

Attitude face au risque & Sciences économiques

Laura Concina

Rédaction coordonnée par Caroline Kamaté

n° 2014-02



**Les
Regards**
sur la sécurité
industrielle



FONCSI
Fondation pour une culture
de sécurité industrielle

LA **Fondation pour une culture de sécurité industrielle** (Foncsi) est une Fondation de Recherche reconnue d'utilité publique par décret en date du 18 avril 2005. La Foncsi finance des projets de recherche autour des activités à risque et souhaite favoriser l'ouverture et le dialogue entre l'ensemble des acteurs (administrations, associations, collectivités, équipes de recherche, entreprises, organisations syndicales, *etc.*).

L'originalité de sa démarche repose sur l'interdisciplinarité de ses travaux, en France et à l'international, ainsi que sur sa volonté affirmée d'innover et d'anticiper les enjeux de demain.

La Foncsi s'est fixé quatre missions :

- ▷ Faire émerger les nouvelles idées et les pratiques innovantes
- ▷ Développer, soutenir et financer la recherche
- ▷ Contribuer à l'essor d'une communauté de recherche
- ▷ Rendre accessibles les connaissances à l'ensemble du public

La communauté autour de la sécurité industrielle est sur www.foncsi.org.

Rendez-vous sur le site web participatif de la Fondation et :

- ▷ Découvrez et téléchargez gratuitement l'ensemble des [publications](#) : Cahiers de la sécurité industrielle, Regards...
- ▷ Partagez des informations — appels à communications et propositions scientifiques, manifestations, offres d'emploi... — dans la rubrique [Communauté/RézoTons](#)
- ▷ Explorez la [carte des laboratoires et chercheurs](#), de toutes disciplines, investis dans la sécurité industrielle et développez votre réseau.
- ▷ Enfin, faites connaître vos idées, entrez dans la communauté et commentez les articles, proposez une Tribune...



Fondation pour une culture de sécurité industrielle

Fondation de recherche, reconnue d'utilité publique

www.FonCSI.org

6 allée Émile Monso — BP 34038
31029 Toulouse cedex 4
France

Twitter : @LaFonCSI

Courriel : contact@foncsi.org

Édito

“ Après la collection « Les Cahiers de la sécurité industrielle », dont l'un des objectifs initiaux est de valoriser les résultats de la recherche, la Fondation a le plaisir aujourd'hui de vous proposer « Les Regards ». Une nouvelle collection à laquelle nous tenons et croyons particulièrement : il s'agit là d'exposer le point de vue d'une discipline sur un objet, un concept, une question liés à la sécurité industrielle. Sur le retour d'expérience par exemple, que diront un économiste, un sociologue... ? Sur l'incertitude, que penseront un anthropologue, un ingénieur... ?

Notre volonté avec ces « Regards » est de créer un pont entre les disciplines, de favoriser le partage d'un même objet de recherche avec des points de vue différents et complémentaires.

Enfin, avec ces Regards que nous voulons accessibles aux non-initiés, agrémentés d'exemples et de mises en situation, nous souhaitons mettre à disposition du grand public des contenus scientifiques. Les citoyens se révèlent de plus en plus intéressés à comprendre les questions et enjeux scientifiques, à mieux appréhender le monde complexe dans lequel ils évoluent. La Fondation, par cette nouvelle collection, propose des regards sur notre monde, favorise la transmission de connaissances et souhaite apporter sa petite pierre à l'édifice d'une société dont les femmes et les hommes sont en mesure de prendre des décisions éclairées.

”

Toulouse, le 15 avril 2014
Gilles Motet, Foncsi

Titre Attitude face au risque & Sciences économiques

Mots-clés risque, incertitude, attitude face au risque, aversion au risque, goût du risque, prise de décision, sciences économiques comportementales, biais psychologique

Author Laura Concina

Date de publication mai 2014

Le travail présenté dans ce document fait partie d'un projet de recherche supervisé par Giuseppe Attanasi (Directeur du Laboratoire des sciences économiques de Strasbourg) et financé par la Foncsi. Caroline Kamaté en a coordonné l'édition. Elaine Seery a assuré la relecture linguistique de la version originale anglaise, qui a été traduite en français par Dinah McCarthy. Les opinions qui y sont présentées, en revanche, sont celles de l'auteure, seule.



Ce document est disponible dans sa version originale anglaise sur le site internet de la Foncsi.

A propos de l'auteure



Laura Concina a obtenu un doctorat en sciences économiques de l'université de Venise, Italie, en 2012 sur « Le leadership et la coopération dans les jeux d'utilité publique ». Sa recherche a pour but d'examiner l'influence d'un leadership volontaire sur la coordination de groupe. Pour répondre à cette question, elle utilise des méthodes de collecte de données expérimentales : des sujets expérimentaux sont payés et mis en situation de coordination de groupe, ceci dans le but de recréer des conditions de motivation réelles.

Pour citer ce document

Concina L. (2014). *Attitude face au risque & Sciences économiques*. Numéro 2014-02 de la collection *Les Regards*, Fondation pour une culture de sécurité industrielle, Toulouse, France. DOI : [10.57071/337arf](https://doi.org/10.57071/337arf). Gratuitement téléchargeable à foncsi.org.

Préambule

CE DOCUMENT a pour objet d'initier des lecteurs non-économistes aux théories de l'économie classique et comportementale du risque et de l'incertitude. Il décrit des résultats généralement acceptés en sciences économiques qui sont déterminants dans la prise de décision en conditions de risque ou d'incertitude et dans des situations où il est question de pertes et de gains. Pour illustrer ce sujet, nous présenterons une sélection de résultats théoriques, entremêlés d'exemples de la vie quotidienne ainsi que des travaux de recherche en sciences économiques et en psychologie sur la perception du risque.

Le risque et l'incertitude sont constamment présents dans la vie quotidienne, aussi bien à grande qu'à petite échelles (par exemple, les accidents domestiques et les catastrophes industrielles majeures). Les sciences économiques ont une longue tradition d'analyse du risque en tant qu'élément majeur et fondamental dans la prise de décision : la plupart des décisions économiques ne peuvent être entièrement prises en faisant fi de la notion de risque. Par exemple, dans la littérature financière, l'analyse des différents modèles de portefeuille est basée sur des stratégies de différenciation du risque selon l'attitude de l'investisseur par rapport à celui-ci. En sciences macro-économiques, le taux de chômage, les taux d'intérêts et de change, la stabilité politique et l'import-export ne sont que quelques-unes des variables économiques instables qui influent sur l'économie globale.

Point clé

Ce document

Les décisions en contexte risqué sont étudiées en permanence par les chercheurs dans le domaine des sciences économiques. Ce document tente d'expliquer les théories économiques de base ainsi que leurs résultats à un public qui travaille en gestion du risque, ou qui est intéressé par le sujet. Son but est d'aider chacun à comprendre, selon un point de vue économique, les compromis consentis par les individus face au risque¹.

Comment les individus orientent-ils leurs choix lorsqu'ils sont confrontés au risque ? Si l'on considère que les décisions qu'ils prennent sont rationnelles, leur attitude face au risque peut être modélisée. Ce sont les bases du modèle rationnel standard développé par les économistes que ce « Regard » vise tout d'abord à exposer. Cependant, petit à petit en poursuivant la lecture, nous observons de nombreux écarts au modèle, principalement liés à des biais psychologiques. Comment les sciences économiques prennent-elles en compte ces paramètres qui influencent notre attitude face au risque, qui nous conduisent à prendre des décisions qui ne sont pas celles prévues par le modèle ? C'est ce que ce « Regard » s'attache à présenter dans ses grandes lignes et de manière accessible à un public élargi.

Ainsi, nous commencerons par une brève introduction démontrant que les sciences économiques sont loin d'être l'affaire des seuls économistes et que ce que nous définirons comme des choix économiques sont partout dans notre vie de tous les jours. C'est dans cet esprit que nous décrirons des **notions économiques de base**, à commencer par la définition, au sens large, des sujets abordés dans ce document. Nous verrons en particulier que la définition du risque, d'un point de vue économique, peut paraître très différente des définitions classiques du terme. Ensuite, au chapitre 1, nous tracerons les lignes du modèle économique classique, qui explique l'attitude rationnelle face au risque. Nous introduirons, ainsi, la **théorie de l'utilité espérée** (notée EUT pour Expected Utility Theory en anglais) de von Neumann et Morgenstern, modèle théorique de base utilisé par la plupart des économistes. De plus, nous exposerons le **modèle de base décrivant l'attitude face au risque** ainsi que quelques-unes des approches utilisées pour évaluer les attitudes individuelles face au risque. En dernière partie de ce chapitre, nous examinerons les critiques portées sur le modèle EUT. Par exemple, nous discuterons des situations dans lesquelles les prédictions du modèle sont

¹ Le choix des sujets n'est ni exhaustif ni représentatif de l'intégralité de la littérature en matière de risque, mais le but est de donner une vue d'ensemble sur les voies de recherche existantes.

erronées. Au chapitre 2, nous examinerons une voie de recherche en sciences économiques plus récente, qui porte sur l'aspect psychologique des choix individuels et s'appuie sur des preuves expérimentales. Nous démontrerons ainsi, au travers d'exemples, que la réalité ne correspond pas toujours à ce que l'on pourrait attendre d'un comportement rationnel face au risque. Une théorie alternative, appelée **théorie des perspectives** (Prospect Theory en anglais) est alors introduite. Le chapitre 3 présente d'autres **exemples qui se démarquent de la littérature économique de base ou des hypothèses rationnelles**. Nous examinerons des preuves empiriques et expérimentales de déviations du comportement. En particulier, nous verrons comment la perception du risque, les probabilités et l'incertitude peuvent amener certains individus à commettre des erreurs face à des choix risqués.

Il est clair que notre discussion n'est pas exhaustive. Ce choix est délibéré car le but est de présenter et de disséminer des théories économiques de base ainsi que des preuves psychologiques du comportement humain face au risque et à l'incertitude.

Table des matières

Introduction : que sont les sciences économiques?	1
1 Attitude rationnelle face au risque	5
1.1 Le risque et l'espérance mathématique	5
1.2 L'attitude face au risque	7
1.3 Les préférences et l'utilité	10
1.4 La théorie de l'utilité espérée	12
1.5 L'aversion au risque	13
1.6 Mesurer l'aversion au risque	14
1.6.1 L'analyse économétrique	14
1.6.2 L'expérimentation	16
1.6.3 Qu'en est-il des «anomalies»?	18
2 Divergences entre le modèle rationnel et la réalité	19
2.1 L'aversion à la perte	19
2.2 L'effet dotation	23
2.3 Le biais du statu quo	25
2.4 Une théorie générale : la théorie des perspectives	27
2.5 L'aversion à la perte : un comportement humain ou animal?	28
3 Autres anomalies de l'attitude face au risque	31
3.1 L'incertitude / l'aversion à l'ambiguïté	32
3.2 L'ambiguïté dans des contextes comparables	36
3.3 L'ambiguïté, la confiance et l'optimisme	37
3.4 L'inférence bayésienne	38
3.5 La «loi» des petits nombres	41
Synthèse	43
Bibliographie	45

Introduction : que sont les sciences économiques ?

Une des définitions traditionnelles des sciences économiques est

“ *Les sciences économiques sont une science sociale qui analyse la production, la distribution et la consommation de biens et de services*¹. ”

Néanmoins, il existe une définition plus moderne et moins conventionnelle qui prend aussi en compte des sujets plus inhabituels, tels que la politique fiscale, la production, la politique monétaire, etc. Les sciences économiques modernes se sont intéressées à des sujets liés au comportement humain et sont devenues une discipline plus large qui interagit avec beaucoup d'autres domaines scientifiques (par exemple, la sociologie, la psychologie, la biologie et la neurologie).

Une autre définition encore propose que les sciences économiques développent des théories basées sur les phénomènes économiques, c'est-à-dire tout phénomène qui

“ *a trait à tout aspect du comportement humain lié à l'allocation de ressources rares; par conséquent, c'est un domaine très étendu. Par exemple, tout ce qui suit peut être inclus dans la définition de phénomène économique, même si, bien sûr, ces phénomènes peuvent impliquer d'autres disciplines : la recherche d'un partenaire sexuel sur internet, regarder un documentaire à la télévision, faire un don à une œuvre caritative, accompagner un voisin en voiture pour mieux pouvoir lui demander une faveur plus tard, décider de faire la sieste maintenant plutôt que de tondre la pelouse, apprendre à son enfant à jouer au tennis et aller à l'église [Wilkinson 2007].* ”

Des choix économiques

Point clé

De ce point de vue, la question centrale en sciences économiques est la **rareté**. Les ressources sont limitées et les gens doivent continuellement faire des compromis entre beaucoup (ou peu) de possibilités. Il ressort clairement des exemples ci-dessus que les phénomènes économiques concernent non seulement les choix monétaires ou financiers au sens strict, mais aussi les situations où les options n'ont pas de valeur pécuniaire. En d'autres termes, des **choix économiques**.

Les paragraphes précédents donnent des exemples de phénomènes économiques; nous présentons ici le « sujet » qui doit décider entre les diverses possibilités. Nous appellerons ce sujet le **décideur**, l'**agent économique** ou l'**agent**. Que cet agent soit un individu, un groupe ou une société, nous devons faire des hypothèses sur la façon dont il prend ses décisions lorsqu'il est devant un choix économique.

La théorie économique repose traditionnellement sur le postulat de l'*homo economicus*. Celui-ci est un agent hypothétique représentatif qui prend des décisions rationnelles basées sur son propre intérêt. Dans le modèle économique de base néo-classique, ces décideurs ont toujours été perçus comme :

1. purement égoïstes et non concernés par les soucis des autres,
2. agissant de manière rationnelle pour maximiser leur propre profit selon l'information dont ils disposent sur le moment,
3. capables de prédire correctement comment l'environnement sera affecté par leur choix (et celui des autres).

¹ Source : <http://en.wikipedia.org/wiki/Economics>.

Néanmoins, les modèles basés sur ces hypothèses ne prédisent pas toujours correctement le comportement humain dans certains contextes. Plus particulièrement, ils ne prennent pas en compte divers paramètres et biais qui peuvent interférer, tels que les préférences des autres, la rationalité limitée², des compétences limitées en calcul, la difficulté à prédire des événements futurs, des capacités statistiques inadéquates ou l'incapacité d'un agent à comprendre des problèmes complexes.

Les économistes classiques et néo-classiques ont basé leur travail sur des preuves empiriques. Ils ont testé leurs résultats théoriques avec des outils économétriques et, lorsque les résultats ne corroboraient pas la théorie, ils modifiaient leurs théories en fonction de leur analyse des données.

L'économétrie

Définition

L'économétrie est l'étude de l'application des méthodes statistiques aux données économiques. Elle comprend toutes les techniques statistiques et mathématiques qui sont développées pour répondre aux problèmes économiques, analyser des données, tester des théories et des modèles.

Pendant longtemps, il était largement reconnu que les sciences économiques ne pouvaient être une discipline expérimentale. Pendant des décennies, la manière principale de tester le pouvoir des théories était d'étudier de manière empirique des données observables, dérivées de l'environnement naturel. L'environnement naturel est le résultat de processus non contrôlés et contient de nombreux facteurs, qui peuvent ne pas être observés et pourraient fausser l'analyse statistique. Les données économiques sont influencées par une multitude de variables (et d'interactions entre elles); par conséquent, bien que les techniques économétriques permettaient de manipuler des données, certaines questions ne pouvaient trouver de réponse. L'idée traditionnelle que d'importants facteurs économiques ne peuvent être contrôlés impliquait que la collecte de données était le seul moyen largement reconnu de vérifier la théorie économique.

Plus récemment, nombre de ces pratiques ont changé et de nouvelles approches ont été développées. D'un côté, l'**approche comportementale** a remis en question le postulat de l'*homo economicus* pour favoriser des modèles de données plus souples et plus malléables.

économie
comportementale

Les modèles comportementaux sont capables d'inclure divers biais qui ne peuvent pas être pris en compte dans la théorie classique, par exemple :

- ▷ Les **limites de la cognition humaine**³. Lors du processus de la prise de décision, les humains ne seraient peut-être pas en mesure d'assimiler toute l'information nécessaire pour prendre la « bonne » décision (c'est-à-dire celle qui donne le meilleur résultat pour l'individu). De plus, dans de nombreux contextes, il serait inexact de supposer que les agents économiques soient entièrement rationnels.
- ▷ Les **biais comportementaux récurrents**. Les individus peuvent se tromper dans certaines situations et ne pas être en mesure de modifier leur comportement. Même en leur enseignant ou en leur expliquant des situations complexes, ils ne parviennent pas à améliorer leur raisonnement, et certains modèles tiennent compte de ces comportements erronés.

Rationalité limitée

Définition

L'idée de rationalité limitée a été présentée « pour focaliser l'attention sur l'écart entre la rationalité humaine parfaite qui sous-tend la théorie économique classique et néo-classique et la réalité du comportement humain tel qu'il est possible de l'observer dans la vie économique. L'idée n'est pas que les gens soient sciemment et délibérément irrationnels, quoiqu'ils le soient parfois, mais que ni leur savoir, ni leur pouvoir de calcul ne leur permettent d'atteindre le haut niveau d'adaptation optimale des moyens par rapport aux fins, chose requise en économie [Simon et al. 1992]. »

Par ailleurs, une autre révolution apparût avec la **collecte de données expérimentales** liées aux phénomènes économiques. Les données expérimentales sont des données

² Le terme « rationalité limitée », connu aussi sous le nom de « rationalité liée » (*bounded rationality* en anglais), est défini ci-dessous.

³ Un premier pas dans ce sens a été fait par Herbert. A. Simon dans les années cinquante.

“ qui sont créées sciemment dans un but scientifique (ou autre) dans des conditions contrôlées [Friedman et Sunder 1994, p. 3]. ”

économie
expérimentale

Cette nouvelle approche implique une **interaction entre les sciences économiques et d'autres domaines de recherche, en particulier la psychologie**. Le Prix Nobel 2002 en sciences économiques, qui a récompensé des travaux dans les domaines émergents des sciences économiques expérimentales et comportementales, démontre l'importance du rapprochement entre économie et psychologie. En effet, il a été attribué pour moitié à un psychologue, Daniel Kahneman, dont une partie du travail appliqué aux sciences économiques est présentée par la suite dans ce document [Kahneman et Smith 2002; Roth et Shapley 2012].

Les domaines des sciences économiques et de la psychologie se chevauchent sur un grand nombre d'aspects du comportement individuel et de groupe. Si au début le fait que les psychologues critiquent le modèle économique rationnel fut mal reçu par la plupart des économistes, le regard de la psychologie a inspiré non seulement des améliorations aux théories économiques, mais aussi le développement de nouvelles méthodes (telles que la collecte de données économiques par l'expérimentation).

L'intégration de la psychologie et des sciences sociales est maintenant largement acceptée; les deux sciences sociales partagent de nombreux intérêts communs et bénéficient toutes deux de cette interaction. Néanmoins, leur historique, leurs approches et leurs sujets de recherche différents impliquent de clairement distinguer les objectifs et les méthodologies propres à chaque discipline.

L'expérimentation en sciences économiques reflète l'intérêt que portent les économistes aux marchés, aux institutions, au comportement collectif et aux interactions entre agents économiques – et elle est ciblée sur les résultats. Une expérience typique teste les hypothèses d'un modèle théorique sous différentes conditions en regardant le résultat final. Il est peu probable que des économistes remettent en question les motivations et procédures qui ont mené à ces résultats. D'un autre côté, les psychologues s'intéressent plus aux caractéristiques individuelles et aux processus qui ont conduit à ces résultats, en particulier dans les contextes réels.

Question de recherche

Une question de recherche typique posée par un économiste est « Que font les individus? », alors que les psychologues préféreraient savoir « Pourquoi les individus font-ils ce qu'ils font? »

Il existe aussi de nettes différences entre les deux sciences humaines dans la manière dont sont dirigées les expériences. Les économistes croient fortement que les personnes réagissent à la **motivation pécuniaire** et cette posture se retrouve dans la manière dont les expériences sont effectuées. Une hypothèse de base est que les individus qui n'ont aucune raison de dire la vérité risquent de mentir.

Dons à une œuvre caritative

Par exemple, si on demande à quelqu'un combien il donnerait à une œuvre caritative, le montant qu'il annonce est plus élevé que le montant qu'il donnerait s'il faisait réellement le don.

En règle générale, pour éviter ce type de problème, les économistes expérimentaux paient les personnes qui participent aux expériences, dans un effort de reproduction des motivations de la vie réelle. De leur côté, les psychologues sont intéressés par des choix hypothétiques et, dans certains cas, ils paient tous les participants au même tarif, indépendamment des réponses qu'ils donnent.

Avec le temps, les interactions entre les deux sciences sociales ont rendu la frontière qui les séparait plus floue et ont multiplié les recouvrements méthodologiques. Aussi, les expériences et les questions de recherche se rapprochent-elles de plus en plus. Parfois, des mots différents sont utilisés pour exprimer le même problème. Par exemple, les sciences économiques utilisent la notion d'utilité publique et de marchandage, alors que la psychologie utilise les termes de dilemme social et de négociation. Pour aller plus loin sur ce point, voir l'article de [Rabin 1998].

Le cœur de la théorie économique concerne la **prise de décision en situation d'incertitude**; par conséquent, nous commencerons par la description des grandes lignes de la théorie de l'utilité espérée. Puis, nous présenterons quelques-unes des caractéristiques de l'économie expérimentale

Point clé

Exemple

et comportementale en ciblant le risque, l'incertitude, la perception des pertes et des gains, et la perception des probabilités. Nous parlerons du bien-fondé des résultats et de leurs conséquences, qui sont généralement acceptés par la communauté académique.

Attitude rationnelle face au risque

Ce chapitre traite des principales idées que nous apporte le modèle économique classique d'utilité espérée sur l'attitude des individus face au risque. Nous supposons que les décideurs (individus qui doivent faire un choix économique) sont rationnels au sens où ils choisissent toujours de manière parfaite ce qui sert au mieux leurs intérêts. Nous commençons par la définition du risque en sciences économiques, puis nous discutons des hypothèses et des théories.

1.1 Le risque et l'espérance mathématique

Deux définitions témoignent de la façon dont le risque est généralement perçu :

▷ *Risque nom commun*

1. La possibilité d'engendrer des pertes ou des malheurs.
2. *Danger (assurance) : a. risque de perte ou autre événement pour lequel une réclamation peut être faite ; b. le type d'un tel événement, tel que l'incendie ou le vol ; c. le montant de la réclamation dans le cas où un tel événement se produit ; d. personne ou objet évalué par rapport à ses caractéristiques qui risqueraient d'engendrer un incident assuré¹.*

▷ *Risque*

«Le risque, c'est le potentiel qu'une action ou une activité choisie (y compris le choix de l'inaction) amène à une perte (un résultat indésirable). La notion implique l'existence d'un choix qui influencerait (ou a influé) sur le résultat. Des pertes potentielles peuvent elles-mêmes être appelées 'risques'. Presque toute activité humaine comporte un risque, mais certaines sont beaucoup plus risquées que d'autres².»

La définition du risque en sciences économiques est autre que celles citées ci-dessus. En règle générale, le risque est perçu comme négatif. Cependant, en sciences économiques, il peut être associé à des effets négatifs (comme des accidents potentiels) et à des bénéfiques (tels que l'innovation issue de la recherche). Du point de vue des sciences économiques, le risque est davantage associé à l'incertitude qu'à des effets négatifs.

Pour clarifier la terminologie, nous utiliserons la notion de risque économique, et définirons les termes **espérance mathématique** (notée EV pour "Expected Value" en anglais), **événement** et **résultat**.

Espérance mathématique

Définition

L'espérance mathématique d'une variable aléatoire est la moyenne pondérée de toutes les valeurs possibles que la variable peut prendre.

Supposons qu'un entrepreneur débute une activité dont il obtient un bénéfice annuel. Néanmoins, le montant du bénéfice est incertain («bénéfice» est une variable) :

- ▷ lors des bonnes années il est élevé (X) avec une probabilité (p);

¹ Source : <http://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/risk>.

² Source : <http://en.wikipedia.org/wiki/Risk>.

▷ lors des mauvaises années il est bas (Y) avec une probabilité complémentaire de $(1-p)$.

Ces occurrences s'appellent des événements et les bénéfices associés des résultats. L'entrepreneur ne sait pas à l'avance si l'année sera bonne ou mauvaise et compte sur les probabilités p et $1-p$ pour prévoir les bénéfices. Il est à noter que nous ne prenons en compte que deux possibilités : une bonne ou une mauvaise année. Il est clair que dans la réalité, il existe beaucoup de situations possibles et la variable «bénéfice» pourrait prendre beaucoup de valeurs différentes. Néanmoins, nous ne traiterons pas les variables continues, ce qui implique que nous n'aurons pas à faire d'hypothèses au sujet de la distribution des bénéfices (notamment si la distribution de probabilité est uniforme, normale ou si elle revêt une autre forme).

Pour évaluer son activité, l'entrepreneur doit calculer les gains futurs à partir de la probabilité que les gains possibles existent. En termes économiques, ceci s'appelle l'espérance mathématique (notée EV pour «Expected Value» en anglais) de l'activité et elle est calculée comme suit :

$$EV = pX + (1 - p)Y$$

Bénéfice espéré d'une activité

Exemple

Si, par exemple, le bénéfice s'élève à 100 000€ lors d'une bonne année et à 60 000€ lors d'une mauvaise année, et que la probabilité que ces deux événements se réalisent est la même (c'est-à-dire $p=50\%$), le bénéfice espéré est 80 000€.

L'espérance mathématique (EV) est une mesure hypothétique de la valeur future de l'activité. **Elle ne reflète pas la réalité** : elle est la moyenne pondérée de toutes les situations réelles possibles. Il se pourrait que l'activité ne produise jamais un bénéfice futur de 80 000€ ; c'est tout simplement ce que nous pouvons espérer à l'instant présent³.

Il arrive souvent que lorsque nous avons un choix à faire, nous nous focalisons sur l'avenir en choisissant des options qui auront un impact sur celui-ci. Par souci de clarté, nous allons maintenant définir ce que nous entendons par **événement** et **résultat**.

Événement et résultat

Définition

Un **événement** est une circonstance qui peut se produire, indépendamment de son importance. Dans notre exemple, une «bonne année» est un événement ; une «mauvaise année» est un autre événement. Bien que dans la réalité les événements peuvent avoir des conséquences importantes (par exemple, une naissance, un accident nucléaire, un sommet du G8), lors de la discussion qui va suivre, les événements seront évalués indépendamment de leur influence ou de leur importance.

Le **résultat** d'un événement est sa réalisation (par exemple, la bonne ou la mauvaise année). Chaque événement apporte des conséquences qui peuvent toucher le décideur. Par exemple, lors d'une bonne année, les ventes sont élevées, les impôts sont bas, la productivité est stable, *etc.* On suppose que ces caractéristiques sont implicites dans le résultat de l'événement, et peuvent être exprimées en termes monétaires (par exemple, le bénéfice net).

Pour en revenir à l'exemple, nous pouvons décrire l'activité ci-dessus comme risquée car elle implique des événements et des résultats qui sont **incertains**. En d'autres termes, le résultat réel pourrait être plus élevé ou plus bas que l'espérance mathématique. Par ailleurs, une activité qui génère 80 000€ de façon régulière chaque année est «sûre». Cette activité ne comporte pas de risque (certitude versus incertitude), car son résultat est toujours le même, c'est-à-dire que la probabilité qu'elle engendre un bénéfice sûr de 80 000€ est égale à 1.

Il est clair que dans le domaine des sciences économiques, la définition d'une activité risquée est bien plus large que celle utilisée normalement. Dans le sens général, le mot risque est associé à la perte, aux dommages, à une opportunité manquée, ou à une perte de gains. La différence principale entre la définition économique du risque et sa définition plus générale se trouve dans la connotation

³ L'espérance mathématique EV n'est pas une valeur réelle mais la moyenne pondérée de valeurs réelles ; ainsi, le nombre moyen d'enfants par femme, par exemple 1,5 enfant, ne correspond pas à un nombre réel d'enfants par femme.

négative⁴ que porte cette dernière. En économie, la notion de risque concerne un événement qui se produit avec une probabilité connue ou qu'il est possible d'estimer, alors qu'un événement qui se produit avec une probabilité de un ou de zéro est dit sûr (ou certain).

Point clé

Le risque en sciences économiques

En résumé, une activité risquée implique que les événements et leurs conséquences sont incertains : leur réalisation est plus ou moins probable. Inversement, une activité sûre implique que le résultat est certain. En sciences économiques, le risque est associé à l'incertitude, que les effets soient bénéfiques ou néfastes.

De la même manière, la définition du risque donnée par l'ISO 31000 intègre la vision économique [Motet 2009]. Cette norme définit le risque comme « l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs ». Trois notions importantes sont contenues dans cette définition :

- ▷ Le risque dépend de l'indétermination ou de l'incertitude des événements, au sens où il pourrait se réaliser ou ne pas se réaliser.
- ▷ Le risque doit être géré car il a un impact sur l'avenir (des modifications par rapport au statut initial) qui touche les décideurs.
- ▷ Le risque est pertinent seulement lorsqu'il est comparé aux objectifs réels du décideur dans le contexte des décisions qui auront un effet sur l'avenir.

La question qui s'ensuit est naturellement :

“ Comment les gens réagissent-ils à des événements incertains par rapport à d'autres sans risque? ”

1.2 L'attitude face au risque

Pour continuer avec l'exemple précédent, imaginez que vous soyez propriétaire d'une activité risquée R qui génère un revenu soit de 60 000€ avec une probabilité de 0,5, soit de 100 000€ avec la même probabilité de 0,5. Dans ce cas, l'espérance mathématique (EV) de R est $EV(R)$ et est égale à 80 000€ ($EV(R)=80\,000$). Maintenant, supposons une activité sûre, S, qui génère 80 000€ avec une probabilité de 1 ($EV(S) = 80\,000$). Bien que les deux activités aient la même espérance mathématique (EV), seule la seconde est sûre (c'est-à-dire qu'elle fournit un revenu sûr). Si elles devaient choisir parmi ces deux activités, certaines personnes seraient indifférentes; d'autres préféreraient l'activité risquée, R; d'autres encore choisiraient l'activité sûre, S. En d'autres termes, certains individus aiment le risque et choisissent R, certains préfèrent nettement les choix sûrs et sont attirés par S, et d'autres sont indifférents au fait que l'activité soit sûre ou risquée, tant que les espérances mathématiques (EV) sont égales. La notion d'**attitude face au risque** (amateur, averse et neutre) commence ainsi à émerger.

Maintenant, nous allons regarder de plus près l'activité risquée R et classer les individus en fonction du prix auquel ils accepteraient de la vendre en utilisant EV comme « curseur ». Les personnes ont telle ou telle préférence face au risque, donc leurs préférences sont hétérogènes. Considérons l'activité risquée R. Si on demande à un groupe d'individus :

“ Supposons que cette activité vous appartienne, combien demanderiez-vous à quelqu'un pour la gérer pendant un an? ”

La plupart des gens demandent un montant inférieur à 80 000€.

⁴ Il est important de garder cette définition à l'esprit dans les discussions à venir car il y a des aspects psychologiques qui distinguent le risque dans le domaine des pertes et le risque dans le domaine des gains.

Exemple

Anne, Luc et Ned⁵

Supposons qu'Anne demande 75 000€ pour vendre l'activité. Si elle la gardait, elle pourrait en obtenir un gain faible (60 000€) ou un gain élevé (100 000€); par contre, si elle vend l'activité elle est assurée de gagner 75 000€. Cette transaction serait perçue par beaucoup comme une bonne affaire même si le prix de vente est inférieur à l'espérance mathématique (EV). Cela peut être perçu comme le prix à payer pour éviter le risque de ne gagner que 60 000€. Bien qu'il existe de nombreux facteurs qui déterminent les réactions humaines face aux activités risquées (psychologiques, personnels, *etc.*), en termes économiques, un individu peut être classé comme averse au risque, indifférent au risque (neutre) ou amateur de risque indépendamment de ce qui cause son attitude face à celui-ci. Dans cet exemple, Anne serait classée comme averse au risque car 75 000€ est un montant inférieur à l'espérance mathématique (EV) de l'activité. Supposons maintenant que Luc et Ned demandent respectivement 82 000€ et 80 000€. Luc est un amateur de risque car il demande plus que l'espérance mathématique (EV); Ned, lui, est indifférent au risque car le montant qu'il demande est le même que l'espérance mathématique (EV).

Le fait que le décideur peut donner à l'activité risquée une valeur qui diffère de l'espérance mathématique nous amène à la notion d'**équivalent certain** (noté CE, pour *Certainty Equivalent* en anglais).

Définition

Équivalent certain

L'équivalent certain d'une activité risquée est le montant qui est attribué à la valeur de l'activité. L'équivalent certain peut aussi être appelé prix de vente. C'est le prix fixe auquel l'activité serait vendue.

En d'autres termes, l'équivalent certain est le montant d'argent nécessaire pour rendre l'individu indifférent au fait de vendre son activité ou de la conserver.

Évidemment, le prix de vente (équivalent certain) est donné par la réponse à la question précédente :

- ▷ l'équivalent certain d'Anne est de 75 000€,
- ▷ celui de Ned est de 80 000€,
- ▷ et celui de Luc est de 82 000€.

Ce qui nous amène à une définition simple de l'attitude face au risque au travers de la comparaison entre l'équivalent certain (CE) de chaque agent et l'espérance mathématique (EV) objective.

Définition

Aversion au risque et prime de risque

L'aversion au risque implique que l'équivalent certain pour une activité risquée est inférieur à son espérance mathématique ($CE < EV$), car une personne averse au risque essaiera de se débarrasser de l'activité risquée, même si elle renonce à un gain possible (espéré). La différence entre l'espérance mathématique et l'équivalent certain est appelée la **prime de risque** (noté RP, pour *Risk Premium* en anglais). La prime de risque est positive dans le contexte d'un comportement averse au risque; c'est le montant maximum qu'un individu accepte de perdre pour éviter le risque.

Étant donnée cette définition, Anne est averse au risque parce que son CE (75 000€) est inférieur à l'EV (80 000€). Elle préfère renoncer à une partie de son résultat escompté (une prime de risque de 5 000€) pour éviter le résultat d'une mauvaise année. Il est à noter que si Anne pouvait vendre pour un montant supérieur à son équivalent certain de 75 000€, le résultat serait encore plus élevé que celui espéré.

⁵ Ces prénoms sont ceux utilisés dans la version anglaise car leurs initiales font référence à *risk averse*, *lover* et *neutral*.

Amateur de risque

L'amateur de risque va dans le sens contraire : l'équivalent certain d'un amateur de risque est toujours plus élevé que l'espérance mathématique. Ainsi, la prime de risque est négative et représente le montant maximum que la personne est prête à concéder pour conserver l'activité risquée. Pour les amateurs de risque, la valeur absolue de la prime de risque représente le montant maximum qu'ils sont prêts à perdre lorsqu'ils choisissent entre une activité risquée et son espérance mathématique. Ils préfèrent conserver l'activité risquée que d'accepter son espérance mathématique : le risque revêt un caractère positif.

Luc est prêt à accepter le risque et son CE (82 000€) est plus élevé que la valeur de l'EV. Sa prime de risque (RP) est de -2 000€. Luc refuserait tout montant en dessous de 82 000€; en revanche, des offres supérieures à 82 000€ seraient acceptées.

En conclusion, les individus tels que Ned, pour qui la prime de risque est nulle (l'équivalent certain est égal à l'espérance mathématique), sont indifférents, **neutres face au risque**. Ned est neutre face au risque parce que son CE est égal à l'EV de son activité risquée. Il est indifférent au fait d'accepter une somme sûre de 80 000€ ou de supporter le risque d'une activité dont l'espérance mathématique est identique.

Une autre manière de mesurer l'attitude face au risque est tout simplement de demander à un individu s'il préfère une activité risquée à une autre activité risquée avec la même espérance mathématique mais une variabilité inférieure. Par exemple, nous pouvons demander à Anne, Luc et Ned de choisir entre deux activités :

- ▷ celle donnée dans l'exemple précédent (rendement escompté de 100 000€ ou de 60 000€ avec la même probabilité : espérance mathématique égale à 80 000€).
- ▷ ou une autre activité qui peut rapporter soit 70 000€ soit 90 000€ avec la même probabilité (espérance mathématique valant aussi 80 000€).

Bien que les deux activités aient la même espérance mathématique EV (80 000€), la variance est plus élevée pour la première (800; écart-type : 28,28) que pour la seconde (variance : 200; écart-type : 14,14).

La variance

La variance mesure la dispersion des valeurs observées. La variance est la moyenne de l'écart au carré de valeurs par rapport à la moyenne.

Quand l'espérance mathématique est la même, un individu averse au risque préférera toujours une activité plus sûre à une activité risquée (celle avec une variabilité limitée). L'amateur de risque, au contraire, préférera toujours l'activité risquée (celle avec une variabilité élevée). Enfin, un individu indifférent au risque n'a pas de préférence nette : il considère que les deux sont équivalentes et est indifférent. Comme Anne est averse au risque, elle préférerait la seconde activité (avec moins de variabilité); Ned étant indifférent au risque serait neutre; et Luc, l'amateur de risque, préférerait la première activité (avec plus de variabilité).

Nous pouvons, par conséquent, nous poser la question de savoir comment les individus font leur choix face à l'incertitude et, en particulier, selon leur attitude personnelle face au risque. Dans la partie suivante, nous décrivons brièvement les approches les plus courantes utilisées par les économistes durant ces soixante dernières années pour étudier **la prise de décision en présence de risque**, notamment la théorie de l'**utilité espérée** (notée EU, pour Expected Utility theory en anglais). Cette théorie a été développée par von Neumann et Morgenstern en 1944 [Von Neumann et Morgenstern 1953] et étayée par Savage [Savage 1954].

Hypothèse

La théorie de l'utilité espérée (EU) est basée sur l'hypothèse qu'un agent qui doit prendre une décision dans des conditions incertaines évalue les bénéfices dérivés d'événements divers par rapport à la probabilité que ces événements se produisent.

1.3 Les préférences et l'utilité

Des exemples supplémentaires et des définitions sont nécessaires pour illustrer la théorie et mieux comprendre la discussion qui va suivre.

Exemple

La loterie

Par simplicité, appelons cette loterie L1. Chaque individu peut choisir entre deux alternatives : acheter ou ne pas acheter un billet de loterie. Le billet offre la possibilité de gagner 100€ avec une probabilité de 0,1. L'espérance mathématique de la loterie L1 est par conséquent de 10€ ($100 \times 0,1$). Si le prix du billet est égal à l'EV du L1 (de 10€ donc) une personne averse au (respectivement amateur de) risque n'achèterait pas (respectivement achèterait) un billet. Maintenant, supposons qu'il y ait une autre loterie L2; dans ce cas un billet coûte 1€ et permet de gagner 100€ avec une probabilité de 0,05. Clairement, comme l'espérance mathématique de L2 est plus élevée que le coût du billet ($100€ \times 0,05 > 1€$), tous ceux qui ne sont pas très averses au risque vont probablement tenter leur chance de gagner 100€.

Si nous supposons que chaque individu ne peut acheter qu'un billet, il y a maintenant trois alternatives :

- ▷ acheter un billet de L1,
- ▷ acheter un billet de L2,
- ▷ ne pas acheter de billet.

En utilisant les définitions données précédemment, chaque loterie est un événement, parce qu'il peut survenir dans le futur, indépendamment de l'individu. La réalisation du futur événement déterminera le résultat pour l'individu; par exemple une perte de 10€ s'il achetait un billet L1 et perdait; ou un gain de 99€ s'il achetait un billet L2 et gagnait. Nous avons donc trois événements au choix (noté A pour alternative) $A = \{\text{pas de billet, billet L1, billet L2}\}$ et cinq résultats possibles (noté O, pour *outcome* en anglais) $O = \{\text{pas de billet, achat L1-gagnant, achat L1-perdant, achat L2-gagnant, achat L2-perdant}\}$ ⁶.

Comme dans l'exemple de la loterie, nous sommes constamment face à des situations où nous devons choisir parmi plusieurs alternatives. La multitude de biens et services qu'un décideur peut se permettre d'acheter constitue, par exemple, un groupe d'alternatives possibles. À chaque fois qu'un individu consomme un bien ou un service, ou vit une expérience, il en tire une certaine satisfaction ou plaisir et, en général, peut les classer par ordre de préférence. Ainsi, il est supposé que les individus ont des préférences; ils peuvent notamment classer leurs alternatives par ordre de préférence décroissante.

Exemple

Anne, Luc, Ned et la loterie

Par exemple, comme Anne est averse au risque, ses préférences pour les billets de loterie sont : acheter un billet L2 est préférable à n'acheter aucun billet, parce que L2 a une espérance mathématique plus élevée que le prix du billet; cependant, elle préfère ne pas acheter de billet plutôt qu'un billet L1, parce que le prix du billet L1 est égal à son espérance mathématique; pour Anne, clairement, un billet L2 est préférable à un billet L1. Les préférences d'Anne en matière de loterie peuvent être résumées comme suit : $\text{billet L2} > \text{pas de billet} > \text{billet L1}$. Au contraire, l'amateur de risque qu'est Luc préférera toujours acheter un des deux billets plutôt que d'éviter le risque.

En général, les sciences économiques postulent que chaque individu a une idée précise des alternatives qu'il préfère, c'est-à-dire qu'il a un **système de préférences**. Un **décideur rationnel** est un individu qui, étant donné son système de préférences, **peut choisir quelles alternatives il préfère parmi un choix d'alternatives possibles**.

Comme ce document n'a pas pour but de donner une description analytique complète de la théorie économique, ce qui suit est un simple aperçu de la **relation de préférence rationnelle**. Nous

⁶ Il s'agit seulement des résultats qui nous intéressent. Comme notre but n'est de donner qu'un aperçu général de la théorie économique, nous avons simplifié la liste.

supposons qu'un décideur est capable de classer ses préférences pour prendre les bonnes décisions. D'un côté, il est toujours capable de décrire ses préférences : si lui sont présentées deux alternatives X et Y, il peut toujours dire si, pour lui, (i) X est préférable à Y, (ii) Y est préférable à X; ou (iii) il est indifférent; en sciences économiques, ceci s'appelle l'**axiome de complétude**. D'un autre côté, les préférences peuvent être triées de manière ordonnée (ceci est le cœur de l'hypothèse rationnelle) : un individu peut dire s'il préfère l'alternative A à la B et l'alternative B à la C. Rationnel, dans ce contexte, veut dire que logiquement selon le classement de ses préférences, il préférera l'alternative A à l'alternative C (lorsqu'il a la possibilité de choisir entre les deux). Dans la terminologie économique, ceci s'appelle l'**axiome de transitivité**.

Néanmoins, pour modéliser le système de préférences sous forme mathématique, il nous faut présenter une fonction qui mesure le niveau de satisfaction, notamment le « plaisir » tiré de la consommation du produit, service ou expérience. La relation de préférence rationnelle peut être représentée par une **fonction d'utilité** $u(\cdot)$. La fonction d'utilité assigne une valeur numérique (qui représente le niveau de satisfaction) à chaque alternative, pour pouvoir la classer par rapport aux autres. Plus le nombre associé à l'alternative est élevé, plus celle-ci se situe en haut du classement des préférences. La comparaison d'utilités révèle si un individu préfère une alternative à une autre. Les préférences peuvent varier d'un individu à un autre, ainsi l'utilité est une mesure subjective qui reflète le « goût ». Néanmoins, certaines caractéristiques de la fonction d'utilité sont supposées être communes à tous, telles que le **principe de non-satiété** pour l'utilité de l'argent. Ce principe peut être résumé ainsi : « plus, c'est mieux » et « moins, n'est pas mieux ». Dans le cas de l'argent, il semble raisonnable de supposer que les individus préfèrent toujours avoir plus d'argent que moins d'argent. Ceci se retrouve dans la pente monotone de la fonction d'utilité de l'argent.

Puisque tous les résultats et préférences peuvent être représentés en termes monétaires, voyons comment les préférences individuelles peuvent être décrites à l'aide de la fonction d'utilité et en utilisant l'exemple de la section précédente. Il apparaît évident de postuler que chacun préférerait avoir une bonne année et gagner 100 000€ plutôt que d'avoir une mauvaise année et n'en gagner que 60 000. Il n'est pas besoin de développer une forme explicite pour la fonction d'utilité; nous pouvons simplement dire que : $u(100\ 000€) > u(60\ 000€)$ pour tout individu. En fait, il n'est pas si important de savoir de combien $u(100\ 000€)$ est plus grande que $u(60\ 000€)$: la seule chose qui nous intéresse est le fait que l'utilité d'un de ces deux résultats soit plus grande que celle de l'autre (100 000€ comparé à 60 000€). L'utilité est ordinale : ce qui importe, c'est le signe de la différence $u(100\ 000€) - u(60\ 000€) > 0$ et le classement des alternatives, plutôt que la valeur réelle de la différence. Si l'échelle change, par exemple en exprimant les valeurs en dollars, l'ordre ne change pas (ceci est valable avec chaque transformation monotone). De la même façon, la valeur absolue de l'utilité n'est pas aussi importante que sa valeur relative (ou autrement dit, le classement entre utilités pour des résultats différents).

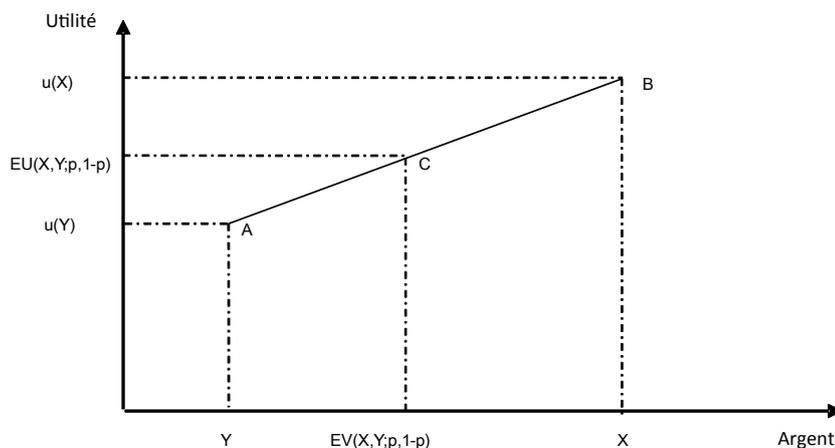


FIG. 1.1 – Exemple de relation entre fonction d'utilité et argent : plus la somme d'argent est élevée, plus l'utilité $u(\cdot)$ associée à cette somme est élevée

Jusqu'à présent, nous avons évalué la bonne année et la mauvaise année séparément. Désormais, nous souhaiterions savoir comment représenter un événement risqué et quel rôle joue la probabilité dans le classement d'alternatives incertaines. La section suivante répond à cette question et présente la théorie de l'utilité espérée.

1.4 La théorie de l'utilité espérée

La fonction d'utilité nous aide à classer les alternatives qui sont sûres (c'est-à-dire certaines d'advenir ; de probabilité égale à 1). Néanmoins, si les alternatives que nous devons classer sont incertaines et ont une probabilité entre zéro et un, nous pouvons résumer l'utilité dérivée de l'activité risquée en une mesure unique à l'aide du calcul de l'utilité espérée.

Dans notre exemple, l'activité risquée présente deux résultats possibles (une bonne et une mauvaise année) auxquels sont associées deux utilités possibles $u(100\ 000)$ et $u(60\ 000)$ selon le résultat de l'événement à l'avenir. Définissons X comme la somme d'argent gagnée lors d'une bonne année (probabilité : p), et Y la somme d'argent gagnée lors d'une mauvaise année (probabilité complémentaire $1-p$). Dans ce cas, l'activité risquée peut être définie comme $(X, Y; p, 1-p)$. L'espérance mathématique (EV) de l'activité a déjà été définie comme le résultat espéré avant que l'événement n'ait lieu :

$$EV(X, Y; p, 1 - p) = 0,5 \times 100\ 000 + 0,5 \times 60\ 000 = 80\ 000$$

L'espérance mathématique peut être tracée sur l'abscisse du graphique en figure 1.1.

Néanmoins, le décideur doit agir avant que le résultat ne soit connu et a besoin d'évaluer l'activité risquée à l'avance, au vu des probabilités qu'il connaît ou aura correctement estimées. L'utilité espérée de l'activité risquée est la moyenne des utilités dérivées des résultats possibles, pondérées par la probabilité qu'ils se produisent. Dans l'exemple précédent, l'utilité espérée de l'activité risquée est donnée comme suit :

$$EU(X, Y; p, 1 - p) = p \times u(X) + (1 - p) \times u(Y) = 0,5 \times u(100\ 000) + 0,5 \times u(60\ 000)$$

Ceci démontre que les utilités des résultats certains lors des deux années possibles (bonne ou mauvaise) ne contribuent à l'utilité espérée que dans la mesure où il est probable qu'ils se produisent. En d'autres termes, EU est l'espérance d'une utilité future, $E(U(X, Y; p, 1 - p))$. D'un point de vue mathématique, l'utilité espérée est une combinaison linéaire. En fait, sur le graphique de la figure 1.1, la ligne qui relie le point A au point B est l'utilité espérée pour chaque combinaison de probabilités complémentaires possibles ($p, 1-p$) avec les résultats X et Y (si $p = 0$, l'utilité espérée est exactement $u(Y)$, alors que si $p = 1$, l'utilité espérée est $u(X)$). L'ordonnée du point C est l'utilité espérée dérivée de l'activité risquée avec $p=0,5$ et son abscisse est son espérance mathématique.

Nous disposons maintenant d'une seule mesure pour décrire le niveau de satisfaction du maintien de l'activité. Nous pouvons par conséquent comparer, dans un contexte théorique unique, le niveau de satisfaction que procure des activités sûres et risquées pour les différentes attitudes face au risque que nous avons présentées dans la section précédente.

Nous avons défini l'équivalent certain comme le montant d'argent auquel un individu attribue la même utilité qu'à l'activité risquée (c'est-à-dire celui qui a le même niveau d'utilité) :

$$u(CE(X, Y; p, 1 - p)) = EU(X, Y; p, 1 - p)$$

c'est-à-dire,

$$u(CE(X, Y; p, 1 - p)) = 0,5 \times u(100\ 000) + 0,5 \times u(60\ 000)$$

La relation entre l'équivalent certain et l'utilité espérée dépend de l'attitude face au risque de l'individu en question.

1.5 L'aversion au risque

Comme nous l'avons vu, un individu averse au risque préférera toujours des activités sûres à des activités risquées. En d'autres termes, sa fonction d'utilité pour une activité risquée est toujours plus basse que l'utilité dérivée d'une activité avec la même espérance mathématique mais sans le risque. Ceci implique que l'équation suivante peut être appliquée à tout agent averse au risque et à toute activité risquée :

$$u(EV(X, Y; p, 1 - p)) > EU(X, Y; p, 1 - p)$$

Ceci correspond à la définition mathématique exacte d'une fonction concave, c'est-à-dire :

“ Une fonction réelle f sur un intervalle (ou, plus généralement, un ensemble convexe situé en espace vectoriel) est dite concave si, pour toute valeur x et y dans un intervalle et pour tout t dans $[0, 1]$,

$$f(tx + (1 - t)y) > tf(x) + (1 - t)f(y) \text{ avec } x \neq y.$$

Nous pouvons conclure que la fonction d'utilité pour un individu averse au risque peut toujours être représentée par une fonction concave.

Retournons à notre exemple précédent. Pour Anne, l'inégalité suivante est toujours valable :

$$u(0,5 \times 100\,000 + 0,5 \times 60\,000) > 0,5 \times u(100\,000) + 0,5 \times u(60\,000)$$

De plus, puisque $u(CE(X, Y; p, 1 - p)) = 0,5 \times u(100\,000) + 0,5 \times u(60\,000)$, nous pouvons aussi dire que $u(80\,000) > u(CE)$. Comme l'espérance mathématique de l'activité est toujours plus élevée que l'utilité espérée de l'activité, nous voyons une différence entre les ordonnées des points C et D dans le graphique de la figure 1.2 ci-dessous. De plus, il nous est facile de retrouver l'équivalent certain en utilisant une analyse graphique. Sachant combien un individu paierait pour une même utilité, nous pouvons déterminer l'équivalent certain à partir du montant qui correspond à l'utilité espérée des deux événements incertains (par exemple, $u(100\,000, 0,5; 60\,000, 0,5) = 50\% \times u(100\,000) + 50\% \times u(60\,000) = u(CE)$). Dans cet exemple particulier, l'équivalent certain d'Anne était $CE(X, Y; p, 1 - p) = 75\,000\text{€}$ et de fait, l'utilité de $80\,000\text{€}$ est toujours plus élevée que l'utilité de $75\,000\text{€}$.

Comme nous l'avons expliqué précédemment, la prime de risque est la différence entre l'espérance mathématique et l'équivalent certain (donc $5\,000\text{€}$ pour Anne). Nous notons que la prime de risque est une mesure pertinente de l'aversion au risque : plus la prime de risque est élevée, plus le montant auquel l'agent est prêt à renoncer pour éviter le risque et aller vers des options plus sûres est élevé. Par ailleurs, cette mesure se reflète dans la concavité de la fonction d'utilité, autrement dit, plus la fonction est concave, plus l'agent est averse au risque.

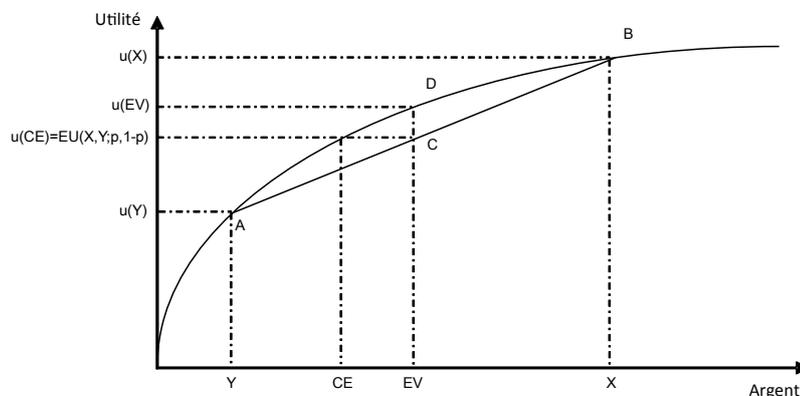


FIG. 1.2 – Fonction d'utilité d'un agent averse au risque

De la même manière, les préférences d'un amateur de risque peuvent être représentées par une fonction convexe car, pour ce dernier, l'utilité de l'équivalent certain est toujours plus élevée que l'utilité de l'espérance mathématique. Les préférences des agents neutres face au risque peuvent être décrites par des fonctions d'utilité linéaires : comme définie ci-dessus, l'utilité espérée est une combinaison linéaire d'utilités, pondérées en fonction de leurs probabilités ; ainsi, il est clair que la seule fonction pour laquelle l'équivalent certain est égal à l'utilité espérée est la fonction linéaire.

Point clé

Théorie de l'utilité espérée

Nous pouvons résumer la théorie de l'utilité espérée comme suit :

1. Il est possible de mesurer l'utilité pour des sommes d'argent connues ; plus la somme est élevée, plus l'utilité mesurée sera élevée ;
2. Il est possible de mesurer l'utilité espérée d'une activité risquée en pondérant l'utilité dérivée des valeurs connues des résultats possibles par la probabilité de leur occurrence ;
3. Les individus averses au (respectivement amateurs de) risque préfèrent toujours (respectivement jamais) des sommes sûres que des sommes équivalentes mais incertaines et ceci peut être représenté graphiquement par une fonction d'utilité concave (respectivement convexe).

Jusqu'à présent, nous avons vu comment représenter les préférences individuelles en termes d'utilité et aussi comment la théorie de l'utilité peut classer les événements qui ont une issue incertaine. En ce qui concerne le choix en situation de risque et d'incertitude, la théorie économique classique suppose que tout individu raisonnable suit les axiomes de l'utilité espérée et qu'une majorité se comporte tel que le prédit la théorie. De la même manière, nombre d'économistes soutiendraient que le bon choix dans des circonstances risquées devrait être cohérent avec la théorie.

1.6 Mesurer l'aversion au risque

Les situations économiques impliquent le plus souvent des conséquences risquées. C'est pour cela qu'il est important, pour une multitude de raisons, de connaître l'attitude de chacun face au risque car cela a des conséquences sur l'économie, les niveaux d'investissement, les choix d'assurances individuels et la politique publique. Mieux comprendre le comportement humain au niveau individuel implique de s'intéresser à l'aversion au risque du point de vue de l'individu d'une part ; d'autre part, comprendre les comportements d'ensemble est une manière utile de tenter de répondre à des questions plus générales et de tester la validité des modèles. Par exemple, une analyse de marché requiert la connaissance de l'attitude face au risque de l'ensemble de la population, et la mise en œuvre de la politique nationale implique que les gouvernements doivent prendre en compte le niveau général d'aversion au risque, plutôt que le niveau individuel.

1.6.1 L'analyse économétrique

Les études économétriques qui tentent d'évaluer l'attitude générale face au risque s'appuient sur des ensembles de données provenant de secteurs ou d'activités particuliers. Par exemple, il est bien connu que les ouvriers effectuant des tâches semblables, mais qui sont exposés à des niveaux de dangers différents, ont des salaires qui reflètent le risque qu'ils prennent. En mesurant cette différence et l'importance du risque, nous pouvons évaluer le niveau d'aversion au risque : un agent très aversé au risque devrait demander un salaire élevé pour travailler dans un environnement risqué.

Fumeurs et non-fumeurs

Les travaux de Hersch et Viscusi fournissent un bon exemple [Hersch et Viscusi 2001]. Ils ont classé les ouvriers en deux groupes : les fumeurs et les non-fumeurs. Ils ont considéré le fait de fumer comme étant un choix correspondant à un comportement plutôt à risque, et ont étudié la différence salariale entre fumeurs et non-fumeurs qui occupaient des postes à risque. Ils ont trouvé que les fumeurs cherchaient des postes plus risqués, mais étaient moins payés que des ouvriers non-fumeurs à des postes similaires. Même si les deux groupes d'ouvriers étaient rémunérés pour les risques qu'ils encouraient, le niveau de rémunération chez les fumeurs était inférieur. Il est à noter que les deux groupes d'ouvriers (fumeurs et non-fumeurs) étaient averse au risque, parce qu'ils étaient tous les deux rémunérés pour les risques encourus.

Selon la définition présentée précédemment, un amateur de risque s'attendrait à être payé moins qu'une personne averse au risque pour le même emploi risqué. Des préférences (attitudes face au risque) divergentes mènent à des marchés de l'emploi et des salaires différents. En utilisant cette information et en supposant une forme générale de la fonction d'utilité, nous pouvons évaluer le niveau d'aversion au risque à partir de l'écart salarial entre ouvriers aux caractéristiques semblables (par exemple les fumeurs) dans des situations de travail analogues, mais où la probabilité de se blesser est différente. Nous nous attendons à trouver que plus la différence de fréquence des accidents du travail est grande, plus le niveau d'aversion au risque est élevé.

Des analyses similaires ont été réalisées dans des contextes différents. Par exemple, Irwin Friend et Marshall E. Blume ont utilisé des données croisées sur les biens et avoirs des ménages pour évaluer la nature de leur fonction d'utilité⁷[Friend et Blume 1975]. Leurs données comprenaient les caractéristiques socio-économiques et démographiques habituelles des ménages. Elles comportaient également des informations sur les revenus et les biens, telles que la quantité et la nature des avoirs et des passifs (comptes en banque, obligations, assurances vie, actions, fonds propres, *etc.*).

George G. Szpiro, lui, a utilisé des données en séries chronologiques sur les assurances immobilières pour tester différentes fonctions d'utilité et déterminer celles qui correspondaient le mieux aux données [Szpiro 1986]. Beaucoup de chercheurs ont considéré les primes d'assurance comme une manière d'évaluer la volonté d'un agent de souscrire une assurance et le nombre de déclarations comme une indication sur la probabilité qu'un accident se produise. Le marché de l'assurance (par exemple, vie, voiture ou santé) est souvent utilisé comme base pour évaluer les attitudes face au risque [Friedman 1973].

En somme, la manière habituelle d'évaluer l'attitude face au risque est :

- ▷ premièrement, de supposer une forme générique fonctionnelle pour la fonction d'utilité, qui peut être convexe, concave ou linéaire selon le coefficient,
- ▷ et deuxièmement, d'évaluer le coefficient au moyen d'une analyse économétrique des décisions prises en situation d'incertitude.

La conclusion générale est qu'une grande majorité de la population est averse au risque, aussi bien dans des contextes généraux que spécifiques. Ce type d'étude révèle également un fait important : il existe des classes de personnes différentes pour qui le niveau d'aversion au risque est différent. Les facteurs clés sont les données socio-démographiques telles que l'âge, le sexe, la profession, l'éducation, la fortune, la situation géographique, les sensibilités religieuses, *etc.* Par exemple, nous pouvons observer les différences entre hommes et femmes, si le comportement risqué est influencé par l'âge ou s'il reste stable tout au long de l'existence de la personne, *etc.*

⁷ Nous ne rentrons pas dans les détails sur la forme que peut prendre une fonction d'utilité, néanmoins, voici un exemple simple : imaginons une fonction exponentielle x^a . Si le coefficient a est estimé à $a=1$, la fonction est linéaire, l'agent a une attitude neutre face au risque. Si a est strictement plus grand que 1, l'agent est averse au risque ; ainsi, plus a est élevé, plus la fonction est concave et le niveau d'aversion au risque est élevé. Si $a < 1$, alors l'agent est amateur de risque.

1.6.2 L'expérimentation

Une autre approche consiste à mesurer les niveaux individuels de l'aversion au risque par l'expérimentation. Ces études sont généralement moins ambitieuses que l'évaluation de la forme générale de la fonction d'utilité : elles se focalisent sur les évaluations locales de niveaux d'aversion au risque (c'est-à-dire une partie de la courbe plutôt que toute la courbe). D'autres études enquêtent sur l'attitude face au risque en effectuant des tests pour voir quelle fonction d'utilité correspond le mieux aux données expérimentales. Abordons maintenant quelques-unes de ces méthodes utilisées pour mesurer l'attitude face au risque. Elles sont axées sur l'observation du comportement dans des situations risquées et l'évaluation des réponses à l'aide de questionnaires ou d'expériences.

Charles A. Holt et Susan Laury se sont penchés sur le sujet dans une expérience basée sur les loteries [Holt et Laury 2002]. Les participants étaient invités à choisir parmi une liste de 10 loteries (voir tableau 1.1), et à sélectionner laquelle des deux options (A ou B) ils préféreraient. Les participants étaient payés selon leurs résultats obtenus lors de la loterie choisie. Par exemple, un participant qui choisit l'option A sur la ligne 1, serait payé 2€ avec une probabilité de 10%, ou 1,60€ avec une probabilité de 90%. La troisième colonne montre la différence entre les gains espérés (c'est-à-dire $EV(\text{option A}) - EV(\text{option B})$)⁸. À chaque fois que la différence est positive (les quatre premières loteries), un participant rationnel et neutre face au risque devrait préférer l'option A à l'option B; aussi, pour les six dernières loteries, il devrait choisir l'option B, car elle produit un gain espéré supérieur à l'option A. De plus, pour la première ligne, seul un amateur de risque confirmé choisirait l'option B; et dans la dernière ligne, tout le monde devrait choisir l'option B, car il est certain qu'elle fournit un gain plus élevé que l'option A.

Option A	Option B	Différence entre les gains espérés
1/10 of 2.00€, 9/10 of 1.60€	1/10 of 3.85€, 9/10 of 0.10€	1.17€
2/10 of 2.00€, 8/10 of 1.60€	2/10 of 3.85€, 8/10 of 0.10€	0.83€
3/10 of 2.00€, 7/10 of 1.60€	3/10 of 3.85€, 7/10 of 0.10€	0.50€
4/10 of 2.00€, 6/10 of 1.60€	4/10 of 3.85€, 6/10 of 0.10€	0.16€
5/10 of 2.00€, 5/10 of 1.60€	5/10 of 3.85€, 5/10 of 0.10€	-0.18€
6/10 of 2.00€, 4/10 of 1.60€	6/10 of 3.85€, 4/10 of 0.10€	-0.51€
7/10 of 2.00€, 3/10 of 1.60€	7/10 of 3.85€, 3/10 of 0.10€	-0.85€
8/10 of 2.00€, 2/10 of 1.60€	8/10 of 3.85€, 2/10 of 0.10€	-1.18€
9/10 of 2.00€, 1/10 of 1.60€	9/10 of 3.85€, 1/10 of 0.10€	-1.52€
10/10 of 2.00€, 0/10 of 1.60€	10/10 of 3.85€, 0/10 of 0.10€	-1.85€

TAB. 1.1 – Dix choix de loteries associés à des gains espérés faibles

Les auteurs ont montré que, même avec des enjeux aussi bas (le gain maximum était de 4€), environ :

- ▷ 66% des participants étaient averses au risque;
- ▷ 8% étaient amateurs de risque;
- ▷ les derniers 25% étaient neutres face au risque.

Ceci renforce l'idée que la majorité des personnes est averse au risque. Néanmoins, de nombreux aspects sont à prendre en compte; par exemple, est-ce que le niveau d'aversion au risque est le même pour des grosses ou des petites sommes d'argent? Les participants se comportent-ils différemment si les questions sont seulement hypothétiques ou si elles impliquent de l'argent réel?

⁸ Il est important de préciser que cette dernière colonne ne faisait pas partie des instructions expérimentales.

Faibles gains vs gros gains; gains réels vs gains hypothétiques

Exemple

Les auteurs ont effectué leurs expériences avec des valeurs plus élevées en substituant 144€ et 180€ à 2€ et 1,60€ en option A et 346,50€ et 9€ en option B. Lorsque ces enjeux élevés étaient hypothétiques, le niveau d'aversion au risque était semblable à celui basé sur les enjeux réels bas. Cependant, lorsque les enjeux étaient élevés et réels, les auteurs ont observé une forte croissance dans le niveau d'aversion au risque. Un tiers des participants n'étaient pas prêts à prendre des risques du tout : ils ont choisi l'option B seulement dans la dernière question.

Une explication possible pour ce comportement pourrait être que lorsque les gains potentiels sont élevés, nous devenons plus averses au risque. La différence entre un gain certain d'au moins 144€ et un gain potentiel de seulement 9€ fait que l'option B est une option risquée, et que l'on ne la choisit pas allègrement. Lorsque les enjeux sont hypothétiques, les participants ont tendance à être plus courageux et typiquement sous-estiment jusqu'où ils iront pour éviter le risque une fois que les enjeux seront réels.

Malgré les résultats remarquables des expériences économiques impliquant des récompenses monétaires, nous avons besoin, dans de nombreuses situations, d'une manière bien plus simple, plus directe et moins onéreuse d'accéder à l'information sur l'attitude de chacun face au risque. Il existe de nombreux sondages différents disponibles et utilisés par les chercheurs. Néanmoins, il reste nécessaire de valider que les réponses à ces questionnaires non rémunérés et hypothétiques sont de fidèles indicateurs de comportements réels dans des situations réelles.

Dohmen et al. ont réalisé une étude basée sur le panel socio-économique allemand (SOEP), qui contient un grand nombre de données mesurant l'attitude face au risque dans différents contextes (général, conduite routière, affaires financières, sports et loisirs, santé et carrière, etc.). Le panel contient également d'autres informations utiles, telles que l'âge, le sexe, la fortune, les revenus, le travail, l'éducation, l'éducation des parents, le nombre et l'âge des enfants, l'état civil, la religion, le poids, la taille, l'état de santé et autres [Dohmen et al. 2011]. Les auteurs ont vérifié si une question toute simple pouvait décrire le comportement réel lors d'une expérience avec une loterie, un peu semblable à celle réalisée par Holt et Laury. Les réponses à la loterie expérimentale (où les participants pouvaient gagner jusqu'à 300€) ont révélé que :

- ▷ aux alentours de 78% de la population était averses au risque ;
- ▷ 13% était neutre ;
- ▷ 9% amateur de risque⁹.

Non seulement leurs résultats concordaient avec ceux de Holt et Laury et avec d'autres études importantes sur l'attitude face au risque, mais les auteurs ont aussi trouvé que la réponse à la question de l'attitude générale face au risque « *Comment réagissez-vous face au risque en général?* » (sur une échelle de 0 à 10) était un indicateur fiable de comportement risqué dans le cas d'une loterie à enjeux réels. Il est intéressant de regarder la déclinaison des résultats à la question relative à l'attitude générale face au risque au regard des données disponibles concernant certaines catégories. En règle générale, les femmes sont plus averses au risque que les hommes ; l'aversion au risque s'accroît avec l'âge ; avoir des parents bien-éduqués fait que chacun est plus ouvert à la prise de risque ; et le plus surprenant, c'est que les personnes de grande taille ont tendance à être moins averses au risque.

⁹ Un petit pourcentage résiduel reflétait des participants dont les réponses étaient incompatibles avec les trois définitions de l'attitude face au risque.

1.6.3 Qu'en est-il des « anomalies » ?

Toutes ces études nous permettent de comprendre comment chacun réagit face à des situations risquées; par exemple, nous pourrions attendre des femmes qu'elles soient plus prudentes devant des décisions risquées. Jusqu'alors, la théorie économique que nous avons décrite suppose que les attitudes face au risque sont hétérogènes, mais standardisées. Par conséquent, nous avons supposé que chacun est soit « toujours » averse au risque, soit « toujours » enclin à prendre des risques indépendamment du temps ou de la situation, et notre modèle théorique inclut ces éléments.

La théorie de l'utilité espérée a été largement utilisée dans toutes les branches des sciences économiques et les économistes ont été de fervents défenseurs de sa validité. Malgré cela, un grand nombre d'articles d'économie expérimentale et comportementale, basés par exemple sur le travail des psychologues Kahneman and Tversky, ont révélé que dans de nombreux cas, les prédictions de la théorie de l'utilité espérée sont systématiquement violées [Kahneman et Tversky 1979, 1984, 2000].

Ainsi, dans le chapitre suivant, nous analysons une série de résultats empiriques et expérimentaux qui s'éloignent des prédictions de la théorie de l'utilité espérée. Nous nous focalisons sur les irrégularités résultant de motivations psychologiques indépendantes du contexte (c'est-à-dire qui sont indépendantes d'un cadre spécifique) et qui, par conséquent, sont applicables dans de nombreuses circonstances différentes. Nous appelons ces irrégularités des « anomalies ».

Anomalie

En sciences économiques, une anomalie est un comportement qui n'est pas conforme au modèle théorique classique.

Définition

L'étude de ces anomalies par rapport à la théorie de l'utilité espérée a conduit à l'apparition d'une théorie alternative, connue sous le nom de théorie des perspectives, qui sera présentée dans le chapitre 2. Néanmoins, toutes les anomalies ne sont pas suffisamment répandues dans la population pour être incluses dans cette nouvelle théorie générale; par conséquent, au chapitre 3, nous présentons d'autres déviations du comportement rationnel qui n'ont pas encore été modélisées, mais qui ont un fort impact sur la prise de décision en situation d'incertitude.

Divergences entre le modèle rationnel et la réalité

Des résultats empiriques suggèrent qu'en général les gens sont averses au risque. Une énigme intéressante apparaît cependant quand une même personne prend une assurance qui coûte davantage que le risque qu'elle couvre (comportement averse au risque) et achète un billet de loterie qui coûte davantage que le bénéfice espéré (comportement amateur de risque). Si nous supposons que l'attitude d'un agent économique est, par exemple, de toujours éviter les risques, il ne devrait alors jamais jouer à la loterie et tout autre comportement peut être perçu comme irrationnel.

Dans le chapitre précédent, nous avons vu le rôle de l'aversion au risque dans la prise de décision en situation d'incertitude. La plupart des individus rechignent à assumer des risques et préfèrent les options sûres quand le résultat n'est pas totalement certain.

Dans ce chapitre, nous présentons des anomalies, et supposons à nouveau que chaque fois qu'il y a un risque, les probabilités des alternatives sont connues, c'est-à-dire qu'il n'y a aucune incertitude sur la valeur exacte des probabilités concernées¹.

2.1 L'aversion à la perte

Une des anomalies les plus intéressantes et récurrentes du comportement humain face au risque est l'**aversion à la perte**. En termes d'importance en sciences économiques et en prise de décision en situation d'incertitude, elle est en deuxième position, juste derrière l'aversion au risque (vue en section 1.5).

L'aversion à la perte se produit dans des situations où au moins une des possibilités alternatives disponibles pour le décideur entraîne une diminution de sa richesse. Plus précisément, elle suppose que les situations dans lesquelles un individu pourrait subir une perte sont perçues différemment que les situations qui mènent à un gain. Comme Kahneman et Tversky l'affirmaient, l'idée soutenant l'aversion à la perte est que

“ Les pertes paraissent plus menaçantes que les gains équivalents [Kahneman et Tversky 1979]. ”

En d'autres termes, l'affliction suite à une perte est plus élevée que le plaisir lié à un gain du même ordre de grandeur.

Perception des pertes et des gains

Exemple

Imaginez que vous avez gagné une voiture d'une valeur de 20 000€. Maintenant, imaginez que la voiture est détruite dans un accident. Bien que, dans les deux situations gain et perte soient du même ordre de grandeur, le sentiment négatif de la perte de la voiture sera perçu, en termes absolus, de manière plus accrue que la réaction positive à son gain.

¹ Nous traitons dans le chapitre suivant l'aversion à l'ambiguïté, qui est le désir d'obtenir des informations sur des probabilités inconnues.

Ce principe psychologique général, qui pourrait être lié à notre instinct de survie, fait que les agents averses au risque se comportent différemment dans la même situation selon la façon dont elle se présente – soit comme une perte, soit comme un gain non réalisé.

Prenons un exemple basé sur des remises et des majorations.

Exemple

Remise et majoration

Imaginez une situation simple : vous êtes sur le point d'acheter un T-shirt qui coûte 20€ et sur lequel vous pensez bénéficier d'une remise de 20%. À la caisse, vous découvrez qu'en fait, il n'y a pas de remise. Comparez cette situation à celle où vous pensez acheter un T-shirt à 16€ et que le vendeur vous dit qu'il y a une majoration du prix de l'article et qu'il coûte maintenant 20€.

Il est habituellement plus facile de se passer d'une remise que d'accepter une hausse de prix, même si la différence est la même. Par conséquent, dans la première situation, vous accepteriez quand même, probablement, d'acheter le T-shirt, alors que dans la deuxième situation, vous ne le feriez pas.

Un autre exemple de ce type de comportement a été fourni par Kahneman, Knetsch et Thaler [Kahneman et al. 1986]. Ils ont demandé l'avis de participants, par entretiens téléphoniques, sur leur façon de juger les actions prises dans les deux situations suivantes :

Exemple

Le salaire réel et le pouvoir d'achat

Une société arrive à produire un petit bénéfice. Elle est située au sein d'une communauté qui traverse une récession avec un niveau de chômage élevé, mais sans inflation. La société décide de réduire de 7% les salaires et primes.

Une société arrive à produire un petit bénéfice. Elle est située au sein d'une communauté qui traverse une récession avec un taux de chômage élevé et un taux d'inflation de 12%. La société décide d'augmenter les salaires et primes de seulement 5% cette année.

Dans les deux cas, il y a une baisse de 7% du pouvoir d'achat réel. Dans le second cas, les 5% d'augmentation des salaires initiaux ne compensent pas la perte réelle de revenus due aux 12% d'inflation. Bien que ces deux situations soient équivalentes en termes réels, la façon dont elles sont présentées oriente la manière dont les interviewés jugent l'attitude de la société : 62% des participants ont perçu la première situation comme « injuste » ou « très injuste » alors que seulement 22% ont dit la même chose de la deuxième situation. Une perte sèche dans le premier cas (une diminution de salaire) est comparée à un gain perçu dans le second (une augmentation de salaire) même si le salaire réel et le pouvoir d'achat ont diminué.

De tels comportements se retrouvent dans de nombreux autres domaines. Kahneman et Tversky se sont penchés sur la question en organisant une expérience avec 307 participants [Tversky et Kahneman 1981; Kahneman et Tversky 1984]. À la moitié d'entre eux (N=152) fut présentée une situation qui impliquait une question de santé ; l'autre moitié (N=155) faisait face à une situation semblable mais présentée différemment. En voici le détail :

Exemple

Épidémie asiatique : problème 1 (N=152)

Imaginez que le pays X se prépare à une épidémie asiatique rare, qui pourrait tuer 600 personnes. Deux programmes alternatifs ont été proposés pour combattre la maladie. Supposez que les estimations scientifiques précises des conséquences des programmes sont les suivantes :

- ▷ Si le programme A est adopté, 200 personnes seront sauvées ;
- ▷ Si le programme B est adopté, il y a $1/3$ de chance que les 600 personnes soient sauvées, et $2/3$ de chance que personne ne soit sauvé.

Quel programme choisiriez-vous ?

Cette description met en valeur l'occurrence d'un événement négatif (600 personnes peuvent décéder). Alors, les individus préfèrent l'alternative qui semble la plus optimiste et qui propose la guérison certaine de 200 personnes, plutôt que l'alternative qui semble plus risquée puisque la

probabilité de sauver tout le monde est de $1/3$, mais qu'il y a 2 chances sur 3 que tout le monde meure. Ainsi, 72% des participants préfèrent le programme A, alors que seulement 28% choisissent le programme B. Comme attendu, la majorité des individus ont un comportement averse au risque, bien que le nombre espéré de vies sauvées soit identique pour les deux programmes.

Kahneman et Tversky posent la question suivante aux participants restants :

Exemple

Épidémie asiatique : problème 2 (N=155)

Imaginez que le pays Y se prépare à une épidémie asiatique rare, qui pourrait tuer 600 personnes. Deux programmes alternatifs ont été proposés pour combattre la maladie. Supposez que les estimations scientifiques précises des conséquences des programmes sont les suivantes :

- ▷ Si le programme C est adopté, 400 personnes mourront ;
- ▷ Si le programme D est adopté, il y a $1/3$ de chance que personne ne meure, et $2/3$ de chance que 600 personnes meurent.

Quel programme choisiriez-vous ?

Le programme C est le même que le A en termes de vies sauvées ou de nombres de victimes, et le programme D est identique au programme B en termes de probabilités. En fait, **les quatre programmes sont égaux en termes de nombre espéré de vies sauvées**. Néanmoins, les participants confrontés à ce deuxième problème ont réagi différemment : seuls 22% ont choisi le programme C et 78% ont choisi le programme D. Clairement, ceci viole la théorie de l'utilité espérée qui prédit qu'un agent averse au risque choisirait les programmes A et C, et un amateur de risque choisirait les programmes B et D. En principe, les préférences entre alternatives ne devraient pas être sensibles au contexte et devraient ne dépendre que des différences pertinentes entre alternatives (le fond) et non pas de la manière dont elles sont présentées (la forme). C'est ce que l'on nomme le principe d'invariance, qui se trouve, dans cet exemple comme dans de nombreux autres, mis en échec.

Définition

Le principe d'invariance

En général, le principe d'invariance se réfère au fait que, dans deux situations similaires (en termes d'espérance mathématique), on considère que notre comportement ne doit pas changer, même si par exemples les contextes sont décrits différemment (gains vs pertes). On parle de violation, d'échec de l'invariance lorsqu'en opposition à la théorie, on « varie »/« change » notre choix.

Cette mystérieuse différence est répandue et se retrouve dans de nombreux contextes. Comme Kahneman et Tversky l'ont observé,

“ L'échec de l'invariance est à la fois ancré et largement répandu. Il est aussi courant chez les participants éduqués que chez les plus naïfs et ne disparaît pas même quand les mêmes participants répondent aux deux questions en quelques minutes. Typiquement, les participants confrontés à leurs réponses conflictuelles sont perplexes. Même après relecture des problèmes, ils préfèrent toujours rester averses au risque avec la version affichant les « vies sauvées » ; ils recherchent le risque dans la version valorisant les « vies perdues » ; et ils souhaitent obéir à l'invariance et donner des réponses exactes dans les deux versions. ”

Par la suite, nous allons voir un exemple qui ne touche pas à la vie humaine, car parler de taux de mortalité peut avoir des conséquences éthiques et les participants pourraient être réticents à prendre des décisions concernant la mort certaine d'autres êtres humains.

Exemple

Décisions simultanées (N=150)

Imaginez que vous faites face aux deux décisions simultanées suivantes. D'abord, examinez les deux décisions et ensuite indiquez votre option préférée.

- ▷ Décision (i) : choisir entre :
 - Option A – Un gain certain de 240€
 - Option B – 25% de chance de gagner 1000€ et 75% de chance de ne rien gagner.
- ▷ Décision (ii) : choisir entre :
 - Option C – Une perte certaine de 750€
 - Option D – 75% de chance de perdre 1000€ et 25% de chance de ne rien perdre.

Pour la décision (i), la majorité (84%) des individus ont choisi l'option A et 16% ont choisi l'option B, comme prévu par la théorie d'aversion au risque. Néanmoins, pour la décision (ii), 87% des participants ont choisi l'option D et peuvent être qualifiés d'amateurs de risque, alors que seulement 13% ont choisi une perte certaine de la même valeur espérée (option C). Puisque les mêmes questions ont été posées à tous les participants, nous savons également que 73% des participants ont choisi les options A et D et seulement 3% ont choisi les options B et C. Ce comportement contredit les résultats attendus par la théorie de l'utilité espérée, selon laquelle les agents averses au risque choisiraient les options A et C et les agents amateurs de risque choisiraient les options B et D. Les 24% de participants restants étaient plus cohérents : ils étaient soit averses au risque (ils ont choisi les options A et C), soit amateurs de risque (ils ont choisi B et D).

La raison principale derrière la décision (ii) semble être

“ Il vaut mieux risquer de perdre 1 000€ (je pourrais aussi ne rien perdre du tout) que d'être sûr de perdre 750€ (sans pouvoir faire quoi que ce soit pour changer ce résultat). ”

Pour de nombreux lecteurs, ceci pourrait sembler raisonnable; néanmoins, selon le principe de l'utilité espérée, cette attitude n'est pas du tout rationnelle.

Jusqu'à récemment, la plupart des économistes avaient des réserves sur les résultats d'expériences dirigées par des psychologues. En particulier, ils critiquaient le fait qu'il n'y avait pas de motivations pécuniaires. Néanmoins, des expériences supplémentaires avec de vrais enjeux (gains et pertes, élevés et modestes) ont confirmé les incohérences révélées par les travaux précédents.

Alors, sommes-nous irrationnels ou est-ce le modèle théorique qui est erroné? Si des incohérences sont trouvées dans de nombreux contextes différents et que l'hypothèse d'invariance² n'est pas avérée, il y a peut-être d'autres raisons qui se cachent derrière ce comportement humain récurrent. Kahneman and Tversky ont fondé une nouvelle théorie qui n'a pas complètement réfuté la théorie de l'utilité espérée, mais qui a pu expliquer l'aversion à la perte et d'autres manifestations de comportements asymétriques quand une personne est confrontée au gain et à la perte. Avant de présenter plus en détail cette nouvelle théorie (dérivée de l'aversion à la perte), nous présentons d'autres anomalies.

2.2 L'effet dotation

Imaginez que vous êtes invité à participer à une expérience toute simple : lister cinq objets que vous avez à la maison et notez le prix auquel vous seriez prêt à les vendre. Maintenant repensez à ces cinq objets et imaginez que vous allez les acheter d'occasion. Est-ce que les prix auxquels vous voulez les vendre sont plus élevés, identiques ou plus bas que les prix auxquels vous les achèteriez d'occasion? En général, chacun a tendance à valoriser ses propres objets et donc à leur attribuer un prix supérieur à celui auquel il serait prêt à les acheter. Des variations sur cette expérience simple ont été effectuées par Daniel Kahneman, Jack Knetsch et Richard Thaler [Kahneman et al. 1991].

Exemple

La tasse à café

Une tasse à café a été donnée à un groupe d'étudiants et il leur a été demandé de donner le prix (entre 0,25€ et 9,25€) auquel ils seraient prêts à la vendre. On a demandé à un autre groupe d'étudiants de préciser le prix auquel ils seraient prêts à acheter cette même tasse. Le prix médian de vente du premier groupe d'étudiants était de 7,12€, alors que le prix médian donné par les acheteurs était de 3,12€.

Ce type de biais contredit les prédictions de la théorie de l'utilité espérée : le même objet devrait offrir la même utilité et par conséquent être évalué au même prix.

Cette anomalie s'appelle l'**effet dotation**. Cet écart important dans l'évaluation de l'objet ne peut s'expliquer simplement par des préférences différentes. Il y a une disparité entre la valeur que nous donnons à quelque chose que nous possédons et notre évaluation du même objet lorsqu'il ne nous

² En ce sens, la théorie est universellement correcte : un agent averse au risque évitera le risque en toutes circonstances, indépendamment de tous gains et pertes.

appartient pas. Si nous imaginons notre maison ou notre fauteuil préféré, l'effet dotation pourrait s'expliquer par l'affection que nous ressentons pour nos biens. Néanmoins, d'autres expériences ont été menées et ont prouvé qu'il y a une réticence à vendre des biens même nouvellement acquis, où l'affectif n'aurait pas de rôle à jouer comme, par exemple, des tasses à café [Kahneman et al. 1991], du chocolat suisse [Knetsch 1989] ou des bouteilles de vin [van Dijk et van Knippenberg 1998] avec lesquels l'effet de possession apparaît instantanément.

Thaler a été le premier à suggérer que chacun tenait davantage à un objet s'il lui appartenait que si ce même objet ne lui appartenait pas [Thaler 1980]. Dans sa thèse, Thaler propose d'autres exemples pour étayer l'hypothèse de l'effet dotation.

Une bouteille de vin

Exemple

M. R. acheta une caisse de bon vin à la fin des années cinquante pour à peu près 5€ la bouteille. Quelques années plus tard, son marchand de vin lui proposa de lui racheter le vin pour 100€ la bouteille. Il refusa, même s'il n'a jamais payé une bouteille de vin plus de 35€.

On peut interpréter cet exemple en termes d'aversion à la perte : d'une part vendre ses bouteilles de vin est perçu comme une perte par M. R., même si le prix proposé par le marchand est plus élevé que celui que M. R. accepterait de payer pour acquérir les mêmes bouteilles. D'autre part, l'achat d'une bouteille de vin est considéré comme un gain et la bouteille à acheter est perçue comme ayant une moindre valeur parce qu'elle ne nous appartient pas (encore). Cet exemple démontre clairement que retirer un objet de son patrimoine est perçu comme une perte, et comme en général, les êtres humains sont averses à la perte, l'impact est négatif. Par conséquent, l'effet dotation peut être vu en tant que manifestation spécifique de l'aversion à la perte.

Remède et recherche médicale

Exemple

Deux questions de sondage :

- (a) « Supposez que vous avez été exposé à une maladie, qui, si elle est contractée, entraîne une mort subite et sans douleurs dans la semaine. La probabilité de contracter cette maladie est de 0,001. Quel est le montant maximal que vous seriez prêt à payer pour un remède? »
- (b) « Supposez que la recherche sur la maladie précédente ait besoin de volontaires. Ce qui vous est demandé vous exposerait à contracter la maladie avec une probabilité de 0,001. Quel serait le montant minimal que vous exigeriez pour vous porter volontaire pour ce programme (vous n'auriez pas le droit d'acheter le remède). »

En appliquant le même raisonnement que celui que nous avons vu dans d'autres exemples, les deux questions diffèrent en termes de contexte, mais d'un point de vue mathématique, elles sont similaires. Néanmoins, pour ce deuxième exemple, un grand nombre de participants ont donné des réponses très différentes aux questions (a) et (b). Les résultats de Thaler (ibid.) montrent qu'une réponse typique pour la question (a) est 200€ et 10 000€ pour (b). D'une part, s'exposer volontairement à une maladie est une perte certaine et le patrimoine qui est en jeu est la santé. Par conséquent, les participants potentiels demandent d'énormes sommes d'argent. D'autre part, le fait d'avoir déjà contracté la maladie porte l'attention sur la perte potentielle correspondant au prix à payer pour obtenir le remède.

2.3 Le biais du statu quo

Maintenant imaginez les deux problèmes suivants proposés par Samuelson et Zeckhauser [Samuelson et Zeckhauser 1988] :

Exemple

_____ Votre riche grand-oncle : problème 1 _____

Vous êtes un averse lecteur des pages financières mais jusqu'à récemment, vous aviez peu d'argent à investir. Puis, vous avez hérité d'une somme importante de votre grand-oncle. Actuellement, vous envisagez différents portefeuilles.

Vous avez le choix entre :

- (a) Investir dans la société A à risque modéré. Sur l'année, la valeur de leurs actions a 0,5 chance de croître de 30%, 0,2 chance de rester stable, et 0,3 chance de régresser de 20%.
- (b) Investir dans la société B à haut risque. Sur l'année, la valeur de leurs actions a 0,4 chance de doubler, 0,3 chance de rester stable, et 0,3 chance de régresser de 40%.
- (c) Investir dans des obligations. Sur l'année, celles-ci fourniront un rendement quasi certain de 9%.
- (d) Investir dans des obligations municipales. Sur l'année, elles fourniront un rendement de 6% net d'impôts.

Exemple

_____ Votre riche grand-oncle : problème 2 _____

Vous êtes un averse lecteur des pages financières mais jusqu'à récemment, vous aviez peu d'argent à investir. Puis, vous avez hérité d'un portefeuille de liquidités et de titres de votre grand-oncle. Une partie non négligeable de ce portefeuille est investie dans la société à haut risque B. Vous hésitez à laisser le portefeuille tel quel ou à le changer en investissant dans d'autres titres (les frais de courtage et les impôts sont dérisoires).

Vous avez le choix entre :

- (a) Investir dans la société à risque modéré, A. Sur l'année, la valeur des actions a 0,5 chance de croître de 30%, 0,2 chance de rester stable et 0,3 chance de régresser de 20%.
- (b) Maintenir l'investissement dans la société à haut risque, B. Sur l'année, la valeur des actions a 0,4 chance de doubler, 0,3 chance de rester stable et 0,3 chance de régresser de 40%.
- (c) Investir dans des obligations. Sur l'année, elles fourniront un rendement quasi certain de 9%.
- (d) Investir dans des obligations municipales. Sur l'année, elles fourniront un rendement de 6% net d'impôts.

Avec le problème 1, les quatre investissements sont nouveaux : le grand-oncle vous a laissé de l'argent que vous pouvez investir librement parmi les quatre alternatives. Nous appellerons la situation du problème 1 la **conception neutre**. Avec le problème 2, le choix (b) est le **statu quo**, c'est le choix qui avait été effectué par votre grand-oncle au moment où l'investissement a été fait. Dans les deux cas, les participants sont libres de choisir parmi les quatre options (et gratuitement) mais avec le problème 2, nombreux sont ceux qui maintiennent l'alternative (b), c'est-à-dire, la situation actuelle, le statu quo. Ceci ressort quand nous comparons le pourcentage de participants qui ont choisi l'option (b) dans la conception neutre du problème 1 (40%) au pourcentage de participants qui ont maintenu la situation à haut risque dans la conception statu quo (56%). Cette expérience a été reproduite avec des statu quo différents, d'autres alternatives d'investissement et des cadres alternatifs (voir par exemple [Samuelson et Zeckhauser 1988]).

Cadre alternatif

1- La Commission pour la Sécurité Routière Nationale doit décider comment allouer son budget entre deux programmes de recherche sur la sécurité : i) amélioration de la sécurité des automobiles (pare-chocs, tôlerie, configurations du réservoir d'essence, ceintures de sécurité); et ii) amélioration de la sécurité des autoroutes (barrières de sécurité, aplanissement des chaussées, échangeurs d'autoroutes et mise en place de limitations de vitesse réduite localisées).

Quatre mesures sont considérées :

- (a) Allouer 70% à la sécurité automobile et 30% à la sécurité routière
- (b) Allouer 30% à la sécurité automobile et 70% à la sécurité routière
- (c) Allouer 60% à la sécurité automobile et 40% à la sécurité routière
- (d) Allouer 50% à la sécurité automobile et 50% à la sécurité routière

1'- La Commission pour la Sécurité Routière Nationale doit réévaluer l'allocation de son budget entre deux programmes de recherche sur la sécurité : i) amélioration de la sécurité des automobiles (pare-chocs, tôlerie, configurations du réservoir d'essence, ceintures de sécurité); et ii) amélioration de la sécurité des autoroutes (barrières de sécurité, aplanissement des chaussées, échangeurs d'autoroutes et mise en place de limitations de vitesse réduite localisées). Actuellement, la commission alloue à peu près 70% de ses fonds à la sécurité automobile et 30% à la sécurité routière. Comme les dépenses globales sont plafonnées, les options sont les suivantes (cocher une option) :

- (a) Maintenir le budget actuel pour les programmes
- (b) Réduire le programme automobile de 40% et augmenter le programme autoroute du même montant
- (c) Réduire le programme automobile de 10% et augmenter le programme autoroute du même montant
- (d) Réduire le programme automobile de 20% et augmenter le programme autoroute du même montant

L'explication pour ce type de comportement n'est pas liée aux attitudes face au risque mais plutôt à la tendance de chacun de vouloir rester dans la situation actuelle. Chacun préfère maintenir ses conditions actuelles plutôt que d'instaurer des changements. Dès qu'un changement se fait sentir, la perception des désavantages à quitter la situation actuelle est plus aiguë que tous les avantages que pourrait procurer une nouvelle situation, et ce, même lorsque les probabilités et les bénéfices du nouvel état sont connus³. Qui plus est, le statu quo est choisi d'autant plus fréquemment que le nombre d'alternatives est élevé. Il semblerait que la confusion augmente et que la possibilité de choisir de nouvelles alternatives réduise la volonté des participants à changer – même si une alternative plus avantageuse est disponible.

Samuelson et Zeckhauser définissent cette position comme « le biais du statu quo » [Samuelson et Zeckhauser 1988]. Elle est liée à la tendance à éviter tout changement des conditions actuelles; comme acheter un nouveau bien qui n'est pas en notre possession, ou vendre un bien que nous possédons. Comme l'effet dotation, ce biais peut être relié à une manifestation de l'aversion à la perte.

³ Un exemple de biais du statu quo et d'aversion à l'ambiguïté est l'histoire de la vieille dame de Syracuse. À l'instar de ses compatriotes, qui priaient pour la mort du tyran Dionysios, elle pria pour sa sécurité parce qu'elle avait peur qu'un nouveau chef d'état soit encore pire.

2.4 Une théorie générale : la théorie des perspectives

Comme nous l'avons indiqué précédemment, Kahnemann et Tversky ont proposé une nouvelle approche théorique de la prise de décision économique en situation d'incertitude, basée sur la modification de la théorie de l'utilité espérée, qui est cohérente avec les preuves empiriques et expérimentales.

Que nous montrent les études expérimentales?

Point clé

Les études économiques expérimentales de l'incertitude que nous avons décrites jusqu'à présent peuvent être résumées en deux conclusions principales :

- ▷ L'utilité individuelle semble ne pas être associée à la richesse, ni au bien-être, mais à une variation de cette richesse ou de l'état de ce bien-être par rapport à un point de référence initial.
- ▷ Les changements qui aggravent la situation initiale (pertes) semblent avoir plus de poids que les améliorations par rapport à ce même état initial (gains).

La première conclusion est directement liée aux anomalies telles que le biais du statu quo et l'effet dotation. Ceci crée un point de référence ("zéro") pour chaque individu qui évalue une situation risquée ; cela représente sa richesse antérieure (c'est-à-dire la richesse qu'il avait avant de prendre la décision). Nous appelons cet état de référence R_0 .

La seconde conclusion implique qu'il y a un changement abrupt dans la fonction d'utilité dès que l'on s'approche de R_0 : dans cette situation, les pertes paraissent plus importantes que les gains correspondants. D'un point de vue mathématique, cela se traduit par le fait que la pente de la fonction d'utilité est bien plus raide pour les pertes qu'elle ne l'est pour les gains.

De plus, comme nous l'avons vu dans les exemples précédents, les gens ont tendance à être averses au risque en ce qui concerne les gains, mais amateurs de risque en ce qui concerne les pertes. Le point de référence sépare les deux domaines et mathématiquement la fonction d'utilité doit être concave dans le quartier positif et convexe dans le quartier négatif.

Le graphique 2.1 présente une courbe typique proposée pour le modèle.

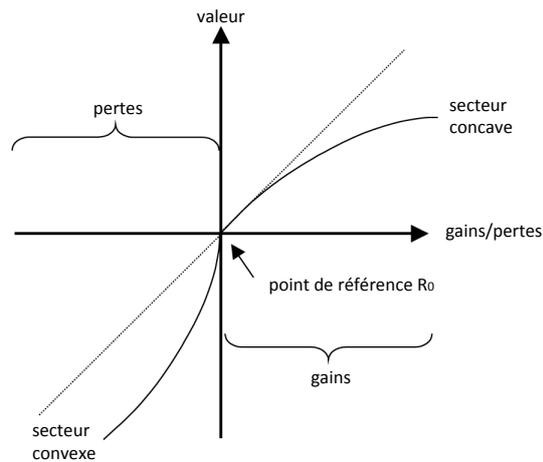


FIG. 2.1 – Graphique montrant une courbe typique proposée par la théorie des perspectives (basée sur les travaux de Kahnemann et Tversky)

Le graphique contient toutes les caractéristiques qui apparaissent comme anomalies dans la théorie de l'utilité espérée. Kahneman et Tversky suggèrent que le processus que chacun utilise pour faire des choix comporte deux étapes :

- ▷ premièrement, on construit le contexte du choix;
- ▷ puis on prend sa décision selon les principes de bases de la théorie des perspectives.

Cette première étape s'appelle le **cadrage cognitif**. Le cadrage est l'étape où chacun choisit son point de référence à partir duquel il se représentera les alternatives possibles. Comme nous l'avons vu, le cadrage n'est pas seulement influencé par de vrais problèmes (par exemple : la richesse, les pertes ou les gains réels, ou le statu quo), mais aussi par la manière « fictive » dont une situation est présentée. Modifier le taux de mortalité en taux de survie devrait être une simple question de style. Cependant, la perception de la personne modifie la manière dont le problème est cadré et par conséquent, son choix. Habituellement, lorsqu'une personne voit le contexte en termes de pertes (taux de mortalité), elle a tendance à être amateur de risque et choisit l'alternative risquée. Cependant, quand le contexte est celui de gains (taux de survie), chacun est typiquement averse au risque et choisit l'alternative la plus sûre.

Il existe un cas où le processus de cadrage peut être très influent sur le résultat de la décision. C'est lorsqu'il modifie le point de référence. Dans ce cas, il augmente l'influence du contexte et peut avoir une grande conséquence sur le décideur. Celui-ci peut devenir soit averse au risque, soit amateur de risque selon la position des alternatives relatives au point de référence.

2.5 L'aversion à la perte : un comportement humain ou animal ?

Une question importante posée par les chercheurs dans différents domaines (sciences économiques, psychologie, anthropologie, biologie, *etc.*) est de savoir si ce comportement si répandu est inné ou si c'est un biais dérivé de l'environnement ou influencé par les normes sociales. Les études sur les animaux de laboratoire permettent de mener des expériences contrôlées qui interrogent les théories économiques et la capacité de les reproduire avec des participants humains.

Par exemple, dans une série d'articles, Chen, Lakshminarayanan et Santos ont trouvé des similitudes qualitatives dans le comportement de primates [Chen et al. 2005, 2006; Lakshminarayanan et al. 2008; Lakshminarayanan et al. 2011].

Les singes capucins

Exemple

Les chercheurs ont présenté à des singes capucins des choix risqués semblables aux expériences que nous avons présentées dans ce chapitre. Les singes ont appris à échanger des jetons contre des morceaux de pommes : ils pouvaient parier et négocier, et comprenaient le concept et la valeur de « l'argent » comme quelque chose qui pouvait être échangé contre de la nourriture. Dans leur article de 2011, Chen, Lakshminarayanan et Santos se sont penchés sur les effets du cadrage et de l'aversion au risque [Lakshminarayanan et al. 2011]. Au début, chaque singe a reçu des jetons à dépenser en échange de nourriture. Pour établir le point de référence, l'expérimentateur avait à la main une assiette avec une quantité donnée de tranches de pommes. Le primate devait mettre un jeton dans l'autre main de l'expérimentateur pour recevoir l'assiette (l'option sûre). Pour représenter les choix risqués, le nombre de tranches sur l'assiette s'accroissait ou diminuait après que le paiement avait été effectué : pour les pertes, l'expérimentateur enlevait quelques tranches de l'assiette ; des tranches étaient rajoutées pour représenter les gains.

Avec ces expériences, Chen, Lakshminarayanan et Santos ont montré que

“ quand les capucins sont face à des paris risqués, ils affichent un grand nombre de biais caractéristiques du comportement humain, y compris des choix dépendant du point de référence et de l'aversion à la perte. ”

Ils soutiennent que ceci renforce la théorie que l'aversion à la perte est

“ une fonction innée de la manière dont nos cerveaux encodent nos expériences, plutôt qu'un comportement acquis ou le résultat d'heuristiques mal appliquées [Chen et al. 2005]. ”

La portée de ce document n'est pas de fournir une réponse détaillée à la question de savoir si ce comportement est inné ou acquis, nous invitons le lecteur intéressé à se référer à d'autres livres et articles, par exemple :

- ▷ *Economic Choice Theory. An Experimental Analysis of Animal Behavior* [Kagel et al. 1995];
- ▷ *Animals' Choices Over Uncertain Outcomes : Further Experimental Results* [MacDonald et al. 1991];
- ▷ *Great Apes' Risk-Taking Strategies in a Decision Making Task* [Haun et al. 2011].

Pour conclure, ce chapitre a montré comment les anomalies qui sont répandues dans le comportement humain (et animal) peuvent être modélisées sans trop s'éloigner de la théorie de l'utilité espérée.

Ce qui motive une décision

Point clé

La décision d'un individu peut être motivée non seulement par les enjeux du processus de sélection quand le résultat est incertain ; mais elle peut également fortement et profondément être influencée par le cadre, la situation et le statu quo.

Autres anomalies de l'attitude face au risque

Nous donnons dans ce dernier chapitre une brève description de quelques autres anomalies intéressantes du comportement humain qui l'éloignent du modèle rationnel de la théorie économique classique. Ces biais concernent la perception qu'ont les agents de la probabilité, par exemple quand leurs capacités de calcul sont limitées. Des biais comportementaux apparaissent aussi lorsque les agents sont confrontés à des choix dont les probabilités des événements sont définies de façon ambiguë.

Une des hypothèses les plus fortes de la théorie de l'utilité espérée et de la théorie des perspectives est celle du **cadre complet de l'information** : les chapitres précédents ont systématiquement mis en évidence que, dans toutes les situations, nous postulons que le décideur est conscient des probabilités des événements qu'il envisage. Toutes les expériences que nous avons présentées jusqu'ici ont supposé des informations précises sur les probabilités de succès ou d'échec à la loterie ou sur la fréquence d'occurrence d'événements risqués.

Cependant, si les mêmes expériences et questionnaires sont présentés aux participants sans en donner les probabilités explicites, ou en ne donnant qu'une vague idée de la fréquence des événements, la nature du problème change de façon radicale et les choix du décideur peuvent être différents.

Loterie

Exemple

Imaginez, par exemple, que vous achetez un billet de loterie avec un gain possible de 50€ à un prix de 1€. Si vous savez que la probabilité de gagner est de 10%, alors (à moins d'être extrêmement averse au risque) vous achèterez probablement le billet ($EV = 5$). Cependant, si on vous dit que la probabilité de gagner peut varier de 0 à 20%, alors l'achat de ce billet vous semblera nettement moins intéressant. De plus, si vous n'avez aucune idée des probabilités, alors vous pourriez même abandonner l'idée d'y participer¹.

Nous appelons **ambiguïté** cette incertitude sur la probabilité qu'un événement se produise. C'est, après l'attitude face au risque, l'aspect le plus important de la théorie de la décision en présence de risque. Nous présentons, dans la première partie de ce chapitre, ce que cette ambiguïté implique pour la prise de décision.

Bien que l'ambiguïté existe dans de nombreux événements de la vie, il n'est pas irréaliste de supposer que, d'une manière ou d'une autre, nous pouvons correctement déduire la probabilité que ces événements aient lieu, particulièrement lorsqu'il s'agit d'épisodes simples du quotidien. Comme nous l'avons déjà souligné, il est important de connaître les probabilités de manière précise ou au moins de pouvoir faire une prévision sûre. En règle générale, nous supposons que nous sommes capables de déduire la probabilité d'un événement parce que nous sommes en contact permanent, direct ou indirect, avec notre environnement.

¹ Nous ne prenons pas en compte les loteries pour des œuvres de bienfaisance, car dans ce cas l'élément moteur de la décision d'acheter un billet peut être la générosité ou une autre forme d'altruisme.

Exemple

Événements familiaux

Nous pourrions, par exemple, être sûrs de la probabilité d'un accident de voiture sur le chemin du travail, de la chance de gagner à la loterie nationale, de la probabilité d'un accident domestique ou de celle d'être victime d'un vol dans notre quartier, aussi bien que de la probabilité qu'il y ait un jour pluvieux mi-février dans la ville où nous avons vécu depuis des décennies.

Même si nos prévisions ne sont pas totalement correctes, nous les faisons avec confiance soit grâce à notre savoir personnel, soit parce que ces événements nous sont familiers. Ils sont faciles à imaginer et notre familiarité provient principalement de l'expérience : que ce soit de manière directe ou indirecte, nous acquerrons des informations sur notre entourage, notre milieu que nous observons en permanence. Notre jugement et nos choix dépendent fortement de notre environnement ou de notre histoire.

Dès lors qu'il manque des informations sur la fréquence d'un événement risqué, l'autre manière d'éliminer l'ambiguïté (en dehors de la déduction et de l'expérience personnelle) est de fournir les informations manquantes. Les gouvernements, les médias et autres institutions font de grands efforts pour réduire le niveau d'ambiguïté ou le manque de précision concernant certains événements.

Exemple

Accidents nucléaires

Imaginez que les personnes vivant dans le voisinage d'une centrale nucléaire veuillent connaître la probabilité d'un accident. Même si elles sont informées sur ce secteur et sur les probabilités, il est toujours possible qu'elles n'appréhendent pas le risque réel ; d'abord, parce qu'elles manquent de confiance dans les personnes qui fournissent ces informations ; et/ou ensuite parce qu'elles ont une perception incorrecte des probabilités exactes.

Ainsi devons-nous aborder le **problème de la confiance** et présenterons quelques expériences qui introduisent des **biais dans le calcul correct des probabilités**. Ces questions influent sur la manière dont les agents font un choix approprié, c'est-à-dire celui qui va leur donner l'utilité espérée la plus élevée.

3.1 L'incertitude / l'aversion à l'ambiguïté

Les situations ambiguës surgissent en l'absence d'informations correctes sur les probabilités. Dans les modèles de la théorie de l'utilité espérée et de la théorie des perspectives, les économistes et les psychologues supposent que le décideur « connaît » les probabilités subjectives et qu'il peut évaluer le problème auquel il fait face en agissant d'une manière qui maximise l'utilité à la vue de ces probabilités. Ainsi, ces modèles ne tiennent absolument pas compte de la possibilité qu'il y ait une aversion à l'incertitude (c'est-à-dire, une aversion à l'ambiguïté) tant d'un point de vue descriptif que normatif.

Or, l'ambiguïté de l'information relative au risque financier ou monétaire (par exemple) a un effet sur les décisions économiques. Ceci est également vrai dans des situations concernant, par exemple, les risques technologiques, surtout quand de nouvelles technologies sont développées et que nous n'avons aucune connaissance préalable sur laquelle fonder nos croyances ou nos idées. Un exemple classique est celui des antennes de réseau mobile et de leurs possibles effets néfastes sur la santé. L'inquiétude publique, en partie due à l'ignorance, s'est largement répandue et manifestée à propos de la diffusion de nouvelles technologies pour lesquelles il n'y a aucune expérience précédente. Ce manque de connaissances peut engendrer la peur et, en général, la plupart des personnes préfèrent connaître les risques.

La première étude de ce comportement si courant a été effectuée par Daniel Ellsberg¹, qui a supposé que les agents préféreraient jouer à des loteries avec des probabilités connues plutôt que de miser sur

¹ Daniel Ellsberg est aussi connu pour avoir diffusé une étude ultra-secrète du Pentagone, les « Papiers du Pentagone », concernant la politique gouvernementale des États-Unis pendant la guerre du Viêt Nam. La tentative d'Ellsberg d'informer la population, et ainsi d'influencer l'opinion publique sur la guerre, a été motivée par sa croyance dans la révélation de la vérité (clairement conforme à son travail sur l'ambiguïté). Il était évident, à partir des documents ultra-secrets, que la victoire était inaccessible et que le nombre de décès attendus était beaucoup plus élevé que prévu. En 2006, Ellsberg reçut le Right Livelihood Award « ...pour avoir privilégié la paix et la vérité à ses risques et périls, et dédié sa vie à inspirer les autres à suivre son exemple. »

des tirages avec des résultats ambigus [Ellsberg 1961]. Son hypothèse a été validée par de nombreuses expériences et s'est révélée transférable à d'autres contextes.

Considérez le problème suivant :

Exemple

Les urnes

Il y a deux urnes devant vous, l'urne I et l'urne II, chacune contenant 100 boules. Les boules peuvent être soit rouges soit noires. L'urne I contient des boules rouges et noires. L'urne II contient 50 boules rouges et 50 boules noires.

Vous pouvez choisir l'une des deux urnes dans les situations suivantes (A ou B). Après avoir choisi une urne, une boule est tirée de manière aléatoire dans celle-ci et la couleur de la boule détermine si vous gagnez 100€ ou 0€.

Choix A. Vous devez choisir l'un de ces deux paris :

- a1- la boule est tirée de l'urne I, vous gagnez 100€ si elle est rouge et 0€ si elle est noire.
- a2- la boule est tirée de l'urne II, vous gagnez 100€ si elle est rouge et 0€ si elle est noire.

Choix B. Vous devez choisir l'un de ces deux paris :

- b1- la boule est tirée de l'urne I, vous gagnez 100€ si elle est noire et 0€ si elle est rouge.
- b2- la boule est tirée de l'urne II, vous gagnez 100€ si elle est noire et 0€ si elle est rouge.

La seule différence entre l'urne I et l'urne II est ce que nous savons du nombre de boules noires et rouges. Nous savons que l'urne II contient exactement le même nombre de boules rouges et noires. Ainsi la probabilité de tirer une couleur particulière est de 50%. Au contraire, nous ne sommes pas sûrs de la distribution de probabilité des deux couleurs dans l'urne I. La plupart des participants préfèrent parier avec l'urne II, même si ce pari est risqué, sa probabilité de succès est connue. En fait, habituellement autour de 75% des participants préfèrent a2 à a1 et b2 à b1². Cette préférence est appelée **aversion à l'ambiguïté** : les participants évitent la loterie où les intérêts sont les mêmes mais les probabilités sont inconnues ou vagues.

Point clé

L'option sûre

Ceci montre que l'option sûre n'est pas liée au niveau de risque associé à l'événement, mais plutôt à la conscience des participants du degré de risque de l'événement.

Les participants sont certains de la probabilité de 50% pour l'urne II. Dans les deux cas ils préfèrent tirer une boule de cette urne, autrement dit, ils préfèrent les événements risqués « connus » aux « inconnus ».

L'aversion à l'ambiguïté contredit la théorie de l'utilité espérée parce qu'elle mène à un comportement « irrationnel ». Théoriquement, si un participant préfère (dans ce cas) l'option a2 à a1, il dit en réalité qu'il croit que l'urne II contient plus de boules rouges que l'urne I et que le résultat espéré de l'urne II lui est favorable. Cependant, si on lui demande aussi de choisir entre b1 et b2, alors, s'il croit vraiment que l'urne II contient plus de boules rouges que l'autre, il devrait préférer b1 à b2. Cependant, l'aversion à l'ambiguïté rend le participant très désireux d'éliminer l'incertitude. Ce comportement irrationnel n'est pas compatible avec les croyances subjectives du contenu des urnes.

Pour le lecteur intéressé par les détails, ce qui suit démontre les incohérences qui peuvent se produire.

² L'expérience décrite ici est légèrement simplifiée. Néanmoins, il y a beaucoup d'articles qui soutiennent cette découverte, même quand on demande aux participants s'ils sont indifférents au résultat. Les conclusions de telles études sont qualitativement les mêmes que celles que nous décrivons ici.

Les urnes : démonstration des incohérences

Bien que la distribution de probabilités soit en fait inconnue, nous en avons des croyances subjectives. Par exemple, nous pouvons supposer qu'il y a plus de boules rouges que de boules noires dans l'urne I :

$$P(\text{rouge} \mid \text{Urne I}) > P(\text{noir} \mid \text{Urne I})$$

ainsi

$$P(\text{rouge} \mid \text{Urne I}) > 50\%.$$

Si un joueur préfère $a_2 > a_1$, nous pouvons évaluer l'utilité espérée de son choix comme :

$$EU(a_2) = U(100\text{€}) \times P(\text{Rouge} \mid \text{Urne II}) + U(0\text{€}) \times P(\text{Noir} \mid \text{Urne II}) >$$

$$EU(a_1) = U(100\text{€}) \times P(\text{Rouge} \mid \text{Urne I}) + U(0\text{€}) \times P(\text{Noir} \mid \text{Urne I})$$

$$U(100\text{€}) \times P(\text{Rouge} \mid \text{Urne II}) + U(0\text{€}) \times (1 - P(\text{Rouge} \mid \text{Urne II})) >$$

$$U(100\text{€}) \times P(\text{Rouge} \mid \text{Urne I}) + U(0\text{€}) \times (1 - P(\text{Rouge} \mid \text{Urne I}))$$

Comme d'habitude, nous supposons $U(100\text{€}) > U(0\text{€})$

$$P(\text{Rouge} \mid \text{Urne II}) \times [U(100\text{€}) - U(0\text{€})] > P(\text{Rouge} \mid \text{Urne I}) \times [U(100\text{€}) - U(0\text{€})]$$

Ce qui implique que

$$P(\text{Rouge} \mid \text{Urne II}) > P(\text{Rouge} \mid \text{Urne I})$$

Si le même joueur préfère $b_2 > b_1$, la même procédure montre que

$$P(\text{Rouge} \mid \text{Urne II}) < P(\text{Rouge} \mid \text{Urne I})$$

Ce qui est en contradiction avec $a_2 > a_1$ impliquant que

$$P(\text{Rouge} \mid \text{Urne II}) > P(\text{Rouge} \mid \text{Urne I}).$$

Dans son article, Ellsberg présente la preuve de ces comportements courants [Ellsberg 1961]. Il définit aussi l'aversion à l'ambiguïté comme « une préférence pour la spécificité » et souligne l'importance de diviser l'incertitude en deux catégories principales :

- ▷ l'une concernant le risque;
- ▷ l'autre concernant l'ambiguïté.

Il soutient que l'aversion au risque et l'aversion à l'ambiguïté sont des concepts différents et peuvent amener à différents choix dans le processus de prise de décision. L'exemple suivant nous aidera à comprendre les implications possibles et à faire des prévisions sur l'aversion à l'ambiguïté.

Activités risquées

Supposons qu'il y ait deux activités risquées (A et B) qui peuvent mener à un gain de 10 000€ ou 5 000€ respectivement. Les deux probabilités sont inconnues mais nous savons que p_A , à savoir la probabilité d'obtenir 10 000€ de l'activité A, est entre 40 et 60%. Ainsi, la probabilité complémentaire $(1 - p_A)$ d'obtenir 5 000€ est aussi entre 40 et 60%. De plus, nous savons que p_B , la probabilité de gagner 10 000€ de l'activité B, est de l'ordre de 30 à 70%.

Bien que la probabilité moyenne que l'une ou l'autre activité apportera un gain de 10 000 ou 5 000€ soit de 50%, une personne aversive à l'ambiguïté préférera l'activité A à l'activité B, parce qu'elle a moins de variabilité. Notez que la même personne préférera une autre activité (C) à A ou B si les conséquences étaient les mêmes, mais que les probabilités étaient exactement de 50%.

La question suivante se pose alors naturellement : y-a-t-il une différence dans la perception de l'ambiguïté des pertes et des gains? Tout comme pour l'attitude face au risque, bien que l'aversion à l'ambiguïté soit la plus répandue, il y a des différences selon que le contexte conduit à des pertes ou à des gains potentiels. Cependant, la différence n'est pas aussi claire qu'elle l'est pour l'attitude face au risque : l'aversion à l'ambiguïté est répandue dans les deux contextes. Néanmoins, nous observons que les agents ont tendance à être plus tolérants à l'ambiguïté quand il y a des gains potentiels plutôt que des pertes. Cette asymétrie est plus constante quand les agents sont face à de petites probabilités plutôt qu'à des grandes. En fait, l'ampleur de la probabilité a un grand impact sur les choix faits sous ambiguïté. L'exemple suivant démontre ce fait dans le cas de petites probabilités.

Exemple

Tolérance à l'ambiguïté

Considérez deux urnes contenant 1 000 boules chacune. Dans l'urne 1, chaque boule est numérotée de 1 à 1 000 et la probabilité de tirer n'importe quel numéro est donc 0,001. Dans l'urne 2, il y a un nombre inconnu de boules, chacune portant n'importe quel numéro. Par exemple, la proportion de boules numérotées 687 pourrait varier de zéro à un.

Supposons qu'il y ait une récompense pour tirer le numéro 687 d'une urne. De quelle urne préférez-vous tirer une boule? L'urne 1 ou l'urne 2? Source : [Einhorn et Hogarth 1986].

Clairement, il n'y a aucune ambiguïté dans l'urne 1, puisque nous savons que la probabilité de tirer le numéro 687 est exactement 0,1%. Au contraire, dans l'urne 2, la probabilité de gagner est inconnue : il y a ambiguïté puisque toutes les probabilités de gagner sont équivalentes (de 0 à 100%).

Les participants faisant face à ce type de problème ont tendance à préférer l'urne 2, ce qui contredit les résultats précédents relatifs à une aversion diffuse à l'ambiguïté. D'autre part, nous notons que si le problème avait été formulé comme une perte, les participants auraient préféré l'urne sans ambiguïté (urne 1).

3.2 L'ambiguïté dans des contextes comparables

Craig Fox et Amos Tversky ont examiné l'aversion à l'ambiguïté. Ils ont trouvé que l'aversion à l'ambiguïté se manifeste particulièrement lorsqu'il y a une comparaison avec un événement non ambigu semblable [Fox et Tversky 1995].

Par exemple, ils ont demandé aux participants d'estimer le prix d'un billet de loterie dans l'expérience de l'urne d'Ellsberg. Les participants devaient répondre aux questions suivantes :

Exemple

Loterie

Le montant maximal que je serais prêt à payer pour un billet afin de tirer une boule de l'urne I (50 boules rouges et 50 boules noires) est :

Le montant maximal que je serais prêt à payer pour un billet afin de tirer une boule de l'urne II (? boules rouges et ? boules noires) est :

La moitié des participants a dû répondre aux deux questions en même temps. Un quart des participants ont dû répondre seulement à la première question (le pari non ambigu); le quart restant a seulement dû répondre à la question concernant le pari vague (où les probabilités sont inconnues).

Les résultats moyens sont présentés dans le tableau suivant :

	Pari clair/non ambigu	Pari vague/ambigu
Comparatif	\$24.34 (N=67) ³	\$14.85 (N=67)
Non comparatif	\$17.94 (N=35)	\$18.42 (N=39)

TAB. 3.1 – Réponses à des scénarios de paris ambigus et non ambigus semblables [Fox et Tversky 1995].

Quand les agents évaluent les prix des billets des deux urnes (le cas comparatif), la différence entre les deux paris est très élevée (plus de 6\$). Cependant, quand on demande à ces personnes d'évaluer les loteries séparément, leurs évaluations sont identiques (toutes les deux à environ 18\$). C'est un résultat important parce qu'il fournit plus de détail sur les motivations qui mènent à certains choix sous risque et une meilleure compréhension du comportement humain.

Selon cette hypothèse qui est validée par des preuves expérimentales, l'aversion à l'ambiguïté se produit lorsque l'agent perçoit une différence entre sa connaissance limitée d'un événement et la connaissance plus importante qu'aurait quelqu'un d'autre. Par exemple, ceci suggère que les gens qui sont bien informés sur le sport préfèrent parier sur des événements sportifs plutôt que d'autres événements; et que les experts financiers préfèrent spéculer sur des activités financières plutôt que de parier sur les résultats d'élections. Un agent qui se voit comme un expert dans un champ spécifique est plus tolérant à l'ambiguïté dans son domaine. Cependant, quand le contexte change ou s'ils doivent comparer entre des situations semblables avec différents niveaux d'ambiguïté, les agents redeviennent averses à l'ambiguïté.

3.3 L'ambiguïté, la confiance et l'optimisme

Il importe de noter que l'aversion à l'ambiguïté peut être liée à la confiance, tant individuelle que subjective ou, dans d'autres cas, au manque de confiance en d'autres personnes, dans les systèmes d'information, les institutions, *etc.*

La confiance est une des motivations les plus importantes dans les interactions avec les autres; cela vaut donc la peine d'examiner son rôle dans la prise de décision en présence de risque. Cependant, nous devons distinguer entre la confiance que nous accordons à nos amis, parents et connaissances, et la confiance en des étrangers ou des gens inconnus. Puisqu'en général nous sommes intéressés par des situations où les agents qui interagissent ne se connaissent pas entre eux, la majorité des expériences en sciences économiques est basée sur des interactions anonymes, pour observer ce que ferait un individu dans un environnement qui « sort de l'ordinaire ». Il a été suggéré que la décision d'avoir confiance en un agent anonyme soit associée à l'attitude de l'individu face au risque.

Cependant, la relation entre la confiance et l'attitude face au risque n'a pas été largement étudiée. Un exemple notoire est le travail d'Eckel et Wilson qui ont essayé de lier les mesures de l'attitude face au risque aux mesures de confiance en les autres. Ils n'ont trouvé aucune corrélation entre la décision d'avoir confiance et un comportement risqué [Eckel et Wilson 2004]. D'autre part, Corcos et al. ont examiné le lien entre la confiance et l'aversion à l'ambiguïté. Ils ont soutenu que comme la confiance en les autres suit une procédure anonyme, le niveau d'incertitude pourrait être perçu comme ambigu : avoir confiance en une personne inconnue avec qui nous n'avons jamais eu d'interaction (et n'en aurons probablement jamais à nouveau) est différent d'avoir confiance, par exemple, en un ami avec qui nous interagissons régulièrement et dont nous connaissons le comportement [Corcos et al. 2012].

La confiance peut être mesurée en utilisant une expérience bien connue : le jeu de la confiance.

Le jeu de la confiance

Exemple

Deux agents anonymes participent. Le joueur 1 possède une somme, par exemple, 10€ et peut choisir d'en donner n'importe quelle quantité (tout, rien ou une partie) au joueur 2. La quantité reçue par le joueur 2 est triplée (par exemple si le joueur 1 donne 4€, le joueur 2 reçoit 12€). Ensuite, le joueur 2 décide quel montant il va garder et quel montant il va rendre au joueur. La décision du joueur 1 est utilisée par les chercheurs comme une mesure de confiance, à savoir dans quelle mesure le joueur 1 a confiance en le joueur 2 (plus le montant est élevé, plus le niveau de confiance est grand).

Les auteurs soutiennent que, bien que le jeu comporte un risque (le joueur 1 risque de ne rien recevoir en retour), il n'est pas basé sur des probabilités pures, mais implique une dimension humaine. Le joueur 1, qui ne connaît pas l'autre joueur, n'a aucune idée de la probabilité de la réciprocité de son offre. Cette situation est incertaine et ambiguë plutôt que risquée et, de fait, ils ont trouvé que plus l'aversion à l'ambiguïté est élevée, plus la somme donnée au joueur 2 est basse.

³ N est le nombre de participants.

Ce résultat est important dans l'analyse de la question de l'ambiguïté et de la confiance dans d'autres contextes. Peu importe la quantité d'informations que nous recevrons sur un événement, si nous n'avons pas confiance en «l'informateur» nous n'y prêterons pas attention. Pour comprendre l'importance de la confiance, l'exemple suivant vient du domaine des sciences économiques. Le lien entre la confiance et la croissance économique a longtemps été débattu par les universitaires et beaucoup d'études empiriques ont prouvé qu'il y a une relation positive entre les deux. Un haut niveau de confiance dans les institutions a des conséquences importantes lors des choix politiques au niveau national; d'autre part, une perception de tromperie peut réduire les niveaux d'investissement.

Un autre lien intéressant entre les attitudes personnelles et l'ambiguïté a été trouvé par Bier et Connell en 1994. Ils ont examiné un scénario médical ambigu où les décisions devaient être prises sur les options de traitement. En supposant qu'il y ait des différences dans l'aversion individuelle à l'ambiguïté, ils ont regardé les raisons de ces différences. Ils ont établi une mesure de personnalité qu'ils pensaient pouvoir corrélérer avec l'aversion à l'ambiguïté et ont constaté que les agents les plus optimistes avaient tendance à rechercher l'ambiguïté. L'explication la plus simple de cette différence dans le comportement est que les optimistes sont prêts à parier dans les situations incertaines, croyant que cela leur portera profit [Bier et Connell 1994].

3.4 L'inférence bayésienne

Dans les chapitres précédents nous avons supposé que, quand les probabilités sont connues, les agents traitent l'information qu'ils reçoivent correctement et peuvent par conséquent prévoir son effet sur les conséquences futures. Même quand un problème est ambigu, pour prendre une décision, nous devons supposer une sorte de distribution de probabilités (par exemple que tous les événements ont une chance égale de se produire – une distribution uniforme). Quand nous devons prédire si des événements futurs auront lieu, nous avons besoin de capacités de calcul pour évaluer les résultats futurs. Quand deux événements sont indépendants, par exemple deux lancers consécutifs d'un dé (non truqué!), l'occurrence d'un événement n'influe pas sur la probabilité de l'autre. Par exemple, le premier lancer du dé n'affecte pas la probabilité d'apparition d'un nombre pair lors du deuxième lancer. Par contre, quand deux événements ne sont pas indépendants, le résultat de l'un change la probabilité de l'autre.

Probabilités conditionnelles

Exemple

Tirer, par exemple, sans la replacer, une carte rouge d'un jeu de cartes affecte la probabilité de tirer une autre carte rouge. Le résultat du deuxième tirage dépend de celui du premier dans ce cas parce qu'il y a une carte en moins dans le jeu.

Les événements dépendants sont liés par des probabilités conditionnelles.

Tant dans l'utilité espérée que pour la théorie des perspectives, nous avons utilisé des probabilités pour calculer les valeurs espérées et évaluer des utilités espérées relatives aux différents choix. Nous avons supposé que les agents sont capables d'évaluer correctement les probabilités, tant pour des événements dépendants qu'indépendants les uns des autres et de mettre à jour ces probabilités quand de nouveaux résultats arrivent ou chaque fois qu'ils reçoivent de nouvelles informations. Cependant, quand deux événements sont dépendants, évaluer les probabilités devient une activité complexe pour les agents qui sont peu habitués à la statistique et aux probabilités. Prendre des décisions basées sur d'anciennes informations pour des événements futurs peut s'avérer compliqué, même dans des cas relativement simples. Les modèles économiques et psychologiques supposent souvent que les agents mettent à jour leurs croyances selon les principes bayésiens. On l'expliquera dans les paragraphes suivants, mais en termes simples cela signifie qu'ils peuvent calculer des probabilités conditionnelles sur la base des nouvelles informations reçues avant que l'on ne connaisse le résultat de l'événement.

Prenons un exemple utilisé dans une expérience bien connue qui examine la capacité des humains à évaluer les probabilités d'événements dépendants [Kahneman et Tversky 1982].

Considérons la question hypothétique suivante :

Taxis verts, taxis bleus

Un taxi a été impliqué dans un accident avec délit de fuite la nuit. Deux entreprises de taxi, Verts et Bleus, opèrent dans la ville. On vous fournit les données suivantes :

- (a) 85% des taxis dans la ville sont Verts et 15% sont Bleus.
- (b) Un témoin a identifié le taxi comme Bleu. La cour a testé la fiabilité du témoin dans les mêmes conditions que celles de la nuit de l'accident et a conclu que le témoin a correctement identifié la couleur du taxi dans 80% des cas et a échoué dans 20% des cas.

Quelle est la probabilité que le taxi impliqué dans l'accident soit Bleu plutôt que Vert?

La réponse médiane à la question est 80%, suggérant que les gens accordent une importance plus grande au témoignage du témoin, plutôt qu'au fait que seulement un petit pourcentage de taxis de la ville est bleu et qu'ainsi, il est moins probable que le taxi fut bleu. Cependant, 80% est la probabilité que le témoin ait raison, **indépendamment d'autre chose**. Ce n'est pas la probabilité que le témoin ait raison en tenant compte du fait qu'il y a seulement 15% de taxis dans la ville qui sont bleus. La probabilité conditionnelle est donc beaucoup plus petite que la réponse médiane. Ensuite, regardons comment correctement évaluer la probabilité statistiquement. Le lien entre deux événements dépendants et leurs probabilités conditionnelles est donné par la loi de Bayes. La loi de Bayes dit que deux probabilités conditionnelles sont liées et que nous pouvons déduire (prévoir) l'autre donnée si nous connaissons l'une d'entre elles.

Analysons cela formellement. Supposons que A et B sont deux événements dépendants (c'est-à-dire que l'occurrence d'un événement est liée à celle d'un autre). $P(A)$ et $P(B)$ sont, respectivement, la probabilité que l'événement A et que l'événement B se produisent. La probabilité conditionnelle de A sachant B, $P(A|B)$, représente la probabilité que l'événement A arrive étant donné que l'événement B est déjà arrivé. D'autre part, $P(B|A)$ est la probabilité conditionnelle de B sachant A. La règle de Bayes lie les deux probabilités conditionnelles :

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \times P(A)}{P(B)} \text{ et } P(B|A) = \frac{P(A|B) \times P(B)}{P(A)}$$

Comment donc pouvons-nous évaluer la probabilité correcte dans l'exemple du taxi donné ci-dessus? Tout d'abord, il est important de comprendre les informations fournies :

- ▷ La probabilité qu'un taxi dans la ville soit bleu est : $P(\text{Bleu}) = 15\%$
- ▷ La probabilité que le témoin identifie correctement un taxi Bleu est : $P(\text{identifiéBleu}|\text{Bleu}) = 80\%$ ⁴
- ▷ La probabilité conditionnelle que le taxi soit Bleu, étant donné que le taxi a été identifié par le témoin comme Bleu, est : $P(\text{Bleu}|\text{identifiéBleu})$

En utilisant le théorème de Bayes, la réponse correcte est la suivante :

$$P(\text{Bleu}|\text{identifiéBleu}) = \frac{P(\text{identifiéBleu}|\text{Bleu}) \times P(\text{Bleu})}{P(\text{identifiéBleu}|\text{Bleu}) \times P(\text{Bleu}) + P(\text{identifiéBleu}|\text{Vert}) \times P(\text{Vert})}$$

$$P(\text{Bleu}|\text{identifiéBleu}) = \frac{80\% \times 15\%}{80\% \times 15\% + 20\% \times 85\%} = 41\%$$

La différence entre la réponse correcte (41%) et la réponse médiane (80%) est très élevée, ce qui suggère que les agents ne peuvent pas habituellement calculer des probabilités conditionnelles Bayésiennes relativement simples. Pour comprendre si cette découverte est indépendante du contexte, on a demandé à d'autres participants de répondre à une question légèrement différente dans laquelle la déclaration (a') remplace la déclaration (a).

⁴ Nous pouvons aussi déduire que : $P(\text{identifiéBleu}|\text{Vert}) = 1 - P(\text{identifiéBleu}|\text{Bleu}) = 100\% - 80\% = 20\%$ et $P(\text{Vert}) = 1 - P(\text{Bleu}) = 100\% - 15\% = 85\%$

(a') Bien que les deux entreprises soient à peu près de même taille, 85% d'accidents de taxis dans la ville sont causés par des taxis verts et 15% le sont par des taxis Bleus.

Dans ce cas, la réponse médiane est d'environ 60%. Bien que les agents n'utilisent toujours pas la loi de Bayes, ils comptent moins sur le témoin et se concentrent plus sur le nombre plus élevé d'accidents causés par des taxis Verts.

Gerd Gigerenzer et Ulrich Hoffrage, en 1995, ont suggéré que l'évolution est la raison de la difficulté qu'ont les humains avec le calcul dans ce type de problèmes statistiques [Gigerenzer et Hoffrage 1995]. Les probabilités, l'inférence statistique et les algorithmes sont une introduction récente dans l'histoire de l'humanité (ils sont apparus seulement au XVIII^e siècle) et, typiquement, les êtres humains n'acquièrent pas d'informations en utilisant ces notions. La façon « naturelle » d'acquérir des informations est basée sur l'expérience et la fréquence qui est utilisée pour mettre à jour et évaluer la probabilité d'événements. Même si on explique la loi de Bayes aux participants par des expériences, il leur semble toujours difficile de raisonner en termes de probabilités et de trouver la bonne réponse. Dans une série d'expériences, Gigerenzer et Hoffrage ont montré que présenter le problème en termes de fréquence a augmenté le nombre des participants qui pouvaient correctement prévoir la réponse. Comme le cerveau humain est habitué aux fréquences, il comprend mieux le problème en termes de nombre de fois que le témoin peut correctement ou incorrectement identifier un taxi.

Pour nous faire une idée plus précise, nous pouvons représenter l'exemple du taxi en termes de fréquences (voir la figure 3.1 ci-dessous). Supposons qu'il y ait 1 000 taxis dans la ville ; 850 sont verts et 150 bleus. Si nous demandons au témoin d'identifier les 1 000 taxis, il identifiera correctement 680 des 850 taxis Verts et les 170 restants seront identifiés comme Bleus (parce qu'il n'a raison que 80% du temps). Puis, parmi les 150 taxis bleus, il en identifiera correctement 120 comme étant Bleus et les 30 restants comme étant Verts. Ainsi, le témoin identifierait un total de 710 taxis Verts et 290 Bleus.

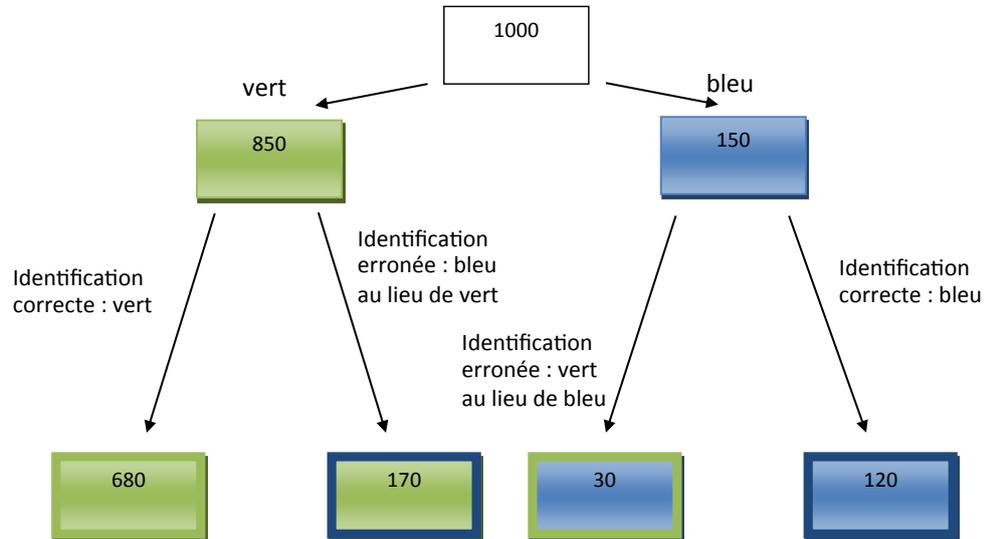


FIG. 3.1 – Application du théorème de Bayes au calcul de probabilités conditionnelles

Si nous voulons évaluer combien de fois le témoin identifie correctement un taxi Bleu quand il est Bleu, nous devons savoir le nombre de cas où le taxi est Bleu et est correctement identifié comme tel (120), et le nombre de fois où il est identifié comme Bleu bien qu'étant Vert (170). Autrement dit, nous avons besoin de compter toutes les fois que le témoin a, à tort ou à raison, identifié un taxi Bleu (120 + 170) et toutes les fois où il avait raison (120). Ainsi, la probabilité conditionnelle est simplement :

$$P(\text{Bleu}|\text{identifieBleu}) = \frac{\text{Bleu \& identifieBleu}}{\text{Vert \& identifieBleu} + \text{Bleu \& identifieBleu}} =$$

$$P(\text{Bleu}|\text{identifieBleu}) = \frac{120}{170 + 120} = 41\%$$

Regarder la fréquence d'événements peut donc être beaucoup plus intuitif que les approches statistiques classiques.

Point clé

Traduire en termes de fréquence

La leçon à retenir est qu'il est important d'enseigner aux gens à traduire des problèmes présentés en termes de probabilité en des approches exprimées en termes de fréquence pour améliorer l'exactitude des inférences et des prévisions.

3.5 La « loi » des petits nombres

Dans cette dernière section, nous présentons une limite supplémentaire du raisonnement humain liée au calcul des probabilités. Nous commençons par l'exemple d'une expérience menée par Kahneman et Tversky [Kahneman et Tversky 1982].

Exemple

Hôpitaux

Une certaine ville possède deux hôpitaux. Dans l'hôpital le plus grand, environ 45 bébés naissent chaque jour, et dans l'hôpital le plus petit, environ 15 bébés naissent chaque jour. Comme vous le savez, environ 50% de tous les bébés sont des garçons. Cependant, le pourcentage exact varie de jour en jour. Parfois il peut être plus élevé que 50%, parfois plus bas.

Sur une année, chaque hôpital a enregistré les jours durant lesquels plus de 60% de bébés nés étaient des garçons.

Quel hôpital, pensez-vous, a enregistré le plus grand nombre de ces jours ?

Lors de l'expérience, 22% de participants ont répondu que le plus grand hôpital allait plus probablement enregistrer le plus grand nombre de tels jours; 56% d'entre eux ont pensé que les deux hôpitaux avaient la même probabilité; et seulement 22% ont donné la réponse correcte, qui est qu'il est beaucoup plus probable que le petit hôpital ait plus de jours durant lesquels plus de 60% de garçons soient nés.

Pour comprendre pourquoi le petit hôpital va plus probablement dévier de la moyenne, nous avons besoin de présenter la loi des grands nombres.

Définition

La loi des grands nombres

Dans la théorie des probabilités, la loi des grands nombres déclare que, si nous exécutons un grand nombre de tests expérimentaux, le résultat moyen devrait être proche des valeurs attendues; plus le nombre de tests est élevé, plus les résultats se rapprocheront des valeurs attendues.

Imaginez jeter une pièce de monnaie (non truquée) quatre fois. Le résultat prévu est qu'elle tombe sur face la moitié du temps et sur pile l'autre moitié du temps. Cependant, vous pouvez obtenir trois faces et un pile, et si vous calculez alors la fréquence à laquelle la pièce tombe sur face (75%), la valeur est loin de la valeur attendue de 50%. Cependant, il est moins probable que vous obteniez 75% de face avec 200 lancers de la pièce de monnaie : en augmentant le nombre de tests, il est plus probable que vous obteniez un nombre égal de faces et de piles.

Dans l'exemple hospitalier cependant, les gens ont tendance à compter sur la loi des petits nombres. Un grand nombre de personnes pensent que même dans de petits échantillons, les probabilités sont semblables à celles de la population entière. Rabin explique :

“ La loi des petits nombres implique que chacun exagère la probabilité qu’un petit nombre de jets d’une pièce de monnaie (non truquée) conduira environ au même nombre de faces que de piles. Ce qu’on appelle communément « l’erreur du joueur » est la manifestation de ce biais : si une pièce de monnaie (non truquée) n’a pas (par exemple) présenté de pile pendant un certain temps, alors sur le jet suivant, elle « devrait » tomber sur pile parce qu’une séquence de jets devrait avoir autant de piles que de faces. Quand la distribution de probabilité sous-jacente générant des séquences observées est incertaine, « l’erreur du joueur » amène les participants à surestimer la distribution de probabilité d’une séquence courte. Parce que nous exagérons combien il est probable qu’un mauvais analyste financier prononçant trois prévisions se trompe pour au moins l’une d’entre elles, nous exagérons la vraisemblance qu’un analyste est bon si il a raison trois fois de suite [Rabin 1998]. ”

Synthèse

Le risque et l'incertitude sont des variables importantes des décisions que nous prenons dans notre vie quotidienne. L'environnement dans lequel nous vivons est plutôt indéterminé et nos décisions sont influencées par notre perception du risque et notre tendance à agir de façon sûre ou risquée. Dans ce document, nous avons décrit d'importants résultats théoriques économiques de la prise de décision en situation d'incertitude. Nous avons catégorisé les individus en trois groupes et nous nous sommes concentrés sur les différences entre ceux qui sont amateurs ou averses au risque dans le but de mieux comprendre leurs comportements différents face à un même problème. Une théorie générale permet de classer une population par rapport à son attitude face au risque, de comprendre les déterminants du niveau d'aversion au risque (comme l'âge ou le sexe) et de prévoir par exemple l'efficacité d'une politique gouvernementale. Bien qu'il soit important d'avoir un modèle théorique général qui peut prévoir le comportement de divers types d'agents, parfois les prévisions sont biaisées par des hypothèses qui sont trop strictes, ou par le fait que chacun peut changer son comportement selon le contexte dans lequel il se trouve.

Dans une première étape, un modèle général a été présenté au chapitre 1. Dans le chapitre 2, le modèle standard est revisité, prenant en compte des preuves empiriques et expérimentales. Les attitudes individuelles face au risque changent selon que les personnes font face à une perte ou à un gain. En général, l'aversion à la perte, l'effet dotation et le statu quo sont des biais qui forment les trois facettes du même problème : les êtres humains ont tendance à éviter le risque alors qu'ils pourraient obtenir un gain ; d'autre part, quand des pertes pourraient survenir, leurs actions sont plus risquées. Ceci est contradictoire avec les prévisions du modèle classique. De plus, ce comportement se retrouve dans des contextes différents (de la vie quotidienne ou lors d'événements sporadiques) et dans toutes les catégories de la population. Ces conclusions ont conduit à proposer un autre modèle théorique général, connu sous le nom de théorie des perspectives.

Après notre présentation de ces deux piliers de la modélisation théorique en sciences économiques, le chapitre 3 a été consacré à la démonstration expérimentale des limites des êtres humains dans l'évaluation des probabilités et des prises de décisions en situation d'incertitude. Les perceptions du risque et l'évaluation des probabilités sont importantes non seulement pour l'individu seul qui doit juger une situation risquée et évaluer quelle action prendre, mais aussi pour les décideurs qui doivent stratégiquement prévoir l'efficacité d'une politique et la manière dont elle doit être présentée aux citoyens.

Pour conclure, ce document n'a pas pour but d'être une description exhaustive du sujet de la prise de décisions face au risque ou à l'incertitude ; sa vocation est de donner un aperçu de quelques éléments importants des sciences économiques et de la psychologie qui sont liés au risque et à l'incertitude.

Bibliographie

- Bier, V. M. et Connell, B. L. (1994). *Ambiguity seeking in multi-attribute decisions : Effects of optimism and message framing*. Journal of Behavioral Decision Making, 7(3):169–182. DOI : [10.1002/bdm.3960070303](https://doi.org/10.1002/bdm.3960070303).
- Chen, M. K., Lakshminarayanan, V. et Santos, L. (2005). *The evolution of our preferences: evidence from capuchin-monkey trading behavior*. Cowles foundation for research in economics discussion papers, 1524.
- Chen, M. K., Lakshminarayanan, V. et Santos, L. R. (2006). *How basic are behavioral biases? Evidence from capuchin monkey trading behavior*. Journal of Political Economy, 114(2):517–537. www.anderson.ucla.edu/faculty/keith.chen/papers/Final_JPE06.pdf.
- Corcos, A., Pannequin, F. et Bourgeois-Gironde, S. (2012). *Is trust an ambiguous rather than a risky decision?*. Economics Bulletin, 32(3):2255–2266. hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/73/45/63/PDF/is_trust_an_ambiguous_decision.pdf.
- Dohmen, T., Falk, A., Huffman, D. et al. (2011). *Individual risk attitudes : Measurement, determinants, and behavioral consequences*. Journal of the European Economic Association, 9(3):522–550. DOI : [10.1111/j.1542-4774.2011.01015.x](https://doi.org/10.1111/j.1542-4774.2011.01015.x).
- Eckel, C. C. et Wilson, R. K. (2004). *Is trust a risky decision?* International Journal of Economic Behavior and Organization, 55(4):447–465. DOI : [10.1016/j.jebo.2003.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jebo.2003.11.003).
- Einhorn, H. J. et Hogarth, R. M. (1986). *Decision making under ambiguity*. The Journal of Business, 59(4):S225–S250.
- Ellsberg, D. (1961). *Risk, ambiguity, and the Savage axioms*. The Quarterly Journal of Economics, 75(4):643–669. DOI : [10.2307/1884324](https://doi.org/10.2307/1884324).
- Fox, C. R. et Tversky, A. (1995). *Ambiguity aversion and comparative ignorance*. The Quarterly Journal of Economics, 110(3):585–603. DOI : [10.2307/2946693](https://doi.org/10.2307/2946693).
- Friedman, B. (1973). *Consumer response to incentives under alternative health insurance programs*. Inquiry, 10(3):31–35.
- Friedman, D. et Sunder, S. (1994). *Experimental Methods: A Primer for Economists*. Cambridge University Press. ISBN : 978-0521456821, 248 pages.
- Friend, I. et Blume, M. E. (1975). *The demand for risky assets*. The American Economic Review, 65(5):900–922. [darp.lse.ac.uk/PapersDB/Friend-Blume_\(AER_75\).pdf](http://darp.lse.ac.uk/PapersDB/Friend-Blume_(AER_75).pdf).
- Gigerenzer, G. et Hoffrage, U. (1995). *How to improve bayesian reasoning without instruction: Frequency formats*. Psychological Review, 102(4):684–704. DOI : [10.1037/0033-295X.102.4.684](https://doi.org/10.1037/0033-295X.102.4.684).
- Haun, D. B., Nawroth, C. et Call, J. (2011). *Great apes' risk-taking strategies in a decision making task*. PLoS ONE, 6. DOI : [10.1371/journal.pone.0028801](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028801).
- Hersch, J. et Viscusi, W. K. (2001). *Cigarette smokers as job risk takers*. The Review of Economics and Statistics, 83(2):269–280. DOI : [10.1162/00346530151143806](https://doi.org/10.1162/00346530151143806).
- Holt, C. A. et Laury, S. (2002). *Risk aversion and incentive effects*. Andrew Young School of Policy Studies Research Paper Series, pages 06–12.
- Kagel, J. H., Battalio, R. C. et Green, L. (1995). *Economic Choice Theory. An Experimental Analysis of Animal Behavior*. Cambridge University Press. ISBN : 978-0521454889, 248 pages.
- Kahneman, D., Knetsch, J. L. et Thaler, R. H. (1986). *Fairness as a constraint on profit seeking: Entitlements in the market*. The American Economic Review, 76(4):728–741. DOI : [10.2307/1806070](https://doi.org/10.2307/1806070).
- Kahneman, D., Knetsch, J. L. et Thaler, R. H. (1991). *Anomalies: The endowment effect, loss aversion, and status quo bias*. Journal of Economic Perspectives, 5(1):193–206. DOI : [10.1257/jep.5.1.193](https://doi.org/10.1257/jep.5.1.193).
- Kahneman, D. et Smith, V. (2002). *Interview with the 2002 laureates in economics*. Nobel Prize in Economics documents 2002-5, Nobel Prize Committee. Interview by Professor Karl-Gustaf Löfgren and Dr Anne-Sophie Crepin. www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2002/kahneman-interview.html.

- Kahneman, D. et Tversky, A. (1979). *Prospect theory: an analysis of decision under risk*. *Econometrica*, 47(2):263–291. www.princeton.edu/~kahneman/docs/Publications/prospect_theory.pdf, DOI : 10.2307/1914185.
- Kahneman, D. et Tversky, A. (1982). *The simulation heuristic*. Dans *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases* (Kahneman, D., Slovic, P. et Tversky, A., Éd.), pages 201–208. Cambridge University Press. ISBN : 978-0521284141.
- Kahneman, D. et Tversky, A. (1984). *Choices, values and frames*. *American Psychologist*, 39(4):341–350. DOI : 10.1037/0003-066X.39.4.341.
- Kahneman, D. et Tversky, A. (2000). *Choices, values and frames*. Cambridge University Press. ISBN : 978-0521627498, 860 pages.
- Knetsch, J. L. (1989). *The endowment effect and evidence of nonreversible indifference curves*. *The American Economic Review*, 79(5):1277–1284.
- Lakshminarayanan, V., Chen, M. K. et Santos, L. R. (2011). *The evolution of decision-making under risk: Framing effects in monkey risk preferences*. *Journal of Experimental Social Psychology*, 47:689–693. www.anderson.ucla.edu/faculty/keith.chen/papers/Final_JESP11.pdf.
- Lakshminarayanan, V., Chen, M. K. et Santos, L. R. (2008). *Endowment effect in capuchin monkeys*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511):3837–3844. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2581778/pdf/rstb20080149.pdf, DOI : 10.1098/rstb.2008.0149.
- MacDonald, D. N., Kagel, J. H. et Battalio, R. C. (1991). *Animals' choices over uncertain outcomes: Further experimental results*. *The Economic Journal*, 101(408):1067–1084. DOI : 10.2307/2234427.
- Motet, G. (2009). *La norme ISO 31000 en 10 questions*. Cahier de la Sécurité Industrielle 2009-05, Fondation pour une culture de sécurité industrielle. www.foncsi.org.
- Rabin, M. (1998). *Psychology and economics*. *Journal of Economic Literature*, 36(1):11–46.
- Roth, A. E. et Shapley, L. S. (2012). *Stable allocations and the practise of market design*. Scientific Background on the Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel, The Royal Swedish Academy of Sciences.
- Samuelson, W. et Zeckhauser, R. (1988). *Status quo bias in decision making*. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1(1):7–59. DOI : 10.1007/BF00055564.
- Savage, L. J. (1954). *The foundations of statistics*. Wiley. ISBN : 978-0486623498, 310 pages.
- Simon, H. A., Egidi, M., Viale, R. et al. (1992). *Economics, bounded rationality and the cognitive revolution*. E. Elgar. ISBN : 978-1-85278-425-6, 240 pages.
- Szpiro, G. G. (1986). *Measuring risk aversion: An alternative approach*. *The Review of Economics and Statistics*, 68(1):156–159. DOI : 10.2307/1924939.
- Thaler, R. H. (1980). *Toward a positive theory of consumer choice*. *International Journal of Economic Behavior and Organization*, 1(1):39–60. DOI : 10.1016/0167-2681(80)90051-7.
- Tversky, A. et Kahneman, D. (1981). *The framing of decisions and the psychology of choice*. *Science*, 211(4481):453–458. DOI : 10.1126/science.7455683.
- van Dijk, E. et van Knippenberg, D. (1998). *Trading wine: On the endowment effect, loss aversion, and the comparability of consumer goods*. *Journal of Economic Psychology*, 19(4):485–495. DOI : 10.1016/S0167-4870(98)00020-8.
- Von Neumann, J. et Morgenstern, O. (1953). *Theory of games and economic behavior*. Princeton University Press. 3rd ed. (1st ed 1944), ISBN : 978-0471911852.
- Wilkinson, N. (2007). *An introduction to behavioral economics: A guide for students*. Palgrave Macmillan. ISBN : 978-0230532595, 300 pages.

Reproduction de ce document



La Foncsi soutient le libre accès (“*open access*”) aux résultats de recherche. Pour cette raison, elle diffuse gratuitement les documents qu’elle produit sous une licence qui permet le partage et l’adaptation des contenus, à condition d’en respecter la paternité en citant l’auteur selon les standards habituels.

À l’exception du logo Foncsi et des autres logos et images y figurant, le contenu de ce document est diffusé selon les termes de la licence [Attribution du Creative Commons](#). Vous êtes autorisé à :

- ▷ **Partager** : copier, imprimer, distribuer et communiquer le contenu par tous moyens et sous tous formats ;
- ▷ **Adapter** : remixer, transformer et créer à partir de ce document du contenu pour toute utilisation, y compris commerciale.

à condition de respecter la condition d’**attribution** : vous devez attribuer la paternité de l’œuvre en citant l’auteur du document, intégrer un lien vers le document d’origine sur le site [foncsi.org](#) et vers la licence et indiquer si des modifications ont été apportées au contenu. Vous ne devez pas suggérer que l’auteur vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé le contenu.



Vous pouvez télécharger ce document, ainsi que d’autres dans la collection des *Cahiers de la Sécurité Industrielle*, depuis le site web de la Foncsi.



Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle

Fondation de recherche reconnue d’utilité publique

www.FonCSI.org

6 allée Émile Monso — BP 34038
31029 Toulouse cedex 4
France

Twitter : @LaFonCSI

Courriel : contact@FonCSI.org



ISSN en cours d'attribution

6 allée Émile Monso
ZAC du Palays - BP 34038
31029 Toulouse cedex 4 - France

www.foncsi.org