Il faut donc du courage parce qu'il faut sauter. Il n'y a pas d'intelligence sans courage. »

O. de Kersauson, Le Monde comme il me parle.

3.1 Le problème à résoudre

Rappelons les principaux problèmes qui résultent du fait que, dans de nombreux domaines des institutions financières tels que la régulation, l'allocation d'actifs

ou le *risk management*, on utilise des grandeurs statistiques, c'est-à-dire des outils de description de l'hétérogénéité, pour appréhender l'aléa.:

Premièrement, cela fausse la perception de la situation par le décideur puisque le risque, dès lors qu'il est quantifié, n'est plus perçu comme un risque. Cette perception faussée biaise la prise de décision qui ne peut alors plus être en phase avec la situation du décideur, et ne saurait donc être considérée comme rationnelle de sa part²⁰.

Deuxièmement, ces grandeurs ne sont généralement pas calibrables, ou du moins pas sans choix arbitraires. Ceci a pour conséquence que la décision est prise sur des fondements quantitatifs à la fois non objectifs, et techniquement complexes donc dont les choix sous-jacents sont non accessibles aux décideurs. En d'autres termes, cela signifie que la subjectivité censée être la prérogative du décideur est déléguée à l'analyste : la décision n'est donc pas prise au bon niveau.

Qui plus est, étant donné que (i) le décideur est considéré comme rationnel si et seulement si il utilise les résultats issus de ces calibrages, et (ii) la qualité du calibrage fournie par l'analyste ne pourra jamais être évaluée, il n'est plus possible d'établir de responsabilité quant à la qualité de la prise de décision.

Troisièmement, quand bien même ces grandeurs seraient calibrables, par exemple pour un individu jouant toute sa fortune et ses revenus futurs sur un coup au casino, ou bien jouant à la roulette russe, le recours à des indicateurs statistiques resterait quoi qu'il en soit dépourvu de sens. De fait, ces indicateurs correspondent à une réalité tangible uniquement pour l'observateur en situation d'hétérogénéité, pour qui ils permettent effectivement d'anticiper le phénomène à venir dont l'espérance par exemple s'incarnera dans une moyenne, mais non pour l'observateur en situation aléa qui ex-post n'observera qu'une unique réalisation *et devra gérer cette unique issue*.

Les outils sur lesquels s'appuyer pour prendre une décision en incertain, afin d'éviter ces défauts, doivent donc permettre notamment de *réintroduire cette sensation d'aléa* et *d'assumer la subjectivité au bon niveau*.

Ceci impose de relâcher (i) l'ambition de compaction de l'analyse jusqu'à sa réduction à un ou plusieurs indicateurs déterministes ayant la prétention de synthétiser l'ensemble des possibles, réduction qui nous semble dégrader la

²⁰ Blamont (2005) observe que « la science se crée contre le témoignage de nos sens, [...] contre l'intuition ». Effectivement, la science doit peut-être procéder ainsi car être objectif, c'est ne pas avoir de point de vue... mais le décideur *doit* avoir un point de vue : sa décision est (rationnellement) contingente à sa position.

perception par le décideur de la nature de la situation (aléa et non hétérogénéité) à laquelle il fait face, et (ii) l'ambition d'objectivité quantitative, à nos yeux impossible à atteindre.

3.2 La structure d'une solution

Selon Solé (2000), les individus prennent leurs décisions en catégorisant les futurs envisageables en trois classes : ce qui est impossible (les Impossibles), ce qui peut arriver (les Possibles), et ce qui est inéluctable (les Non-Impossibles, dont on ne peut pas envisager qu'ils ne se produisent pas). Ces schémas mentaux sont notamment le résultat inconscient de la culture et du vécu de chacun. Ils définissent notre perception du réel : un schéma mental d'analyse qui cadre la prise de décision de chacun. Nous proposons de repartir de ce schéma de prise de décision, compatible avec une rationalité limitée à *la Simon*, amendé pour prendre en compte le fait que le décideur se trouve ici face à une situation d'aléa consciente : il sait ne pas savoir et formalise précisément sa prise de décision autour de cette dimension d'incertitude.

Le processus d'analyse et de décision repose sur les étapes suivantes :

- (i) Identifier l'ensemble des états de la nature envisageables : ouvrir le champ des Possibles potentiels du décideur.
Cette première étape peut être majoritairement portée par les équipes techniques en soutien du décideur. Il leur incombera notamment de regrouper par blocs l'ensemble des possibles par l'élaboration d'une typologie afin d'en avoir un nombre suffisamment faibles pour que leurs implications puissent être concrètement analysées. Par exemple pour une décision d'allocation d'actifs, ce sera une typologie de scénarii possibles : défaut de tels émetteurs souverains accompagné d'une baisse des actions et d'une hausse de l'immobilier ; taux négatifs accompagnés d'une hausse des actions et de l'immobilier ; etc.
- (ii) Après ce recensement le plus exhaustif possible, rejeter les scénarii qui seraient considérés comme Impossibles *par le décideur* afin de ne garder que ses possibles.
Par Impossibles, nous entendons ici ceux dont il ne souhaite pas prendre en compte l'éventualité de survenance car il la juge négligeable, car c'est un risque *assumé*, qu'il accepte de courir. Par exemple, pour une allocation d'actifs, ne conserver que ceux dont le décideur ou l'instance de décision considère ne pas pouvoir négliger l'occurrence, et parmi ceux-ci identifier celui auquel il « croit le plus ».

- (iii) En analysant l'impact des différentes actions possibles dans chacun des scénarii restant, choisir l'action qui maximise son utilité dans le scénario auquel « il croit », sous contrainte que ses conséquences soient acceptables dans les cas considérés susceptibles de se produire par l'instance de décision. Dans notre exemple d'investissement, cela consisterait à retenir l'allocation maximisant le rendement dans le scénario privilégié, sous contrainte que ce rendement reste acceptable dans les autres scénarii envisagés.

Un tel processus peut sembler choquant car il ne fait pas intervenir de probabilités en tant que telles, mais uniquement le paramètre « négligeable ou non ». Toutefois, d'un point de vue normatif, ceci est en phase avec l'absence de signification en situation aléa d'un indicateur statistique tel qu'une probabilité et, d'un point de vue descriptif, cela apparaît naturel au regard des analyses de Solé²¹.

3.3 Avantages /inconvénients

Inconvénients

²¹ Certes, cela est contradictoire avec l'apologue d'Arrow (1951) qui, pour justifier le fait qu'un raisonnement de prise de décision en incertain ne saurait se passer d'un recours à des probabilités, utilise cet exemple concret:

If an individual were told to predict whether or not two heads would come up in successive throws of a fair coin and further informed that he would lose his life if he guessed wrong, I find it very hard to believe that he would disregard the evidence of the calculus of probabilities... An extension of this suggests that in almost any reasonable view of probability theory the probability of a single event must still be the basis of action where there are genuine probabilities

Mais cet exemple, au-delà du fait qu'il néglige le problème central qu'est celui de la classe de référence pour un choix dans un contexte plus réaliste, simplifie à l'excès un autre aspect de la « vraie vie ».

Un choix tel que celui proposé par Arrow est celui entre A (décéder) avec probabilité p (1/4) ou bien A avec probabilité p' (3/4). En situation réelle, même fortement simplifiée, un individu n'est pas confronté au choix entre A avec probabilité p , et B avec probabilité p' . Par exemple, supposons qu'à votre départ en retraite, vous puissiez mettre vos économies, 1M€ dans une loterie qui vous rapportera en cas de succès 2, voire 10 ou 100M€. Cela signifie que vous avez le choix entre détenir in fine 1M€ avec probabilité $p=1$, ou jouer 2M€ avec probabilité p' vs. 0 avec probabilité $1-p'$. Si on pose alors la question « le résultat est-il fonction du fait que p' vaille 0,5 ou 0,8 ou 0,2 ou 0,99 ou encore 0,01 » on s'aperçoit que l'assertion d'Arrow devient bien moins évidente. Le seul enjeu ici, pour décider de prendre ou non le pari, devient : « puis-je négliger la perspective de perdre mes économies ? » soit, en d'autres termes : « Perdre appartient-il à ce que je considère, subjectivement et opérationnellement, comme un Impossible ? ».

Le point bloquant est qu'une théorie de la décision en tant que telle doit *nécessairement* reposer sur la capacité à agréger l'ensemble des outputs d'une décision suivant les différents états de la nature envisageables, c'est-à-dire construire un indicateur statistique, afin de comparer son estimation dans les différentes actions. Le problème est que la pertinence en situation aléa d'un tel indicateur, quel qu'il soit, est précisément ce que nous affirmons impossible. Et la théorie de la décision en incertain a précisément pour ambition de traiter des situations aléa. Le processus que nous proposons est donc certes une alternative à la théorie de la décision, mais *une alternative fortement dégradée du point de vue de la capacité à inférer des résultats généraux dans le cadre d'un formalisme mathématique faisant appel à des formules fermées ou des opérateurs d'optimisation*. En d'autres termes, le prix à payer pour notre pertinence descriptive et normative est *l'abandon de l'ambition d'une théorie de la décision pour se contenter d'une méthodologie de décision*.

Ce *process* a par ailleurs comme principal défaut opérationnel d'être long, pouvant nécessiter des itérations et le cas échéant une révision de la notion de « conséquences acceptables »²².

En outre, d'un point de vue psychologique, ce processus est plus lourd à porter pour le décideur qui doit assumer l'arbitraire de sa décision, sans pouvoir se défausser sur un technicien dissimulé ni une statistique éthérée.

Avantages

En revanche, si ce processus est moins « tractable » que celui de l'espérance d'utilité, il n'est pas moins « quantitatif » puisque les méthodes fondées sur une espérance font quoi qu'il en soit appel à des distorsions de la fonction de probabilité (et à des fonctions d'utilité) qu'on ne parvient pas à généraliser (Barberis, op.cit.)

Par ailleurs, si une telle méthodologie est plus exigeante en temps pour le décideur, c'est parce qu'elle l'oblige à s'approprier l'analyse qui devient indissociable de la décision, puisque la catégorisation d'une éventualité en tant qu'Impossible (ou, en négatif, sa non identification) relève à la fois de l'analyse et de la prise de décision. Cette porosité semble en phase avec les apports de

²² Voir de la catégorisation « négligeable » de la deuxième étape.

Dans l'épure théorique, les conséquences acceptables et la classification des scénarii comme possibles ou impossibles sont deux décisions hermétiquement disjointes et indépendantes. Toutefois, tout comme, lorsqu'on impulse un changement ou bâtit une stratégie, il peut apparaître une rétroaction des objectifs qu'on se fixe vers les moyens dont on dispose, les seconds ne déterminant pas unilatéralement les premiers suivant une logique comptable, de même des allers retours peuvent ici générer échéant une révision de la notion de « conséquences acceptables ».

disciplines autres que l'économie, qui soulignent une indissociabilité entre l'analytique et l'anticipation « émotionnelle » du futur dans la prise de décision (Damasio, 1995). Elle est également cohérente, en termes organisationnels, avec les mécanismes d'analyse et de décision qu'on observe en entreprise où il existe un continuum entre le technique et le politique (expert, manager, directeur, Comex).

Qui plus est, ce processus permet d'assumer la subjectivité du décideur : il le rend responsable de ses décisions. Il évite notamment l'assimilation diffuse et omniprésente entre « probabilité faible » et « impossible » qui est, paradoxalement, propice à la fois à tous les dédouanements et à toutes les dénonciations passionnelles dans les cas de survenance d'événements adverses.

Ainsi, le « temps de direction » nécessaire à la mise en œuvre de ce process est le coût nécessaire pour permettre une décision à la fois éclairée et assumée.

D'un point de vue plus théorique, la porosité entre analyse et décision induite par cette méthodologie est également en phase avec le fait de cesser de qualifier de « biais psychologiques » les entorses au principe de l'espérance d'utilité dont nous avons vu qu'il n'a rien de rationnel. Nous extraire ainsi d'un cadre où les écarts au principe de l'espérance sont perçus comme des biais psychologiques/cognitifs est nécessaire car, dès lors que l'espérance est disqualifiée comme vide de sens, on ne peut pas considérer que ce qui relève de l'espérance correspondrait à une analyse intellectuelle par opposition au résidu qui relèverait d'une dimension psychologique, tout comme on ne peut considérer une espérance d'utilité sous probabilité objective comme cadre normatif. De même, l'articulation entre concavité de la fonction d'utilité et espérance d'utilité comme moyen de capter une « aversion risque » est à nos yeux un truisme. La concavité (satiété) et le fait d'être au-dessus de ses cordes (supériorité de l'utilité de l'espérance à l'espérance de l'utilité) étant deux propriétés mathématiquement équivalentes, définir et caractériser l'aversion au risque par la concavité de la fonction d'utilité consiste juste à donner un autre nom à la satiété. Ce « nouveau concept » d'aversion au risque, construit autour de la notion d'espérance, n'a plus de sens si ce point de référence n'en a pas. Conservons-donc une fonction d'utilité à la Khaneman et Tversky pour traduire une satiété dont il est aisé d'accepter qu'elle soit contingente à la situation d'une personne telle que sa richesse à t_0 , mais cessons de vouloir lui faire traduire une caractéristique psychologique apparemment fondamentale. Ceci la conduit dans des impasses telles que le paradoxe des personnes à la fois risque-averse (souhaitant s'assurer) et risquophile (jouant à la loterie), alors que cette

constatation n'a, dès lors qu'on relâche l'espérance comme point de référence, plus rien de paradoxal.

Enfin, l'impasse tautologique inhérente à l'axiomatisation de Savage soulignée par Gilboa et Cie (2008) se retrouve, sous une forme différente, dans la formalisation par une espérance d'utilité lorsqu'il s'agit de définir une probabilité. Par exemple, lorsqu'un économiste à qui je demandais ce qu'il voulait dire en affirmant que « X avait une chance sur deux de gagner la prochaine élection » me répondit « *quand je dis une proba 1/2, c'est que c'est ce que je prendrais si je devais maximiser ma fonction d'utilité* »²³. Notre processus nous extrait de cette aporie.

3.4 Une méthodologie cohérente avec certaines heuristiques

Si cette méthodologie est antagoniste avec les canons actuels de la théorie de la décision, elle est en revanche alignée avec certaines pratiques des professionnels.

Lorsque les assureurs transforment l'aléa d'autrui en hétérogénéité, une certaine porosité peut comme nous l'évoquions apparaître entre ces deux natures de phénomènes. Dans ce cas, une heuristique (aujourd'hui en voie d'extinction suite à l'extension des méthodes financières) est parfois privilégiée aux *outputs* statistiques standards par des professionnels considérant qu'une analyse de rentabilité serait, comme nous l'avons montré, non pertinente. Ainsi, pour choisir un traité de réassurance, une technique utilisée est par exemple de construire des abaques {nombre de sinistres graves, coût de ces graves}, et d'identifier les principales zones qui y apparaissent pour déterminer comment se couvrir, en fonction du fait que cela corresponde à des scénarii qui semblent qualitativement crédibles ou non.

Plus généralement, lorsqu'en matière de régulation une approche par scénario est opposée à une approche statistique, cela relève du même principe.

Enfin, cela revient à se concentrer sur les conséquences possibles de nos décisions, ce qui correspond également aux recommandations de Taleb (2007),

²³ Il s'agissait en effet là de la seule réponse possible à la critique de von Mises :

« [dire pour un événement unique « il y a 9 chances sur 10 » est] une expression métaphorique. [...] Il est inutile d'appliquer le critère de la logique à une expression métaphorique. [...] la comparaison est fondée sur une conception qui elle-même est fautive dans le cadre propre du calcul économique, à savoir l'illusion du joueur. [...] il est implicitement admis que le rapport [p] nous dit quelque chose de substantiel quant à l'issue du cas unique en soi qui nous occupe. Inutile de répéter que c'est une idée fausse ».

mais pour des raisons différentes. Comme évoqué en partie 2, Taleb considère qu'on ne peut pas connaître les probabilités des événements rares ; nous considérons que dès lors que nous souhaitons considérer leur survenance comme envisageable, leur probabilité est sans importance.

Ainsi, en termes d'allocation d'actifs, une stratégie d'allocation en 1/N telle que recommandée par Taleb (op.cit.) ou Haldane et Madouros (2012) correspond au fait de ne vouloir exclure du champ des Possibles aucun scénario de chute d'un actif donné. Les anciennes règles de dispersion des placements des compagnies d'assurance en Solvabilité 1, qui limitaient la proportion du bilan investie par catégorie d'émetteur et par émetteur en sont un avatar. Cela correspond également à la sagesse populaire, qui a décanté dans plusieurs langues le proverbe « ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier » et non « mettre tous ses œufs dans un panier molletonné » (ce à quoi porte Solvabilité 2 avec ses exigences fondées sur la VaR).

4. Conclusion

« [Faire] un effort violent pour écarter quelques-uns des schémas artificiels que nous interposons, à notre insu, entre la réalité et nous. Il s'agit de rompre avec certaines habitudes de penser et de percevoir qui nous sont devenues naturelles. Il faut revenir à la perception directe »

H. Bergson, La Pensée et le mouvant, 1938
(conférence faite à l'Université d'Oxford en 1911)

4.1 Des outils dégradant la qualité de la prise de décision

La physique statistique est performante en étant fondée sur la mécanique quantique et, au-delà de la métaphore, l'apologue du chat de Schrödinger est dépourvu de sens cognitif et pratique. Les outils économiques et financiers d'appréhension des risques sur la base d'indicateurs statistiques se fondent ainsi sur un amalgame entre deux phénomènes de nature différente : d'une part, l'hétérogénéité, où les concepts statistiques sont apparus et en référence à laquelle nous les intuitons toujours et, d'autre part, l'aléa, auquel ils ont été abusivement transposés, où ils ne sont pas intuitables et où apparaît une porosité destructive entre modèle de risque et risque de modèle.

De fait, la pertinence de certains outils est contingente à la position de l'observateur par rapport au phénomène qu'ils visent à appréhender. La transposition à des situations aléa d'outils conçus pour appréhender l'hétérogénéité est très aisée du point de vue du formalisme mathématique, mais se fonde sur l'identification de deux décideurs dont la position est radicalement différente, par exemple un assureur, qui *sait* qu'un millier de ses 10 000 assurés

auront un cancer, et un assuré, qui *ne sait pas* s'il aura un cancer. Pour les observateurs en situation aléa, cette transposition qui conduit à utiliser des indicateurs statistiques

- (i) est non pertinente, puisqu'elle ne lui permet pas d'appréhender la situation à laquelle il sera effectivement confronté *ex post*,
- (ii) engendre une représentation mentale erronée de la situation, en créant une illusion de prédictibilité,
- (iii) et ne permet pas la responsabilisation des acteurs.

Insistons sur le (ii) : le danger représenté par l'utilisation de ces outils ne réside pas tant dans la transformation infondée d'incertitude en risque, mais plutôt dans le fait qu'ils font disparaître l'aléa dans la vision du monde de celui qui les manipule. De fait, l'essence du risque est une ignorance que nous avons de l'*output*. Réduire la notion d'aléa à un ou plusieurs chiffres déterministes, qu'il s'agisse de volatilité, de VaR de T-VaR ou de tout autre indicateur, c'est changer la nature même du concept : en affirmant par exemple « le risque, c'est la volatilité » on bascule d'un phénomène aléatoire à une mesure déterministe, ce qui génère un sentiment de prévisibilité, une confusion inévitable et une mauvaise appréhension de la situation de décision dans laquelle nous sommes placés. De ce fait, « l'information » apportée est susceptible de nuire à la qualité de la prise de décision. Aussi, des outils effectivement efficaces pour mener une activité en gérant l'hétérogénéité (réaliser des profits en *on-going business*) sont nocifs pour appréhender et gérer le danger : leur pertinence opérationnelle y relève de l'illusion, sauf à considérer qu'il s'agit justement d'outils rhétoriques destinés à convaincre autrui, à rassurer psychologiquement le décideur *ex ante*, ou encore à permettre une déresponsabilisation *ex post*.

4.2 Une méthodologie alternative

Afin d'éviter ces travers, nous proposons une méthode de prise de décision dans l'incertain alternative aux pratiques actuelles de la théorie de la décision, des technologies usuelles d'allocation d'actifs et des pratiques de *risk management* quantitatif qui se fondent sur l'optimisation d'indicateurs statistiques (espérance, variance, VaR, etc.) : identifier le scénario auquel on croit et ceux qu'on craint, et procéder à une maximisation dans le premier sous contrainte d'acceptabilité dans les seconds. Cette méthodologie d'analyse décisionnelle est fondée sur un sous-jacent descriptif empirique (Solé, op.cit.), et peut être articulée avec les pratiques d'une partie des CRO (Mikes, op.cit.) ainsi que certains procédés utilisés par les régulateurs (approches par stress-test).

D'une part, elle améliore la pertinence du cadre de décision et, d'autre part, elle évite la déresponsabilisation des acteurs : en nuancant le distinguo artificiel entre analyse et décision, elle permet de raisonner sur des critères tangibles et d'assumer la subjectivité au bon niveau.

C'est cependant une méthode qui, au niveau opérationnel, est coûteuse en temps et, d'un point de vue théorique, ne peut guère s'intégrer dans un schéma d'optimisation mathématique. Elle emporte deux renoncements forts. Pour le décideur à qui, en supprimant l'illusion de prédictibilité d'un avenir hétérogène transformée en une issue inconnue, elle ôte une béquille psychologique et le force à assumer une prise de décision *en ignorance* : « je ne sais pas... et je choisis malgré tout une option ». Pour le théoricien de la décision en incertain, à qui elle ôte à la fois un référentiel permettant de définir la rationalité et l'espoir d'une théorie générale : il n'a plus qu'une méthodologie, dans des contextes irréductiblement contingents.

Ce prix à payer peut sembler lourd. Mais à notre sens, il ne permet pas tant d'améliorer la pertinence que de créer une pertinence *là où il n'y en avait pas*, et où les pratiques dégradaient donc la compréhension de la situation, puisqu'il est préférable d'être conscient de son ignorance que de s'illusionner.

4.3 Des champs d'impacts à explorer

Le distinguo que nous avons mis en lumière a des impacts directs tant d'un point de vue théorique (théorie de la décision) que dans les débats de société (e.g. légitimité de la *price optimisation* et de la discrimination tarifaire en assurance, décision publique) ou pour le pilotage des entreprises financières (décisions d'investissement, gestion des risques, régulation).

D'un point de vue opérationnel, la fertilité du distinguo entre aléa et hétérogénéité dans le champ de la gestion des risques doit être davantage explorée, notamment en matière de régulation prudentielle et de choix d'allocation d'actifs. Au-delà, ce distinguo peut être fécond dans d'autres domaines. Par exemple en termes de gouvernance, pour améliorer l'articulation entre les différentes fonctions. Ainsi, les activités de calcul des exigences de fonds propres sont généralement, du fait de leur prétention de capter les risques, rattachées au CRO. Puisque nous avons vu que ce calibrage repose sur un socle partagé avec les outils de mesure de la rentabilité et qu'il est arbitraire du point de vue des risques, cela plaiderait plutôt pour que cela soit piloté par le CFO à l'instar des autres paramètres bilanciaux. *A contrario*, le *risk management* devant imaginer des futurs, confier la direction de la stratégie aux CRO serait cohérent.

D'un point de vue philosophique, l'impasse dans laquelle nous sommes pour distinguer aléa de mesure et mesure d'aléa suggère qu'il pourrait être utile de rouvrir la question de la nature de la probabilité comme découlant d'une dimension épistémique ou bien intrinsèque. Au-delà, ces outils posent la question de ce qu'est un modèle en situation d'aléa, non prédictif et non back-testable.

Par ailleurs, d'un point de vue méthodologique, les conséquences de la remise en question de la délimitation entre le rationnel et le psychologique ou le cognitif résultant de la mise-à-bas de la référence postulée comme rationnelle mériteraient sans doute d'être davantage explorées. En outre, il apparaît que, pour progresser davantage en matière de théorie de la décision normative, les axes de développement basculent ici de la qualité de la décision à la qualité du mécanisme de prise de décision *en conscience*. Ils appellent ainsi à privilégier la psychologie et l'économie comportementale afin de mieux comprendre ce qui est désigné sous le vocable de biais cognitifs, tant individuels que collectifs, ainsi que les disciplines de gestion, afin d'approfondir les études sur le design des outils d'appréhension du réel, par exemple pour préciser comment positionner l'équilibre entre biais et marge d'erreur. On notera également que, à la lumière de cet apport, les expériences d'économie comportementale usuelles ne semblent pas permettre d'appréhender correctement notre comportement face à ce que nous appelons communément le risque. De fait, pour des questions de moyens financiers évidents, elles impliquent des décisions « bénignes » donc solubles dans l'hétérogénéité. En ce sens, elles ne peuvent nous éclairer correctement sur nos décisions en situation aléa. Pour parvenir à rassembler des faits, il faudrait donc soit procéder par des observations non expérimentales, soit mettre en œuvre des protocoles avec ceux qui en ont les moyens, par exemple en s'associant à des producteurs de jeux télévisés, sans doute un endroit où les enchères sont suffisamment importantes (avec la difficulté qui est que ceci permet d'appréhender les aléas de gain, mais non de perte). Qui plus est, la non pertinence d'un point de vue décisionnel de la décomposition d'un phénomène hétérogénéité en phénomènes aléa, au cœur du raisonnement de Samuelson (op.cit.), est sans doute généralisable à d'autres cas de jeux répétés : ceci reste à explorer.

Enfin, si l'abandon d'une ambition de théorie de la décision intégrable dans les modélisations microéconomiques limite les perspectives d'ingénierie sociale, en revanche, comme le souligne Solé, cela nous ouvre la perspective de nouveaux mondes. Il rejoint en cela von Mises (op. cit.), qui rappelle, en négatif, que

«[P]our l'homme agissant le futur est caché. Si l'homme connaissait l'avenir, il n'aurait pas à choisir et il n'agirait pas. Il serait comme un automate, réagissant à des stimulations sans aucune volonté qui lui soit propre ».

5. Bibliographie

Allais, M. 1953, Le comportement de l'homme rationnel devant le risque : critique des postulats et axiomes de l'école américaine, *Econometrica* vol 21 N°4, pp 503-546.

Ashby, S. 2011, Risk Management and the Global Banking Crisis : Lessons for Insurance Solvency Regulation, *The Geneva Papers*, 2011, 36, (330-347)

Barberis, N. 2013, The Psychology of Tail Events: Progress and challenges, *American Economic Review*. Volume 103, Number 3, May 2013, pp. 611-616(6)

Blamont, J. 2005, *Le chiffre et le songe*, Odile Jacob

Camerer, 1989, An experimental Test of Several Generalized Utility Theories, *Journal of Risk and Uncertainty*, 2. pp. 61-104.

Consumer Federation of America (CFA), 2013, lettre du 29 août 2013 de R. Hunter, Director of Insurance, à la Casualty Actuarial Society

CJUE, 2011, Arrêt du 1^{er} mars 2011 dans l'affaire C-236/09, *curia.europa.eu*

Damasio, A, 1995, *L'Erreur de Descartes : la raison des émotions*, Paris, Odile Jacob.

Darity, W. (ed.), 2008, *International Encyclopedia of the Social Sciences*, 2nd Ed., Macmillan.

Daston, L. 1989, L'interprétation classique du calcul des probabilités, *Annales, Economies, Sociétés, Civilisations*, An. 44, N°3, p715-731.

Deheuvels, P. 2011, Interview, *L'Actuariel*, N°1, p 38.

Eagle, A. 2004, Twenty-One Arguments Against Propensity Analyses of Probability, *Erkenntnis*, 60, pp. 371-416.

EIOPA, 2013, *EIOPA Long-term Guarantee Assessment Report*, 14 june 2013

European Commission, 2009, Directive 2009/138/EC of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the taking-up and pursuit of the business of Insurance and Reinsurance (Solvency II), *Official Journal of the European Union*, L335/1, 17.12.09

European Council, 2004, Directive 2004/113/EC implementing the principle of equal treatment between men and women in the access to and supply of goods and services *Official Journal of the European Union*, L373 1, 21.12.04

Feller W. 1968, *An Introduction to Probability Theory and its Applications*, vol1, 3rd Ed. John Wiley & Sons Inc.

Friedman, M. and Savage, L., 1948, Utility Analysis of Choices Involving Risk, *Journal of Political Economy* 56 (4): 279–304

Gilboa, I. 2009, Is it always rational to satisfy Savage's axioms?, *Economics and philosophy*

Gilboa, I., Postlewaite, A. and Schmeidler, D., 2008, Probability and Uncertainty in Economic Modeling, *Journal of Economic Perspectives*, Vol 22, N°3, 173-188

Greenspan A., 2008, We will never have a perfect model of risk, *Financial Time*, march 16.

Haldane A. and Madouros V., 2012, The Dog and the Frisbee (speech), *Bank of England*

Kahneman, D. and Tversky, A., 1979, Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, *Econometrica*, Vol. 47, No. 2, pp. 263-292

Knight F., 1921, *Risk, Uncertainty and Profit*, Boston, New York : Houghton Mifflin

Martin, I. and Pindyck, R., 2015, Averting Catastrophes: The Strange Economics of Scylla and Charybdis, *American Economic Review*, 105(10), pp. 2947-2985

McGoun E., 1995, The history of risk "measurement", *Critical Perspectives on Accounting*, 6, pp. 511-532

Mikes, A. 2011, From Counting Risk to Making Risk Count: Boundary-Work in Risk Management, *Accounting, Organizations and Society*, no. 36, 226-245

Pratt, 1964, Risk aversion in the small and large, *Econometrica*

Reichenbach H., 1940, On the Justification of Induction, *The Journal of Philosophy*, 37.4, pp. 97-103

Samuelson, P., 1963, Risk and Uncertainty: A Fallacy of Large Numbers, *Scientia*, 98, pp. 108-113.

Savage, L. 1954, *The Foundations of Statistics*, New York, Wiley.

de Scheemaekere, X. 2009, Les fondements philosophiques du concept de probabilité, *CEB Working Paper N° 09/025*

Solé A. 2000, *Créateurs de mondes, nos possibles, nos impossibles*, Editions du Rocher

Taleb N. N. 2007, *The Black Swan*, Random House

Taleb N. N., Read R., Douady R., Norman J., Bar-Yam Y., 2014, The Precautionary Principle (with Application to the Genetic Modification of Organisms), *NYU School of Engineering Working Papers Series*.

Von Mises (1949), *Human Action*, Yale University Press (L'Action humaine, PUF 1985, Première partie - L'Agir humain, Chapitre VI – Incertitude)

Von Neumann & Morgenstern (1944), *Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton University Press

PARI

PROGRAMME DE RECHERCHE
SUR L'APPRÉHENSION DES RISQUES
ET DES INCERTITUDES

PARI, placé sous l'égide de la Fondation Institut Europlace de Finance en partenariat avec l'ENSAE/Excess et Sciences Po, a une double mission de recherche et de diffusion de connaissances.

Elle s'intéresse aux évolutions du secteur de l'assurance qui fait face à une série de ruptures : financière, réglementaire, technologique. Dans ce nouvel environnement, nos anciens outils d'appréhension des risques seront bientôt obsolètes. PARI a ainsi pour objectifs d'identifier leur champ de pertinence et de comprendre leur émergence et leur utilisation.

L'impact de ses travaux se concentre sur trois champs :

- les politiques de régulation prudentielle, l'optimisation de leur design technique et leur appropriation pour le pilotage, dans un contexte où Solvabilité 2 bouleverse les mesures de solvabilité et de rentabilité ;
- les outils d'allocation stratégique d'actifs des investisseurs institutionnels, dans un environnement combinant taux bas et forte volatilité ;
- les solutions d'assurance, à l'heure où le big data déplace l'assureur vers un rôle préventif, créant des attentes de personnalisation des tarifs et de conseil individualisé.

Dans ce cadre, la chaire PARI bénéficie de ressources apportées par Actuaris, la Financière de la Cité, Generali et le Groupe Monceau.

Elle est co-portée par Pierre François, directeur du département de sociologie de Sciences Po et Sylvestre Frezal, directeur à Datastorm, la filiale de valorisation de la recherche de l'ENSAE.

PARTENAIRES

