



HAL
open science

Sommes-nous bayésiens ? Une expérience sur les biais de jugement et le poids des impressions

Anna Bernard

► **To cite this version:**

Anna Bernard. Sommes-nous bayésiens ? Une expérience sur les biais de jugement et le poids des impressions. Microstructure des marchés [q-fin.TR]. 2011. <dumas-00643671>

HAL Id: dumas-00643671

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00643671v1>

Submitted on 23 Nov 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

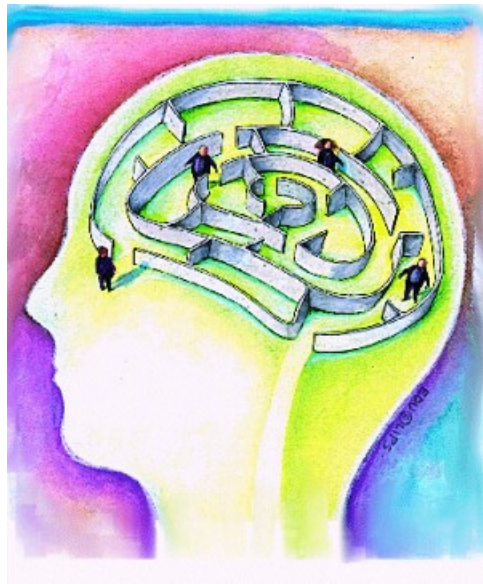
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Université Paris 1
UFR 02 Sciences Economiques
Master Economie Théorique et Empirique
Master 2 Recherche Spécialité Economie Théorique et Empirique

Sommes-nous bayésiens ? Une expérience sur les biais de jugement et le poids des impressions.



Dirigé par :
Louis Lévy-Garboua

Présenté et soutenu par :
Anna Bernard

Année universitaire 2010-2011

Je tiens à remercier :

monsieur Louis Lévy-Garboua de m'avoir accompagnée, conseillée et guidée tout au long du travail de recherche préparatoire, de modélisation et de mise en oeuvre des expériences,

le Laboratoire d'Economie Expérimentale de Paris de m'avoir permis de réaliser mes expériences,

l'université de Paris 1 pour le financement accordé pour la rémunération des participants,

monsieur Nicolas Jacquemet pour les critiques apportées ayant permis de préciser mon modèle,

et Andy Murray pour ses remarques pertinentes et son soutien inconditionnel.

« L'université de Paris 1 Panthéon Sorbonne n'entend donner aucune approbation, ni désapprobation aux opinions émises dans ce mémoire ; elles doivent être considérées comme propre à leur auteur »

Résumé

En partant du constat que l'homme ne raisonne pas tel un bayésien, nous proposons un modèle de rationalité limitée faisant l'hypothèse de séquentialité des perceptions. Dans son jugement de probabilités, l'homme se fonde à la fois sur la valeur normative de la probabilité d'occurrence d'un événement, mais aussi sur l'impression que cet événement peut se produire effectivement. Cette étude modélise cette forme de jugement en précisant une fonction « impression » et permet d'expliquer plus rigoureusement l'usage des heuristiques dans le raisonnement humain. Au moyen de trois expériences, nous mettons en évidence la pertinence d'un tel modèle. La première reprend l'expérience de Linda, initiée par Kahneman et Tversky, révélant l'existence du biais de conjonction. Les deux autres sont inspirées de l'expérience des avocats et des ingénieurs menée par ces mêmes auteurs. L'ensemble des résultats montre le pouvoir explicatif de la notion d'impressions.

Abstract

Based on the assessment that humans do not think as a Bayesian would, we suggest a model of bounded rationality assuming that people perceive images by sequences. In the likelihood judgment process, people relies on both the normative value of the probability of an event and the impression that the event would eventually occurs. The study set up a model of human judgment by specifying a function of « impression » and enables the rigorous explanation of the use of heuristics in human reasoning. Thank to three experiments, we highlight the model's relevance. The first takes up the Linda's design, initiated by Kahneman and Tversky that putted into light the conjunction fallacy. The other two are inspired by the lawyers and engineers' experiment led by the same authors. All the results stress the explanatory power of the notion of « impressions ».

Table des matières

1	Introduction	5
2	L'approche psychologique : une revue de la littérature	7
2.1	L'esprit humain est-il bayésien ? Une présentation de trois ap- proches théoriques	7
2.1.1	L'homme : un statisticien par nature	7
2.1.2	Heuristiques et biais de jugement	8
2.1.3	L'approche " <i>fast and frugal</i> " : des heuristiques qui conduisent à des décisions satisfaisantes voire optimales	12
2.2	L'heuristique de représentativité	13
2.2.1	La taille de l'échantillon	14
2.2.2	Le biais de conjonction	15
2.2.3	La négligence des taux de base	19
3	Un modèle de perception séquentielle	22
3.1	La perception séquentielle	22
3.1.1	La perception séquentielle d'images mentales	23
3.1.2	Rationalité limitée et jugement de probabilité	23
3.2	Le poids des impressions	23
3.2.1	Jugement de probabilités et poids des impressions	23
3.2.2	Qu'est-ce qu'une impression ?	25
3.3	Un modèle permettant d'expliquer l'heuristique de représentativité	27
3.3.1	La taille de l'échantillon	27
3.3.2	Le biais de conjonction	28
3.3.3	La négligence des taux de base	30
4	Expérience et résultats	31
4.1	Expériences 1 : l'expérience de Linda	31
4.1.1	Design expérimental	31
4.1.2	Résultats	32
4.2	Expérience 2 : l'expérience des professeurs sans incitation	33
4.2.1	Design expérimental	33
4.2.2	Résultats	34
4.3	Expérience 3 : l'expérience des professeurs avec incitations	35
4.3.1	Design expérimental	35
4.3.2	Résultats	36
4.4	Discussion	37
5	Conclusion	38

1 Introduction

Au début des années 1970, la psychologie a mis en évidence de nombreuses erreurs commises par l'homme dans le processus de jugement en tant qu'opération mentale consistant à accorder une probabilité à un événement. Un intérêt croissant s'est alors développé concernant nos capacités à raisonner de façon rationnelle dans des situations incertaines, pourtant quotidiennes (estimer la valeur future de l'euro, le gagnant du tournoi de Roland Garros...). Pourtant la théorie économique a historiquement posé l'hypothèse d'un agent économique rationnel, raisonnant en accord avec les théories des probabilités. L'apport de la psychologie a permis d'accorder de plus en plus d'attention aux hypothèses d'un agent qui n'est pas parfaitement capable d'émettre des jugements rationnels. La rationalité devient un nouvel objet d'étude au sein de la démarche scientifique de l'économiste (Simon [1985]).

Selon quelle norme ces erreurs ont-elles été établies? La théorie économique suppose un agent bayésien. Comme l'expliquent Baratgin et Politzer [2006], on peut définir deux interprétations différentes du bayésianisme : une interprétation objective et une interprétation épistémique. Dans la première interprétation, les probabilités sont considérées comme des objets uniques et déterminés, indépendants et extérieurs à l'individu. Dans ce cas, il est difficile de concevoir la probabilité d'un événement singulier¹. L'interprétation épistémique, elle, suppose qu'une probabilité est le résultat d'un jugement humain dépendant de sa connaissance. De ce fait, la probabilité s'apparente à un degré de croyance. Dans cette étude, nous définirons la norme bayésienne à partir de laquelle il s'agit d'évaluer le processus de jugement des individus, par trois critères (Baratgin et Politzer [2006]) :

1. Un *critère épistémique* : les degrés de croyance des individus sont interprétés en termes de probabilité. On suppose que tous les individus sont capables d'assigner une probabilité de réalisation à un événement, qu'il soit singulier ou pas (et ce, même en situation d'incertitude radicale). Ainsi, une probabilité représente le degré de croyance de l'événement H d'un individu doté d'un niveau de connaissances K , à une période donnée. On la note $P(H | K)$.
2. Un *critère de cohérence statique* : les degrés de croyances obéissent aux axiomes d'additivité des probabilités.²

1. Ce problème a bien été cerné par les fréquentistes.
2. On définit ces axiomes de la manière suivante : soit (p_1, \dots, p_n) une distribution de probabilités :

- (i) $0 \leq p_k \leq 1$ pour tout $k \in \{1, \dots, n\}$
- (ii) $P(\emptyset) = 0$ et $P(\Omega) = 1$
- (iii) $\sum_1^n p_k = 1$
- (iv) Si $A \cup B = \{0\}$ alors $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$ (axiome d'additivité)
- (v) $P(A \cap B) = P(A | B)P(B)$

3. Un *critère de cohérence dynamique* : la révision du degré de croyance suite à une nouvelle information D est dérivée de l'identité de Bayes :

$$P(A_i | B) = \frac{P(B | A_i)P(A_i)}{\sum_j P(B | A_j)P(A_j)}$$

Le programme « d'heuristiques et biais » de Kahneman et Tversky [1974] fait l'hypothèse que les erreurs systématiques par rapport à la norme bayésienne, mises en évidence par leurs expériences, s'expliquent par des raccourcis mentaux, plus faciles d'accès, moins coûteux en temps et en concentration. Quand le coût du calcul bayésien normatif est important, l'individu a tendance à faire appel à des exemples qui l'ont marqué ou à des aspects parlants du problème qui lui permettent de réaliser des approximations. De ce fait, la décision se fait *via* un arbitrage entre ces raccourcis et un calcul plus rigoureux.

Le problème d'une telle approche réside dans le manque de modélisation du processus de jugement. L'explication par les heuristiques reste relativement vague. Une vraie théorie de la rationalité limitée ne peut se contenter d'une liste de raccourcis mentaux. Il faut préciser comment ces heuristiques opèrent, sous quelles conditions, à l'occasion de quelles situations. Pour ce faire, il faut ouvrir la « boîte noire » du processus cognitifs de jugement.

Dans ce but, nous faisons l'hypothèse d'agents cognitivement limités qui sont soumis à la séquentialité de leur perception (Lévy-Garboua [1979], [1999], [2004], Lévy-Garboua et Montmarquette [1996], [2004], Lévy-Garboua et Blondel [2002]). L'homme ne peut traiter simultanément toutes les perceptions qu'il reçoit. C'est pourquoi, le jugement ne peut être parfaitement prédit par la norme bayésienne. Pour comprendre la façon dont les individus estiment réellement les probabilités, nous proposons un modèle formalisant l'heuristique de représentativité, fondé sur la notion « d'impressions ».

Nous présentons, dans la section 2, des approches psychologiques qui remettent en cause l'hypothèse d'un « homme statisticien » par nature. Nous nous attarderons particulièrement sur ce que Kahneman et Tversky [1974] appellent « l'heuristique de représentativité ». Dans la section 3, nous proposons un modèle de jugement qui fait l'hypothèse d'un individu fondant ses jugements de manière disproportionnée sur la valeur normative des probabilité et sur « l'impression » des événements. Nous tâcherons de bien définir le rôle de « l'impression », et sur quelles types d'informations elle se définit. Enfin, en section 4, nous présentons trois expériences que nous avons menées et qui permettent de tester notre modélisation.

2 L'approche psychologique : une revue de la littérature

Dans cette première section, il s'agit d'envisager d'importants travaux qui ont traité du problème de jugement des probabilités. Notamment, nous voyons comment l'approche de la psychologie questionne le postulat premier d'un homme statisticien de nature. Différents biais par rapport à la norme bayésienne ont été repérés. Il s'agit alors de voir quelles explications psychologiques ont été avancées. Nous prendrons soin de bien les décrire puisque c'est à partir de telles idées que nous modéliserons le processus de jugement.

Ainsi, nous présentons d'abord trois approches théoriques qui se sont interrogées sur la question d'un bayésianisme humain naturel. Puis, nous nous attarderons sur la notion « d'heuristique de représentativité » de Kahneman et Tversky [1974].

2.1 L'esprit humain est-il bayésien ? Une présentation de trois approches théoriques

2.1.1 L'homme : un statisticien par nature

Les premières études portant sur le jugement de probabilités prennent une position normative. La question est de savoir si des modèles normatifs, comme la théorie de l'utilité en économie, sont de bons modèles du jugement humain. De ce fait, on ne se pose pas tant la question de savoir comment les individus estiment les probabilités dans l'incertain (on suppose qu'ils réalisent des inférences bayésiennes), mais on cherche surtout à voir si les modèles normatifs permettent d'expliquer les choix des individus.

Cependant, certaines études se penchent empiriquement sur les inférences statistiques humaines. Peterson et Beach [1967] concluent de leurs expériences que le modèle type de « l'homme statisticien » (c'est-à-dire le modèle de l'homme raisonnant naturellement tel un statisticien) permet de bien expliquer l'inférence humaine dans le cadre d'un environnement incertain :

« Les expériences qui ont comparé les inférences humaines avec celles de l'homme statisticien montrent que le modèle normatif offre une bonne première approximation pour la théorie psychologique de l'inférence. Les inférences effectuées par les sujets sont influencées par les variables appropriées, et ce, dans les directions appropriées. »
(Peterson et Beach [1967])

Bien que ces auteurs soient conscients de l'idéal que représente l'homme statisticien, l'approche est optimiste : l'homme commet peu de violations vis-à-vis

des inférences normatives. Plus précisément, l'homme commet majoritairement une seule erreur : l'erreur de conservatisme. En d'autres termes, dans son estimation des probabilités, l'homme aurait tendance à réviser de manière insuffisante les probabilités (Phillips et Edwards [1966]).³

Comment expliquer que les individus soient conservatistes dans leur jugement de probabilité ? Selon Peterson et Beach [1967], l'homme ne sait pas calculer les vraisemblances⁴. Pour Edwards [1966], c'est l'agrégation qui pose problème : si les individus calculent correctement les vraisemblances, ils ne savent pas agréger les probabilités comme dans l'identité de Bayes. L'esprit aurait une tendance trop « conservatrice ». En d'autres termes, l'esprit prendrait trop fortement en compte les probabilités *a priori*.

Dans cette première approche, l'homme statisticien est considéré comme un idéal-type pertinent pour l'analyse de l'inférence humaine. Les erreurs commises ne sont pas systématiques. Les auteurs ne remarquent qu'une « tendance » conservatrice qui ne remet pas en cause l'usage d'un modèle normatif bayésien.

2.1.2 Heuristiques et biais de jugement

A la fin des années 1960 et au début des années 1970, de nombreux travaux montrent que l'homme n'est probablement pas un statisticien de nature, ou, du moins, pas un statisticien très performant (Goldstein et Hogarth [1997]). Bien que les individus semblent respecter certains principes mathématiques d'inférence, ils commettent des erreurs. Plus particulièrement, les individus commettent des erreurs systématiques. Ce passage de l'erreur (aléatoire) au biais (systématique) est un point essentiel dans l'évolution de l'analyse de l'inférence humaine.

3. Le phénomène de conservatisme a été mis en évidence par une expérience de Phillips et Edwards [1966] :

« Deux urnes sont remplies de nombreux jetons de poker. La première urne contient 70% de jetons rouges et 30% de jetons bleus. La seconde urne contient 30% de jetons rouges et 70% de jetons bleus. L'expérimentateur jette une pièce non biaisée en l'air pour sélectionner une des deux urnes de sorte que la probabilité *a priori* de sélection de chaque urne soit 0,5. Il tire ensuite une succession de jetons de l'urne sélectionnée. Supposons que l'échantillon obtenu contient 8 jetons rouges et 4 jetons bleus (donnée I). Quelle est votre probabilité révisée que l'urne sélectionnée soit l'urne à dominante rouge. »

La solution théorique au problème est la suivante :

$$P(U_R | I) = \frac{P(I|U_R)P(U_R)}{P(I|U_R)P(U_R)+P(I|U_B)P(U_B)} = \frac{0,7^8 \cdot 0,3^4 \cdot 0,5}{0,7^8 \cdot 0,3^4 \cdot 0,5 + 0,3^8 \cdot 0,7^4 \cdot 0,5} = 0,967$$

avec U_R et U_B respectivement l'événement « les jetons ont été tirés dans l'urne à dominante rouge » et « les jetons ont été tirés dans l'urne à dominante bleue » et I l'événement « 8 jetons rouges et 4 jetons bleus ont été tirés ».

4. C'est-à-dire $P(I | U_R)$ et $P(I | U_B)$ dans l'expérience des urnes.

Sous l'impulsion des psychologues, l'analyse du jugement et de la décision pose de nouveaux problèmes : la question n'est plus « les individus font-ils des choix rationnels en situation d'incertitude ? », mais, « comment les individus évaluent-ils l'incertain ? ». Répondre à cette question suppose d'étudier les biais en jeu dans le processus cognitif de jugement. La découverte de déviations systématiques entre le jugement humain et certaines normes a donné naissance à un nouveau programme de recherche : l'approche par « heuristiques et biais » (Kahneman, Slovic et Tversky [1982]). Cette approche est fondée sur le principe selon lequel c'est en étudiant les biais entre le jugement et la norme que l'on révèle des mécanismes cognitifs sous-jacents. Elle marque un tournant dans l'analyse du jugement humain puisqu'elle vise à expliquer les processus cognitifs. Sholz [1987] résume bien ce changement épistémologique :

« Leurs études théoriques étaient fondées sur une série d'expériences réalisées durant les années soixante-dix. Ces expériences s'attachaient à prouver les biais humains, les sophismes, les erreurs et les défauts du jugement de probabilités du comportement de choix et de décision. Par certains aspects, le travail de Kahneman et Tversky peut être considéré comme le commencement d'une science de la décision orientée cognitivement qui tente de saisir les fondements psychologiques (cognitifs) du comportement de décision, à la différence de la théorie de la décision comportementale à la fois descriptive et plus orientée vers le quantitatif. »

Quelques définitions

Avant de rendre compte du programme « d'heuristiques et biais » de Kahneman et Tversky, il est important de bien définir les concepts en jeu. Cette approche, comme son nom l'indique, repose sur deux notions essentielles : les heuristiques et les biais.

Ce qu'entendent Kahneman et Tversky par biais, c'est l'idée de distorsions systématiques dans le traitement de l'information. Ces distorsions mènent à des jugements moins valides. Le biais se distingue de l'erreur car, contrairement à l'erreur qui est aléatoire, le biais contient un certain déterminisme. Comment déterminer ces biais ? Il se mesure par comparaison aux normes :

« L'existence d'une erreur de jugement est démontrée en comparant les réponses des sujets soit avec un fait établi (...) soit avec une règle acceptée de l'arithmétique, de la logique ou des statistiques » (Kahneman et Tversky [1983])

Une heuristique, elle, correspond à un principe qui réduit les tâches complexes d'évaluation des probabilités ou des prévisions à de plus simples opérations de jugement :

« Nous proposons que face aux tâches difficiles de jugement de probabilité ou de fréquence, les gens emploient un petit nombre d'heuristiques pour ramener ces jugements à d'autres plus simples » (Kahneman et Tversky [1973])

Les hypothèses du programme d'heuristiques et biais

Le programme d'heuristiques et biais repose sur trois hypothèses (Gilovich *et al.* [2002], Kahneman *et al.*, [1982]) :

(i) L'homme possède deux systèmes cognitifs qui fonctionnent en parallèle. D'une part, le Système 1 (ou système intuitif) est un système d'appréhension des probabilités qui repose sur des heuristiques. Ce système nécessite peu d'efforts de la part des individus : les opérations réalisées par ce système sont rapides et associatives. D'autre part, le Système 2 (ou système analytique) correspond au recours conscient à un jugement de probabilités normativement correct mais qui suppose des opérations lentes et gouvernées par des règles abstraites. Le jugement généré par le Système 1 n'est pris en compte que lorsque Système 2 échoue à cette tâche (Kahneman & Frederick [2002]).

(ii) Du fait du caractère général des heuristiques, leur usage mène systématiquement à des biais :

« Le thème de la recherche est que les jugements sous incertitude sont fondés sur un nombre limité d'opérations mentales, ou heuristiques. En général, ces modes de jugements sont tout à fait utiles et efficaces. Cependant, ils conduisent parfois à des erreurs graves et systématiques. » (Kahneman et Tversky [1974])

L'homme fait face à des situations où il lui est impossible d'appliquer des règles normatives. De ce fait, un certain nombre d'heuristiques communes à tous les hommes s'est développé, conduisant à des biais systématiques dans le jugement humain.

(iii) En étudiant des données produites lors d'expérience étudiant les biais de jugement, il est possible d'en déduire la nature des heuristiques.

Ainsi, Kahneman et Tversky [1974] définissent trois heuristiques : l'heuristique de représentativité, celle de disponibilité et celle d'ancrage-ajustement. Nous développerons la première plus précisément dans la partie 2.2. . Voyons brièvement les deux autres heuristiques.

L'heuristique de disponibilité correspond à la acilité du rappel mnésique : l'individu fonde ses jugements sur la base d'exemples ou de cas identiques qui lui viennent à l'esprit facilement :

« On dit qu'une personne emploie l'heuristique de disponibilité dès lors qu'elle estime une fréquence ou une probabilité en fonction de la facilité avec laquelle des exemples ou des associations lui viennent à l'esprit » (Kahneman et Tversky [1974])

Cette heuristique peut s'avérer particulièrement utile pour l'évaluation de probabilités ou de fréquences, en ce sens qu'elle fait appel aux exemples les plus courants plutôt qu'aux exemples rares car ils sont plus aisément disponibles. Cependant, la disponibilité des exemples est affectée par d'autres facteurs que leur fréquence. C'est pourquoi l'usage d'une telle heuristique peut mener à des biais systématiques.

L'heuristique d'ancrage et d'ajustement est une stratégie qui consiste à réaliser une estimation à partir d'une valeur initiale (une « ancre »), puis de procéder à un ajustement, souvent trop faible. L'ancre peut être suggérée par la formulation du problème ou être le résultat d'un calcul partiel⁵.

Critique du programme

La critique du programme d'heuristiques et biais a surtout été tenue par les fréquentistes, et notamment, par leur chef de file, Gigerenzer ([1991], [1996]). Vranas [2000] résume les arguments de Gigerenzer en déclinant trois types de critiques : une critique empirique, une critique méthodologique et une critique normative.

La critique empirique repose sur l'idée que l'ampleur des biais peut être réduite en présentant différemment le problème. En d'autres termes, à contenu égal, la forme du problème influe sur les résultats. En particulier, de nombreuses expériences menées par des fréquentistes montrent que si l'on présente le problème sous forme de fréquences, on peut réduire l'ampleur des biais (Gigerenzer [1991]). De ce fait, il est difficile de parler d'erreurs systématiques. Par ailleurs, les biais observés peuvent être considérés comme des artefacts expérimentaux : la validité externe de la plupart des expériences réalisées⁶n'étant pas assurée, il n'est pas valable de conclure quant à des biais systématiques.

La critique méthodologique porte sur la nature des heuristiques définies par Kahneman et Tversky. Selon Gigerenzer [1996], ces heuristiques sont vagues et ont peu de pouvoir explicatif. L'auteur recommande de mettre l'accent sur les processus cognitifs en jeu dans le cadre de jugement dans l'incertain, et ce, de manière plus précise et rigoureuse⁷.

Enfin, la critique est normative : il n'est pas approprié de caractériser certains biais comme étant des « erreurs ». En effet, pour les fréquentistes, il n'existe pas de normes appropriées pour le jugement d'événements singuliers car considérer

5. L'expérience-type qui met en évidence cette heuristique est la suivante : des étudiants devaient calculer, en 5 secondes, une expression numérique. Un groupe devait calculer $8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$ tandis qu'un autre groupe devait calculer $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8$. Dans les deux cas, l'ajustement était insuffisant (respectivement l'estimation médiane était de 2250 et 512 alors que le résultat véritable de l'opération est 40230).

6. C'est-à-dire le manque de lien entre la réalité et les expériences.

7. C'est, par ailleurs, ce que Gigerenzer propose dans son approche "*fast and frugal*" que nous développons dans la partie 2.1.3.

la probabilité d'un tel événement n'a pas de sens. Par ailleurs, selon Gigerenzer, les statistiques, érigées comme normes par le programme d'heuristiques et biais, ne « parlent pas d'une seule voix » car il n'existe pas une seule et unique école de pensée théorique. Remarquons que dans notre étude, cette critique est rejetée puisque nous supposons un bayésianisme épistémique.

2.1.3 L'approche “*fast and frugal*” : des heuristiques qui conduisent à des décisions satisfaisantes voire optimales

Les années 1990 ont donné naissance à un nouveau programme de recherche : l'approche des heuristiques “*fast and frugal*”⁸(Gigerenzer, Todd, and the ABC-Group, [1999]). Celle-ci se fonde sur l'idée que le comportement humain ne se comprend qu'à travers la relation entre l'organisme et son environnement. L'idée est la suivante : l'homme dispose d'un ensemble d'heuristiques et d'outils cognitifs adapté à l'environnement dans lequel il se trouve. Ces outils adaptatifs exploitent les régularités de l'environnement et les capacités cognitives humaines.⁹ L'individu ne fonde ses jugements qu'à partir d'une caractéristique (la plus pertinente) et de son occurrence au sein de la catégorie étudiée : c'est ce qui est appelé la “validité des signaux”.

Ce type d'outil d'estimation est rapide (les fréquences sont faciles d'accès) et

8. Les heuristiques sont considérées comme des raccourcis mentaux rapides (“*fast*”) et peu coûteux (“*frugal*”).

9. Les outils adaptatifs sont caractérisés par trois règles : une règle de recherche (« *searching rule* »), une règle de fin (« *stopping rule* ») et une règle de décision (« *decision rule* ») (Gigerenzer *et al.* [1999]). La règle de recherche prescrit la façon dont les informations sont collectées dans l'environnement. Celle de fin indique le moment où la recherche d'informations doit se finir. Enfin, la règle de décision dicte la façon dont le jugement final doit être opéré. Ces trois règles sont déterminées de telle sorte que la vitesse, la « frugalité » et la justesse de l'outil adaptatif soient maximisées.

L'approche “*fast and frugal*” suggère que les probabilités estimées soient déterminées par la « validité des signes », en anglais la « *cues-validity* » (Gigerenzer *et al.* [1991], [1999]). La validité des signaux de la caractéristique j d'une catégorie A est définie de la manière suivante :

$$cv_j(A) = \frac{n(\text{caractéristique}_j \cap A)}{n(\text{caractéristique}_j)}$$

où $n(\text{caractéristique}_j)$ est la fréquence de la caractéristique dans l'environnement et $n(\text{caractéristique}_j \cap A)$, la fréquence de la catégorie A caractérisée par j .

Si $cv_j(A)$ est élevée, la plupart des objets caractérisés par j appartiennent à la catégorie A . Cet indice est lié aux probabilités : si la probabilité qu'un objet appartienne à la catégorie A est élevée, c'est que $cv_j(A)$ est élevée.

Ainsi, considérons un individu qui doit estimer la probabilité qu'un événement X appartienne à une catégorie A ou une catégorie B (avec $A \cap B = \{0\}$). Cet individu crée alors un modèle mental d'estimations à partir des trois règles décrites précédemment. La règle de recherche serait la suivante : les caractéristiques sont ordonnées de la cv la plus élevée à la plus faible. Il s'agit alors de chercher la cv la plus élevée. La recherche s'arrête dès lors que la cv la plus élevée est trouvée (règle de fin). Enfin, l'individu estime la probabilité en se fondant uniquement sur la cv la plus élevée. La probabilité estimée que X appartienne à A prend la valeur de la cv la plus élevée.

frugal¹⁰. Certaines études montrent que, dans le cas de situations complexes, les individus adoptent des stratégies orientées sur certains des signaux les plus pertinents (Ford, Schmitt, Schechtman, Hults et Doherty [1989], Skov & Sherman [1986], Trope & Bassak [1983]). Cependant, la critique tient du fait que, selon certaines expériences (e.g., Newell et Shanks [2003], Rakow, Hinvest, Jackson, et Palmer [2004], Rakow, Newell, Fayers et Hersby [2005]), les individus ont quelques difficultés à ordonner correctement les validités de signaux.

Nous voyons donc qu'à une conception absolue de la rationalité normative où l'homme est un statisticien par nature succède une conception plus relative. L'idée importante à retenir de l'évolution de l'analyse du jugement humain est que la rationalité présumée des individus est en réalité limitée par des biais cognitifs. Dans notre étude, nous nous concentrons sur ces biais cognitifs et notamment sur l'approche par heuristiques et biais de Kahneman et Tversky. Plus particulièrement, il s'agit d'étudier l'une des heuristiques définie par ces auteurs, l'heuristique de représentativité, qui permettrait d'expliquer plusieurs biais.

2.2 L'heuristique de représentativité

Pour bien comprendre ce que Kahneman et Tversky appelle « l'heuristique de représentativité » (« *representativeness* »), l'un de leurs résultats est assez parlant : c'est celui de l'expérience du jeu de pile ou face. Les auteurs [1973] proposent aux participants les suites de Pile (**P**) et Face (**F**) suivantes : **P F P F F P** et **F F F P P P**. Les sujets considèrent très majoritairement que la première séquence est plus « probable » que la seconde. Pourtant, en réalité, les probabilités sont les mêmes puisque l'on a une chance sur deux de tomber sur pile ou face¹¹. Comment expliquer cette erreur ? En réalité, l'idée est simple : le fait de lancer une pièce doit donner un ordre aléatoire des côtés pile et face. Or, la première suite apparaît comme plus aléatoire que de la seconde. En d'autres termes, la première séquence est plus « représentative » de la probabilité de tomber sur pile ou face.

Dès lors, on sent bien que parler de « représentativité », c'est renvoyer à la notion de « similitude ». Un échantillon est alors considéré comme « représentatif » dès lors qu'il possède un certain degré de similitude avec la population d'où il a été extrait¹². L'heuristique de représentativité se fonde sur cette idée :

10. L'estimation ne se fonde que sur la *cv* d'une caractéristique

11. La véritable probabilité est : $P(PFPFFP) = P(FFFPPP) = (\frac{1}{2})^2$

12. Kahneman et Tversky [1972] définissent l'heuristique de la manière suivante : « *The subjective probability of an event, or a sample, is determined by the degree to which it : (i) is similar in essential characteristics to its parent population ; and (ii) reflect the salient features of the process by which it is generated* ». L'heuristique repose sur le lien entre un objet et une catégorie.

individus jugent de l'appartenance d'un échantillon à partir de sa ressemblance avec la population dont il a été extrait. L'exemple des séquences de pile et face est clair et l'on comprend bien que c'est parce qu'une séquence semble aléatoire, sans semblant d'ordre, que les individus considèrent qu'elle est représentative du jeu de pile ou face. Mais Kahneman et Tversky étendent cette notion de ressemblance à des phénomènes plus sociaux tels que l'appartenance d'une personne à un groupe social. Ainsi, lorsqu'on présente une description stéréotypée d'un personnage fictif, les individus se fondent principalement sur la ressemblance à un groupe social pour émettre leurs jugements. La notion d'heuristique de représentativité est, dans ce cas, beaucoup plus vague. Voyons plus en détails les différents cas d'application de cette heuristique.

2.2.1 La taille de l'échantillon

L'heuristique de représentativité nous fait parfois ignorer certaines informations, en particulier la taille de l'échantillon. C'est ce qui se produit notamment dans l'exemple des séquences de Pile et de Face. Si Kahneman et Tversky [1971] admettent que l'on a tendance à croire à la loi des grands nombres, c'est-à-dire la loi selon laquelle les grands échantillons sont représentatifs de l'échantillon d'où ils ont été extraits, il arrive que les individus commettent l'erreur des petits nombres ou « loi des petits nombres ». Dans ce cas, on affirme que les petits échantillons sont représentatifs de la population d'où ils ont été extraits. Or, les séquences de pile et face considérées (**P F P F F P** et **F F F P P P**) sont de petits échantillons. Pour les individus, même ces petits échantillons doivent être représentatifs de l'idée d'obtenir aléatoirement pile ou face. C'est pour cela qu'en commettant l'erreur des petits nombres, la plupart des individus estiment que la première séquence est plus probable que la seconde.

Une autre expérience de Kahneman et Tversky [1972] met en évidence cette « loi des petites nombres ». Le problème posé est le suivant :

Une ville toute proche est desservie par deux hôpitaux. Environ 45 nouveau-nés naissent chaque jour dans l'hôpital le plus grand. Environ 15 nouveau-nés naissent chaque jour dans l'hôpital le plus petit. On sait que parmi tous ces nouveau-nés, il y a approximativement 50% de garçons. Mais le pourcentage exact de ces garçons nouveau-nés pourra varier d'un jour à l'autre. Certains jours, il peut être supérieur à 50%, d'autres jours il peut être inférieur à 50%. Pendant une année, le grand hôpital et le petit hôpital ont enregistré le nombre de jour au cours desquels plus de 60% des naissances étaient constituées de garçons. Quel est selon vous l'hôpital qui a enregistré le plus grand nombre de jours de ce type ?

- a) Le plus grand hôpital.
- b) Le plus petit hôpital.
- c) A peu près pareil pour les deux (dans une fourchette de 5%).

56% des étudiants interrogés ont répondu « A peu près pareil ». Autrement dit, la majorité des participants a estimé que la probabilité d'annoncer qu'en une journée au moins 60% des naissances étaient constituées de garçons était la même pour un grand et un petit hôpital. Cette majorité a donc ignoré la taille des échantillons. Mais, les écarts par rapport à une proportion sont plus vraisemblables dans un petit échantillon : il est par exemple plus étonnant de voir naître 40 garçons nouveau-nés sur 45 nouveau-nés que 13 sur 15 en un jour. Pourtant, il s'agit dans les deux cas d'environ 90% des nouveau-nés. La réponse devrait donc être la réponse b.

Dans le cas de la « loi des petits nombres », on voit bien le pouvoir explicatif de l'heuristique de représentativité. L'attrait de cette heuristique pousse les individus à ignorer certaines informations (ici, la taille de l'échantillon) et à ne chercher que des correspondances, des similitudes entre échantillon et population.

2.2.2 Le biais de conjonction

Le biais de conjonction consiste à violer la règle de conjonction de la théorie des probabilités. Cette règle stipule que la probabilité de conjonction de deux événements A et B ne peut être supérieure à la probabilité de A ou B c'est-à-dire :

$$A \cap B \subseteq A \Rightarrow P(A \cap B) \leq P(A)$$

Ce biais a été mis en évidence par Kahneman et Tversky [1983] dans le fameux problème de Linda :

Linda a 31 ans, célibataire, elle a son franc-parler et est très brillante. Elle a obtenu une licence en philosophie. Lorsqu'elle était étudiante, elle se sentait profondément concernée par les problèmes de discrimination et de justice sociale. Elle a participé à plusieurs manifestations anti-nucléaires.

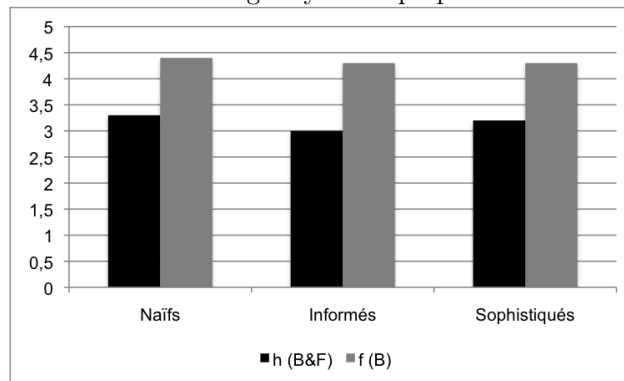
Il s'agit maintenant de classer les huit propositions suivantes en fonction de leur vraisemblance dans la description qu'elles donnent de Linda. Pour ce faire, attribuez un rang d'indice 1 - proposition la plus probable - jusqu'à un rang d'indice 8 - proposition la moins probable - :

- a) Linda est enseignante dans une école élémentaire.
- b) Linda travaille dans une librairie et suit des cours de yoga.
- c) Linda participe activement au mouvement féministe.
- d) Linda est assistante sociale en psychiatrie.
- e) Linda est membre de la ligue du droit de vote des femmes.
- f) Linda est une employée de banque.

- g) Linda est représentante dans une maison d'assurance.
- h) Linda est une employée de banque et participe activement au mouvement féministe.

Ce problème est présenté à trois catégories de participants : des étudiants ayant des connaissances très limitées en statistiques (le groupe naïf), des étudiants ayant déjà suivi quelques cours de statistiques (groupe informé) et des étudiants doctorants en science de la décision (groupe sophistiqué). Chacun des groupes a dû classer les huit propositions en fonction de leur degré de probabilité (de 1 à 8 où l'indice 1 correspond à la proposition la plus probable).

FIGURE 2.1 – Rang moyen des propositions f et h



Note.

B&F correspond à l'événement de la proposition h : « Linda est employée de banque et participe activement au mouvement féministe ».

B correspond à l'événement de la proposition f : « Linda est employée de banque ».

On constate que pour tous les groupes, l'assertion « Linda est une employée de banque et participe activement au mouvement féministe » est, en moyenne, systématiquement estimée comme étant plus probable que l'assertion « Linda est une employée de banque ». Même les individus sophistiqués, c'est-à-dire très familiarisés avec la théorie des probabilités, violent la règle de conjonction. La plupart des participants jugent donc que la probabilité de la conjonction de deux événements est plus importante que celle d'un des deux événements constitutifs : c'est le biais de conjonction.

Selon Kahneman et Tversky, ce biais est dû à l'heuristique de représentativité. Les individus estiment que Linda est plus probablement « employée de banque » et « féministe » parce que la description qui est faite d'elle est très représentative de la catégorie « féministe » : elle est « célibataire », « elle a son franc-parler », « licenciée en philosophie », elle est « concernée par les problèmes

de discrimination et de justice sociale », et de surcroît, elle milite contre le nucléaire. Tous ces éléments correspondent bien, voire parfaitement, au stéréotype d'une féministe. La proposition « employée de banque » et « féministe » apparaît alors comme plus plausible, bien qu'elle soit statistiquement moins probable.

La critique fréquentiste

La critique fréquentiste nie l'existence d'un tel biais. Selon Gigerenzer [1991], le problème du biais de conjonction n'a rien à voir avec un problème de probabilité puisqu'il concerne le jugement d'un événement singulier (« Linda est une employée de banque »). Or, pour les fréquentistes, parler de la probabilité d'un événement singulier n'a aucun sens puisque la probabilité d'un événement dépend de sa fréquence. C'est après plusieurs occurrences d'un événement que l'on peut en déduire sa probabilité. C'est pourquoi le problème de Linda n'est pas, selon les fréquentistes, un problème pertinent. Le biais de conjonction serait alors une violation de la théorie bayésienne, et non de la conception fréquentiste des probabilités.

Que propose Gigerenzer pour justifier son propos ? Selon lui, un remaniement de l'expérience de Linda en modifiant la formulation du problème sous forme fréquentiste permet de diminuer significativement le biais de conjonction :

- 100 personnes correspondent à la description de Linda. Parmi elles, combien sont :
- a) employées de banque.
 - b) employées de banque et participent au mouvement féministe.

Fiedler [1988] propose d'étudier la robustesse du biais de conjonction. Selon lui, les individus sont conscients que la probabilité d'une conjonction d'événements ne peut être plus élevée que la probabilité d'un de ses constituants. Si l'erreur est commise, c'est que les questions posées détournent les individus de la structure logique sous-jacente. Présenter le problème sous forme de fréquence permet de diminuer le pourcentage d'erreurs. La table 1 résume les différents résultats obtenus par les expériences de Kahneman et Tversky, d'une part, et celles de Fiedler, d'autre part :

TABLE 1 – Violation de la règle de conjonction dans les différentes formes de l'expérience de Linda

Problème de Linda	N	Violation de la règle de conjonction (en %)
<i>Versions à événement singulier</i>		
Tversky et Kahneman [1983] Laquelle est la plus probable ?	142	85
Classement des 9 propositions en fonction de la probabilité	119	82
Classement des 2 alternatives (A et A&B) en fonction de la probabilité	75	57
Paris hypothétiques	60	56
Fiedler [1988] Classement des 9 propositions en fonction de la probabilité	44	91
<i>Versions à fréquences</i>		
Fiedler [1988] Combien parmi 100 individus ?	44	22
Combien parmi X individus ?	23	17

Note. Fiedler a réalisé l'expérience avec fréquences sous deux formes : dans la première, la taille de la population est 100, dans la seconde, la taille de la population varie.

Ces résultats confirment la thèse de Gigerenzer : les individus commettent moins souvent l'erreur de conjonction lorsque le problème est posé sous la forme de fréquence. Pourtant, une telle critique est limitée par le fait que, dans la réalité, il n'est pas systématique que l'individu soit face à des problèmes posés en termes de fréquences.

La critique sémentique

Une autre critique est imputable à une mauvaise interprétation de la formulation du problème. Dans l'expérience de Linda, les participants ne sont pas informés qu'il s'agit d'un problème mathématique. Les individus n'entendent pas le terme « probabilité » dans son sens mathématique (Hertwig et Gigerenzer [1999]). C'est pourquoi les individus commettent l'erreur de conjonction :

étant donné que le problème n'est pas traité mathématiquement, il ne peut y avoir d'erreur. Par contre, le terme de « fréquence » a une dimension éminamment mathématique, ce qui expliquerait que les individus respectent plus la règle de conjonction. Encore une fois, cette critique n'en est pas vraiment une : les situations courantes nous confrontent au terme de « probabilité », sans que nous soyons informés de sa teneur mathématique.

2.2.3 La négligence des taux de base

Comme on l'a expliqué plus tôt, l'heuristique de représentativité incite à faire abstraction d'autres types d'informations. Elle peut amener notamment à ignorer ce qu'on appelle en théorie des probabilités les *a priori*, c'est-à-dire la probabilité qu'un événement se produise avant d'obtenir des informations supplémentaires quant à son occurrence. Ce biais de négligence de la probabilité *a priori* a été mis en évidence par l'expérience des ingénieurs et des avocats de Kahneman et Tversky [1973a] :

Un comité de psychologues a interrogé et soumis à des tests de personnalité un échantillon de 30 ingénieurs et 70 avocats menant une carrière professionnelle couronnée de succès. Les informations recueillies ont permis ensuite de rédiger une description concise de chacun des 30 ingénieurs et 70 avocats. Vous trouverez sur les formulaires qui vous seront remis cinq descriptions choisies au hasard parmi les cent disponibles. Pour chacune d'entre elles, veuillez indiquer par un nombre compris entre un et cent la probabilité que la personne correspondante soit un ingénieur.

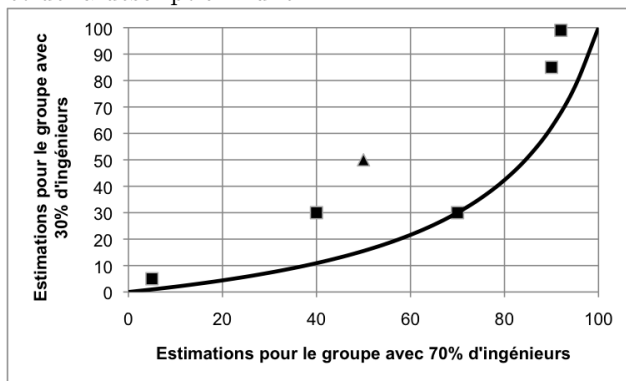
Voici deux exemples de profils proposés :

Jack est âgé de quarante-cinq ans. Il est marié et père de quatre enfants. De tendance plutôt conservatrice, il est prudent et ambitieux. Peu intéressé par la vie politique et les débats de société, il consacre la plupart de son temps libre à ses nombreux loisirs, parmi lesquels figurent la menuiserie, la voile et les énigmes mathématiques.

Dick, âgé de trente ans, est marié et n'a pas d'enfant. Très doué et motivé, il est promis à une brillante carrière.

L'expérience est ensuite répétée avec un deuxième groupe en inversant les proportions d'ingénieurs et d'avocats dans l'énoncé, sans changer les descriptions. Les résultats sont les suivants : quelle que soit la description considérée, les deux groupes estiment à peu près la même probabilité que le personnage décrit soit un ingénieur, et ce, malgré les différences de proportions de l'échantillon (cf. figure 2.2).

FIGURE 2.2 – Estimation des probabilités médianes (pour les ingénieurs) des 5 descriptions et de la description nulle



Note. La courbe correspond aux prédictions bayésiennes réallisées à partir des estimations pour le groupe avec 70% d'ingénieurs.

Le point de coordonnées (70, 30) correspond à l'estimation médiane des deux groupes pour la description nulle (c'est-à-dire que les auteurs ne fournissent aucune description) : les taux de base sont respectés dans ce cas. Pour les 5 descriptions, les estimations semblent ne pas prendre en compte les taux de base puisqu'elles sont presque identiques quel que soit le groupe considéré.

Pour Kahneman et Tversky, cette expérience est à relier directement au théorème de Bayes. En effet, si les participants avaient correctement appliqué la règle de Bayes, les différences de proportions indiquées aux deux groupes devraient conduire à des résultats différents. Les auteurs ont notamment calculé les prédictions bayésiennes à partir des estimations du groupe à 70% d'ingénieurs¹³. En particulier, les résultats des estimations pour le profil de Dick (triangle sur la figure 2.2.) sont étonnants. Les auteurs ont créé le profil de Dick en ayant pour intention de créer un personnage non stéréotypé et dont les caractéristiques ne seraient pas représentatives de l'une ou l'autre profession. Pourtant, l'estimation médiane des deux groupes est de 50%. En lisant ce résultat, on a bien l'impression que, puisque la description est relativement neutre, il y a une chance sur deux que Dick soit un ingénieur. C'est pourtant négliger la proportion

13. Formellement, les prédictions bayésiennes sont établies de la façon suivante. A partir de l'estimation $p_{70}(I | D)$, c'est-à-dire la probabilité estimée que la personne décrite par la description D soit ingénieur sachant que le taux de base est de 70% pour les ingénieurs, les auteurs calculent $p_{30}^*(I | D)$, la valeur prédite de l'estimation pour le taux de base à 30% d'ingénieurs, grâce aux équations :

$$p_{70}(I | D)/(1 - p_{70}(I | D)) = L \frac{0,7}{0,3}$$

$$p_{30}(I | D)/(1 - p_{30}(I | D)) = L \frac{0,3}{0,7}$$

où L est le ratio de vraisemblance ; 0,7 et 0,3 sont les taux de bases. Il est alors possible d'exprimer $p_{30}(I | D)$ en fonction de $p_{70}(I | D)$.

d'ingénieurs dans l'échantillon.

La critique fréquentiste

Dans le cas de l'expérience des avocats et des ingénieurs, la critique fréquentiste de Gigerenzer [1991] porte sur la structure du problème posé : correspond-elle à la structure sous-jacente à l'application de la règle de Bayes ? Selon Gigerenzer, on ne peut appliquer à un tel problème la mécanique du théorème de Bayes, et ce, en particulier, du fait de la fragilité de certaines hypothèses. Les individus négligent les taux de base, non pas parce qu'ils usent de l'heuristique de représentativité, mais du fait de leur représentation interne du problème à partir de laquelle il n'est pas possible d'appliquer le théorème de Bayes.

La première hypothèse que Gigerenzer remet en cause est celle d'échantillon aléatoire : les descriptions « tirées » de l'échantillon sont en réalité montées de toutes pièces. Autrement dit, puisque les descriptions ne sont pas réellement tirées aléatoirement mais sélectionnées, considérer les taux de base n'est pas pertinent dans le processus de jugement. Comment remédier à ce problème ? Gigerenzer, Hell et Blank [1988] proposent de parfaire l'hypothèse d'échantillon aléatoire en engageant le participant dans le processus de tirage des descriptions.¹⁴ Ils réalisent deux expériences : l'une où les participants sont informés que les descriptions sont tirées aléatoirement (comme dans l'expérience de Kahneman et Tversky) et l'autre où les participants tirent eux-même les descriptions. Les résultats concernant les moyennes des estimations obtenues pour les descriptions de Jack et Dick ainsi que les déviations par rapport aux prédictions bayésiennes sont résumés dans la table 2.

On constate que, lorsque les participants tirent eux-même les descriptions, la négligence des taux de base est plus faible (puisque la différence entre la moyenne des estimations des deux types de taux de base est plus élevée pour le groupe qui tire les descriptions) , tout comme la déviance par rapport à la norme bayésiennes.

14. Les auteurs remplissent six urnes de papiers où il est indiqué une description et la profession de la personne décrite. L'expérience est réalisée de telle sorte que les participants ne peuvent voir directement à quelle profession la description est associée. Chaque urne respecte les proportions de l'échantillon (par exemple 30 ingénieurs et 70 avocats) et ne contient qu'un type de description. Ainsi, les participants tirent dans chacune des urnes une description et doivent juger de la profession de la personne décrite dans chaque description (il y a donc six descriptions au total). Grâce à ce design expérimental, il n'y a pas de risque que les participants tirent plusieurs fois la même description.

	EAA				EAT			
	Moyennes		Dév. par rapport à la préd.		Moyennes		Dév. par rapport à la préd.	
	30	70	NTB ¹	Bayes ²	30	70	NTB	Bayes
Jack	71,4	81,3	1,2	30,3	64,4	79,5	15,1	7,8
Dick	60	61,2	40,8	-3,8	55,6	73,4	17,8	13,8

TABLE 2 – Estimation moyenne de la probabilité que la personne décrite soit un ingénieur (en %) et déviation par rapport aux prédictions

Note. EAA : Echantillon aléatoire annoncé; EAT : Echantillon aléatoire tiré; Dév. par rapport aux préd. : déviation par rapport aux prédictions.

¹ *Négligence des taux de base : différence entre la moyenne des estimations du groupe à 70 avocats et celles du groupe à 30 avocats*

² *Déviation par rapport à la prédiction bayésienne : différence entre la moyenne des estimations du groupe à 30 avocats et les prédictions bayésiennes réalisées à partir des résultats du groupe à 70 avocats*

3 Un modèle de perception séquentielle

La littérature sur la question des biais de jugement, issue majoritairement de la psychologie, montre que, plus ou moins systématiquement, les individus commettent des erreurs dans leurs jugements. La théorie économique a tout intérêt à prendre en considération ce type de résultats. Mais elle y gagnerait encore plus à parvenir à modéliser solidement de tels biais. Etablir une théorie de la rationalité limitée ne se résume pas à établir une liste d’heuristiques. Il est nécessaire de formaliser ces hypothèses. Les apports de la psychologie ne sont bien entendu pas vains : il s’agit seulement de les mettre en forme mathématiquement. En ce sens, nous envisageons un modèle où l’on fait l’hypothèse d’une séquentialité de la perception humaine sur laquelle repose une théorie de la rationalité limitée. Quels sont les fondements de ce type de théories ? Comment modéliser les différents biais de jugement commis par les agents ? Pour ce faire, nous nous fonderons sur le modèle d’incertitude dynamique développé par Lévy-Garboua [2004].

3.1 La perception séquentielle

Détaillons dans un premier temps les hypothèses qui font de l’homme un agent doté d’une rationalité limitée. Celle-ci s’explique par une perception séquentielle d’images mentales.

3.1.1 La perception séquentielle d'images mentales

Le point de départ de notre théorie de la rationalité limitée est l'idée que nous percevons des images mentales, c'est-à-dire une représentation cérébrale mémorisée ou imaginée d'un objet physique, d'un concept, d'une idée ou d'une situation. Ces images mentales nous parviennent en séquences. Autrement dit, notre cerveau ne traite pas simultanément toutes les informations que nous recevons : « le moi n'est pas représenté par cet infâme homoncule, ce petit personnage à l'intérieur de notre cerveau, regardant les images formées par ce dernier et réfléchissant à leur sujet » (Damasio [1995]). Ceci n'est pas une simple hypothèse, les progrès de la neuro-imagerie permettent de visualiser ce phénomène sur des écrans d'ordinateur. C'est pourquoi la rationalité des agents est à la fois procédurale et bornée, au sens de Simon [1955, 1976].

3.1.2 Rationalité limitée et jugement de probabilité

Partant de la séquentialité des perceptions, les biais cognitifs peuvent s'expliquer par les modalités du traitement de l'information au cours du processus de décision. La perception séquentielle d'images aboutit à une rationalité limitée au sens de Simon. L'homme traite les informations les unes après les autres, et certaines d'entre elles, les informations dites saillantes, lui viennent plus facilement à l'esprit.

De ce fait, les biais cognitifs, induit par des heuristiques selon Kahneman et Tversky, ne sont pas dus à un manque de rationalité mais à l'incertitude dynamique dans laquelle est plongé l'homme. L'hypothèse est donc bien celle d'un individu bayésien qui est limité dans le processus de jugement. En d'autres termes, s'il lui était possible de traiter toutes les informations simultanément, l'homme raisonnerait tel le statisticien idéal supposé initialement par Peterson, Beach ou Edwards.

3.2 Le poids des impressions

C'est parce que l'homme est soumis à « l'incertitude dynamique » qu'il fonde ses jugements sur des informations plus facilement accessibles à la mémoire, et pas seulement sur des calculs normatifs longs, coûteux et complexes. Dans cette partie, nous détaillons le processus de jugement grâce à la notion « d'impression ».

3.2.1 Jugement de probabilités et poids des impressions

Du fait de la séquentialité des perceptions et de l'incertitude dynamique dans laquelle il se retrouve, l'homme fonde ses jugements à la fois sur une valeur normative de la probabilité qui est cohérente avec ce que nous appelons bayésianisme, mais qui n'est calculée et appréhendée que partiellement ; mais aussi, sur des impressions non normatives qui sont, elles, immédiatement disponibles. En effet, les informations les plus accessibles à la mémoire, les plus récentes ou les plus saillantes influencent les jugements, et ce, de manière disproportionnée par rapport aux prédictions de la théorie normative. Le lien avec l'heuristique de disponibilité de Kahneman et Tversky est immédiat : les individus fondent leur jugement sur des images qui sont plus souvent perçues que d'autres. Mais il est aussi relié à l'heuristique de représentativité : l'homme cherche des similitudes avec ce qu'il connaît, ce qui l'a marqué.

Le processus de jugement repose donc à la fois sur une perception partielle de la valeur normative et sur l'impression qu'un événement appartient à une catégorie. Le processus d'estimation de l'événement A par l'individu i est :

$$Estim(A) = \theta_i(\text{valeur normative de } A) + (1 - \theta_i)Im(A)$$

où θ_i correspond à la précision de la valeur normative et $(1 - \theta_i)$ correspond à la précision de l'impression.

Ce modèle permettrait d'expliquer les biais cognitifs que nous avons étudiée dans la partie 2.2. et formaliserait le processus cognitif de jugement ¹⁵.

On suppose par ailleurs la propriété de complémentarité des estimations :

15. Lévy-Garboua [2004] a ainsi pu expliquer, grâce à ce modèle, les résultats obtenus dans l'expérience de Kahneman et Tversky [1974] mettant en évidence l'effet d'ancrage et d'ajustement. Rappelons que des lycéens devaient effectuer un calcul mental impossible en 5 secondes, c'est-à-dire le produit des huit premiers chiffres présentés au premier groupe dans l'ordre croissant et, au deuxième groupe dans l'ordre décroissant. L'explication par notre modèle théorique consiste à dire que les sujets perçoivent très vaguement la valeur normative des deux produits :

$$v_n = 40320$$

Les individus fondent aussi leur jugement sur la valeur immédiate qui dépend de l'ordre de présentation :

$$1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 = 120 \text{ pour le premier groupe}$$

$$8 \times 7 = 56 \text{ pour le second groupe}$$

Mais ils attribuent une précision plus élevée à un calcul basé sur le produit de cinq chiffres (i.e. 95%) qu'à un calcul basé sur le produit de deux chiffres (i.e. 90%). La précision est fonction du nombre de multiplications effectuées. D'où les estimations :

$$- \text{Groupe 1 : } 120 \times (.99) + 40320 \times (.01) = 522$$

$$- \text{Groupe 2 : } 56 \times (.95) + 40320 \times (.05) = 2069$$

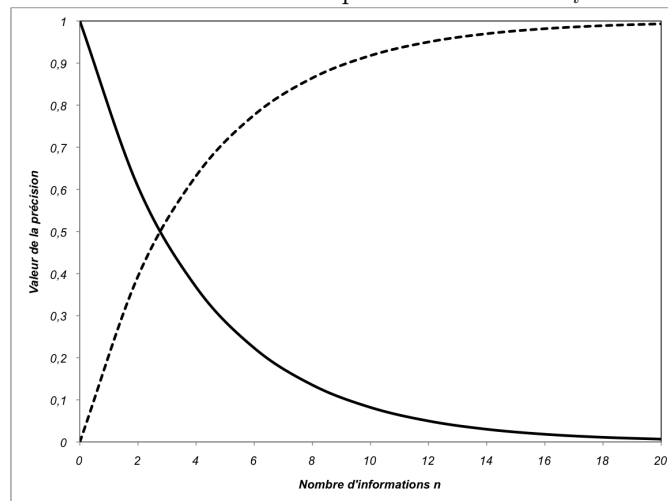
Ces deux estimations sont très proches des valeurs observées, respectivement 512 et 2250.

$$Estim(A) = 1 - Estim(\bar{A})$$

Quel est la nature du θ_i ? Il s'agit d'une précision qui dépend du nombre d'informations n prises en compte par l'impression. Plus le nombre d'informations est important, plus le calcul normatif est complexe. Le poids de la valeur normative est donc plus faible. *A contrario*, un n important suppose que l'impression est plus forte. Son poids est donc plus important. De ce fait, la précision est exogène à l'individu. Il est possible de résumer ces hypothèses ainsi :

- $\theta_i(n)$ est une fonction décroissante de n comprise entre 0 et 1.
- La forme de la fonction θ_i peut différer selon l'individu i . En effet, il se pourrait que le niveau d'études ou les capacités cognitives d'un individu jouent sur la forme du θ_i .

FIGURE 3.1 – Exemple d'une fonction θ_i



Note. La courbe noire correspond à la fonction θ_i . La courbe en pointillés correspond à la fonction $(1 - \theta_i)$.

Remarquons enfin que, bien que nous parlions d'impressions non normatives, il se peut que la valeur normative et l'impression soient corrélées. Plus cette corrélation est forte, moins l'individu commet d'erreurs.

3.2.2 Qu'est-ce qu'une impression ?

Saint Thomas expliquait : « Je ne crois que ce que je vois ». Cette simple phrase est plus porteuse de sens qu'il n'y paraît : l'homme a souvent du mal à

croire ce que d'autres gens nous disent avoir vu, même s'il s'agit de gens à qui nous accordons une grande confiance. Pour se persuader des faits, nous devons les voir, les entendre, les sentir ou les toucher. De ce fait, nous succombons à nos impressions, au sens d'empreintes, de marques laissées.

Qu'entendons-nous par impressions ? Il s'agit d'une image mentale qui nous a marqués, que l'on associe facilement et rapidement à des idées, des phénomènes ou des événements. Ces impressions sont des cognitions contextuelles sans valeur normative. Pourtant, l'homme fonde son jugement en partie sur ces impressions. L'impression est à rapprocher de la notion d'illusion, chère à Kahneman et Tversky [1986] :

« Dans la persistance de leur attraction, les effets de cadrage¹⁶ ressemblent plus à une illusion d'optique qu'à des erreurs de calcul. »

Comme l'illusion, l'impression aboutit à une perception déformée de la réalité. L'idée est que les incitations pécuniaires peuvent forcer à l'attention mais on ne peut pas dissiper une illusion ou une impression.

Il est possible de définir une fonction « impression » Im de l'événement A qui constitue une formalisation de l'heuristique de représentativité. Cette fonction dépend de trois types d'informations : des informations stéréotypées de l'événement A , des informations stéréotypées de l'événement \bar{A} et des informations neutres N . Les informations stéréotypées constituent les éléments de similarités d'un objet avec la population dont il est issu. Plusieurs hypothèses sont nécessaires.

- Pour tout événement A d'un univers Ω , $Im(A) = 1 - Im(\bar{A})$
- Pour tout événement A d'un univers Ω :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{si les informations sont de type } A \text{ alors } Im(A) = 1 \\ \text{si les informations sont de type } \bar{A} \text{ alors } Im(\bar{A}) = 1 \\ \text{si les informations sont de type } N, \text{ alors } Im(A) = Im(\bar{A}) = \frac{1}{2} \end{array} \right.$$

Autrement dit, si les informations sont seulement stéréotypées, l'impression est entièrement orientée vers le stéréotype. Mais si les informations sont neutres, l'individu a le sentiment qu'il y a autant de chances que l'impression renvoie à l'événement A ou l'événement \bar{A} .

Si les sources d'informations sont multiples, les valeurs de $Im(A)$ sont intermédiaires.

$Im(A)$ est le barycentre de ses valeurs extrêmes définies lorsqu'il n'y a qu'une source d'information :

¹⁶. L'effet de cadrage correspond à une modification de la décision après une modification de la présentation d'un problème, sans en modifier son contenu.

$$Im(A) = \frac{0 \times n_{\bar{A}} + \frac{1}{2} \times n_N + 1 \times n_A}{n}$$

et :

$$Im(\bar{A}) = \frac{0 \times n_A + \frac{1}{2} \times n_N + 1 \times n_{\bar{A}}}{n}$$

L'important, afin de comprendre le rôle des impressions dans le processus de jugement des probabilités, est de bien définir les informations stéréotypées et les informations neutres. Cette tâche n'est pas toujours évidente, mais elle est essentielle.

3.3 Un modèle permettant d'expliquer l'heuristique de représentativité

3.3.1 La taille de l'échantillon

Reprenons l'expérience des séquences de pile et de face d'une pièce. Pour Kahneman et Tversky, l'erreur des participants s'explique par la « représentativité » de la séquence de la véritable probabilité qu'une pièce tombe sur pile ou face. Grâce à notre modèle, il est possible d'expliquer ce phénomène plus rigoureusement. L'impression à considérer est l'impression d'aléatoire, qui s'oppose à l'impression d'ordre. Ainsi, l'estimation de la probabilité d'une séquence de pile et face dépend de cette impression que la séquence est aléatoire. L'information stéréotypée de l'événement « la séquence est aléatoire » est l'alternance **P-F** (ou **F-P**) tandis que l'information stéréotypée de l'événement « la séquence est ordonnée » correspond à tous les jets de pièce qui n'aboutissent pas à une alternance, autrement dit, **F-F** ou **P-P**. Dans cet exemple, il n'y a pas d'information neutre. La fonction Im est donc définie de la manière suivante :

$$Im(\text{séquence aléatoire}) = \frac{\text{nombre d'alternances } P - F \text{ ou } F - P}{\text{nombre d'alternances total}}$$

$$Im(\text{séquence ordonnée}) = \frac{\text{nombre d'alternances } P - P \text{ ou } F - F}{\text{nombre d'alternances total}}$$

Remarquons que les hypothèses du modèle sont respectées.

Le problème posé suppose de déterminer quelle est la séquence la plus probable. Il faut donc prendre en compte $Im(\text{séquence aléatoire})$.

On obtient donc les estimations suivantes :

$$Estim(PFPFFP) = \frac{1}{2}\theta_i + (1 - \theta_i)\frac{4}{5}$$

$$Estim(FFFPPP) = \frac{1}{2}\theta_i + (1 - \theta_i)\frac{1}{5}$$

Remarquons que le θ_i est identique pour les deux estimations puisque le nombre total d'alternances est le même.

On obtient donc :

$$Estim(PFPFFP) \geq Estim(FFFPPP)$$

Le faible pourcentage d'individus qui ne commettent pas l'erreur s'explique par des θ_i équivalents à 1.

3.3.2 Le biais de conjonction

Le problème mettant en évidence le biais de conjonction cache une subtilité. En effet, dans l'une des versions du problème de Linda, la question posée est la suivante :

« Selon vous, quelle proposition est la plus probable ?

a) Linda est employée de banque.

b) Linda est employée de banque et participe activement au mouvement féministe. »

La façon dont est posé le problème suppose que Linda est, dans tous les cas, employée de banque, et ce, quelle que soit la description. C'est pourquoi l'impression se définit de manière conditionnelle : on considère $Im(F | B)$ et $Im(\bar{F} | B)$ où F , \bar{F} et B sont respectivement les événements « Linda est féministe », « Linda n'est pas féministe » et « Linda est employée de banque ». Les estimations sont alors :

$$Estim(B \cap F) = \theta_i p_{B \cap F} + (1 - \theta_i) Im(F | B)$$

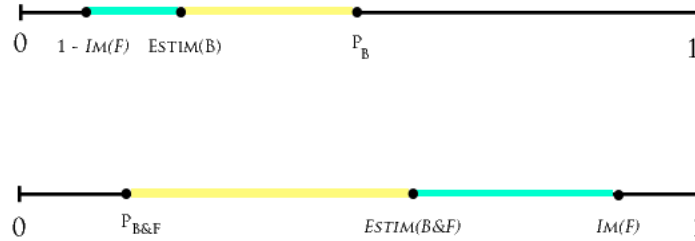
Et :

$$Estim(B) = \theta_i p_B + (1 - \theta_i) Im(\bar{F} | B)$$

où $p_{B \cap F}$ et p_B sont respectivement les probabilités normatives de $B \cap F$ et B . Par souci de simplicité, on écrira $Im(F | B) = Im(F)$ et $Im(\bar{F} | B) = Im(\bar{F})$.

Les trois types d'informations à prendre en compte sont donc les informations stéréotypées « féministe » (n_F), les informations stéréotypées « non féministe » ($n_{\bar{F}}$) et les informations neutres (n_N). Comme le modèle le prédit, l'impression est le barycentre des valeurs extrêmes.

FIGURE 3.2 – Illustration du processus d'estimation dans le problème de Linda



Grâce à ce modèle, on peut obtenir :

$$Estim(B \cap F) > Estim(B)$$

La figure 3.2. illustre un exemple où l'erreur de conjonction est commise.

Les prédictions d'un tel modèle sont les suivantes :

- A n constant (c'est-à-dire à précision constante), une diminution de $Im(F)$ peut corriger le biais de conjonction (*via* une baisse du nombre d'informations stéréotypées « féministe » au profit d'informations neutres ou d'informations stéréotypées « non féministe »).
- A $Im(F)$ constant, une diminution du nombre d'informations total peut corriger le biais de conjonction (en augmentant le poids accordé aux valeurs normatives).

Nous ferons varier ces paramètres dans l'expérience proposée en 4.1.1. .

3.3.3 La négligence des taux de base

Le modèle permettrait aussi d'expliquer la négligence des taux de base, et, en particulier, les erreurs réalisées par les individus dans l'expérience des avocats et des ingénieurs. Les estimations dépendent de trois types d'informations : les informations stéréotypées « ingénieurs » (informations de type I), les informations stéréotypées « avocats » (informations de type A) et les informations "neutres" (informations de type N). Remarquons que les informations stéréotypées de type \bar{I} coïncident avec celle de type A et les informations stéréotypées de type \bar{A} coïncident avec I . Ceci s'explique par le fait que $A \cup I = \Omega$. Le modèle s'applique bien au problème. On obtient donc :

$$Estim(I) = \theta_i p_I + (1 - \theta_i) Im(I)$$

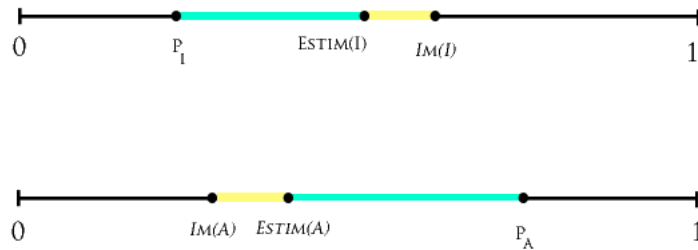
et

$$Estim(A) = \theta_i p_A + (1 - \theta_i) Im(A)$$

où I et A sont respectivement l'événement « le profil est celui d'un ingénieur » et « le profil est celui d'un avocat » ; p_I est la valeur normative de la probabilité que le profil soit celui d'un ingénieur et p_A est la valeur normative de la probabilité que le profil soit celui d'un avocat.

Ce modèle peut expliquer la négligence des taux de base puisque le poids des impressions peut écarter l'individu de la norme bayésienne. Malgré des différences de probabilités normatives, si deux événements véhiculent la même impression et si les précisions de ces impressions sont proches, il se peut qu'un individu réalise le même jugement de probabilités.

FIGURE 3.3 – Illustration du processus d'estimation dans le problème des avocats et des ingénieurs



4 Expérience et résultats

4.1 Expériences 1 : l'expérience de Linda

Participants

36 individus ont participé aux trois expériences. Il s'agit d'individus inscrits sur le site du Laboratoire d'Economie Expérimentale de Paris (L.E.E.P.). Nous avons réalisé deux séances : une avec 17 participants, une autre avec 19. La moyenne d'âge est de 24,4 ans. L'échantillon est composé de 61% d'hommes et de 49% de femmes.

4.1.1 Design expérimental

La première expérience reprend le design de Linda en jouant sur l'épaisseur des descriptions. Charness, Levin et Karni [2010] avaient déjà remarqué qu'en enlevant l'information « célibataire » de la description, le taux de violation de la règle de conjonction diminue. Ceci va dans le sens de notre modèle. Il s'agit donc de modifier le nombre d'informations n contenues dans la description et de modifier le type des informations. Dans cette expérience, nous n'utilisons que deux types d'informations : des informations stéréotypées « féministe » et des informations neutres.

L'expérience prévoit quatre traitements différents¹⁷ :

	Types d'informations	$Im(F)$
Traitement 1 : $Im(F) =$	$n_F = 6$ et $n_N = 2$	7
Traitement 2	$n_F = 4$ et $n_N = 2$	5
Traitement 3	$n_F = 4$ et $n_N = 4$	6
Traitement 4	$n_F = 3$ et $n_N = 2$	4

Nous avons définis quatre types de questionnaires qui ont été attribués aléatoirement. Chacun contient 10 descriptions mais chaque profil est décliné selon un traitement différent. Ces quatre questionnaires se définissent selon les séquences (a, b) suivantes, avec a le profil et b le traitement :

- (1, 1); (2, 2); (3, 3); (4, 4); (5, 1); (6, 2); (7, 3); (8, 4); (9, 1); (10, 2)
- (1, 2); (2, 3); (3, 4); (4, 1); (5, 2); (6, 3); (7, 4); (8, 1); (9, 2); (10, 3)
- (1, 3); (2, 4); (3, 1); (4, 2); (5, 3); (6, 4); (7, 1); (8, 2); (9, 3); (10, 4)
- (1, 4); (2, 1); (3, 2); (4, 3); (5, 4); (6, 1); (7, 2); (8, 3); (9, 4); (10, 1)

¹⁷. 10 profils ont été décrits. Chacun d'eux est décliné sous la forme des quatre traitements. Ces derniers sont présentés en annexe.

Quelle forme de rémunération choisir? Il est possible d'envisager une rémunération dépendant de la réponse des individus. En effet, il existe bien une bonne réponse, celle respectant le principe de conjonction. Il est donc possible de rémunérer les participants par bonne réponse. Charness *et al.* [2010] ont conduit l'expérience de Linda sous la même version ("quelle est la proposition la plus probable?") en comparant les taux de violation de la règle de conjonction avec et sans incitations. Ils trouvent qu'en présence de rémunération, le taux de violation tombe à 33%. Remarquons cependant que la rémunération dépendait des réponses des participants. Ces derniers étaient donc avertis qu'il existait une bonne réponse. Or, procéder ainsi constitue un risque de dénaturation de la question initiale. Si l'on prévient le participant qu'il existe une bonne réponse, la réponse donnée n'est alors plus immédiate. Cette forme de rémunération oriente la réflexion du participant, ce qui nous éloigne du problème étudié à l'origine.

4.1.2 Résultats

Les résultats de l'expérience 1 semblent corroborer nos hypothèses. La table 3 répertorie les pourcentages de violation du principe de conjonction :

TABLE 3 – Pourcentages de violation de la règle de conjonction selon les différents traitements

	Taille de l'échantillon	Violation de la règle de conjonction (en%)
Traitement 1 : $Im(F) = 7$	90	69
Traitement 2 : $Im(F) = 8$	88	58
Traitement 3 : $Im(F) = 9$	90	48
Traitement 4 : $Im(F) = 10$	92	63

Remarquons d'emblée que les résultats du traitement 1 sont inférieurs à ceux obtenus par Kahneman et Tversky (cf. Table 2 de la partie 2.2.2). En effet, dans la version de l'expérience de Linda où les auteurs demandaient aux participants « quelle est la proposition la plus probable? », 85% des individus ont commis l'erreur de conjonction. Ici, le taux d'erreur est de 69%. Ceci peut s'expliquer par le fait que les individus étaient rémunérés pour leur participation à l'expérience. Cette différence est significative selon le test du χ^2 au seuil de 5% ($\chi^2(1, N = 232$ et $p < 0,006$). Il est possible que, dans de telles conditions, la concentration des participants ait été plus accrue.

On remarque ensuite que les résultats diffèrent selon les traitements, et ce, de manière significative, comme le montre le test du χ^2 au seuil de 5%

($\chi^2(3; N = 360) = 8,7029; p < 0,05$). Les résultats pour les traitements 1, 2 et 3 semblent corroborer notre modèle. En effet, à précision égale (c'est-à-dire à nombre d'informations constant), le fait de modifier des informations stéréotypées en informations neutres fait baisser le pourcentage de violation de la règle de conjonction de 69% à 48%. Autrement dit, cela confirme les prédictions : à θ moyen donné, la diminution de $Im(F)$ entraîne une baisse du taux de violation. Ensuite, on voit que pour des valeurs de $Im(F)$ très proches ($\frac{7}{8}$ et $\frac{5}{6}$), la baisse de la précision entre le traitement 1 et le traitement 2 entraîne une baisse du taux de violation de la règle de conjonction (69% à 58%). Le résultat du traitement 4 est moins probant, probablement parce qu'il aurait fallu diminuer de manière plus radicale le nombre d'informations ou $Im(F)$ (les deux paramètres sont très proches du traitement 2).

4.2 Expérience 2 : l'expérience des professeurs sans incitation

4.2.1 Design expérimental

La seconde expérience reprend l'expérience des avocats et des ingénieurs de Kahneman et Tversky en l'adaptant à l'imaginaire français. Il s'agit à présent d'évaluer la probabilité qu'un individu soit professeur de mathématiques ou professeur de français en fonction de sa description et de la distribution. L'avantage de l'usage de telles professions réside dans le fait que les stéréotypes sont bien ancrés dans les représentations françaises. Autrement dit, les stéréotypes sont assez clairs : tandis que les professeurs de mathématiques sont intéressés par les énigmes, les puzzles et sont peu intéressés par la politique, les professeurs de français sont passionnés d'art, de littérature etc. Chaque participant doit porter un jugement sur 9 profils fictifs, sachant que l'échantillon des professeurs est caractérisé par une certaine distribution de la population¹⁸. Les informations contenues dans les descriptions sont de trois types :

- Des informations stéréotypées "professeur de mathématiques" (M) au nombre de n_M .
- Des informations stéréotypées "professeur de français" (F) au nombre de n_F .
- Des informations neutres (N) au nombre de n_N .

La teneur de ces profils est déterminés par le triplet (n_M, n_F, n_N) . Les différents traitements sont résumés dans le tableau suivant :

18. La distribution des professeurs de mathématiques et de français dans l'échantillon correspond aux différents traitements. 2 types de distribution ont été définis dans cette expérience : 30-70, et 70-30.

	(6, 0, 3)	(0, 6, 3)	(3, 0, 6)	(0, 3, 6)	(0, 0, 9)	Total
<i>Traitement 1</i> : dans l'échantillon, il y a 30 professeurs de mathématiques et 70 professeurs de français	24 obs	12 obs	12 obs	24 obs	36 obs	108 obs
<i>Traitement 2</i> : dans l'échantillon, il y a 30 professeurs de français et 70 professeurs de mathématiques	24 obs.	12 obs.	12 obs.	24 obs.	36 obs.	108 obs

Cette expérience croise donc des méthodes *within-subjects* et *between-subjects*. Le problème de la rémunération s'est à nouveau posé dans cette expérience. En effet, il n'y a pas de bonne réponse (sauf *a posteriori*, puisque l'on peut évaluer une norme bayésienne à partir des estimations d'un groupe). De ce fait, la rémunération pour cette expérience est fixe, et non incitative.

4.2.2 Résultats

Un résultat intéressant s'obtient en comparant les estimations des groupes concernés par les distributions symétriques des professeurs (30M/70F et 70M/30F). Les résultats sont répertoriés dans la table 4. Nous considérons les estimations que la description corresponde à la profession stéréotypée¹⁹. Dans le cas des descriptions neutres ($Im(M) = Im(F) = \frac{1}{2}$), on considère les estimations que la description corresponde à celle d'un professeur de mathématiques.

19. Par exemple, si la description contient des informations stéréotypées "professeur de français", on considère les estimations de la probabilité que la description corresponde à celle d'un professeur de français. C'est le contraire si la description contient des informations stéréotypées "professeur de mathématiques".

TABLE 4 – Comparaison entre les valeurs prédites et les valeurs obtenues (en %)

	Estim. moy. du groupe à dominante stéréotype	Estim. moy. groupe à dominante stéréotype inverse	Prédictions bayésiennes ¹	Prédictions du modèle ²
$Im(M) = \frac{15}{18}$ ou $Im(F) = \frac{15}{18}$	66,4	74,3	26,6	69,7
$Im(M) = \frac{2}{3}$ ou $Im(F) = \frac{2}{3}$	57,8	57,8	30,6	58
$Im(M) = 0,5$ ou $Im(F) = 0,5$	59,5	43,1	28,3	44,8

Note. La taille de l'échantillon est de 36 observations par groupe et par Im , c'est-à-dire, au total, 216.

Ce que l'on appelle groupe à dominante stéréotype correspond au groupe à 70% de professeurs de mathématiques lorsqu'on considère $Im(M)$ et au groupe à 70% de professeurs de français lorsqu'on considère $Im(F)$. C'est l'inverse pour le groupe à dominante stéréotype inverse.

¹ Les prédictions bayésiennes moyennes correspondent à la moyenne des prédictions bayésiennes calculées à partir des résultats du groupe à dominante stéréotype

² Pour prédire les estimations, nous utilisons la moyenne des θ calculée pour les résultats moyens de chaque traitement. Ces prédictions concernent les estimations du groupe à dominante stéréotype inverse.

On constate que les résultats des prédictions sont très proches des véritables estimations moyennes. Par exemple, pour les descriptions moyennement stéréotypées (avec un $Im = \frac{2}{3}$), le modèle prédit des estimations à 58% de chances que le profil corresponde à la profession stéréotypée (M ou F selon les cas), alors que la moyenne des véritables estimations s'élève à 57,8%. Le modèle semble donc bien prédire les estimations des individus.

4.3 Expérience 3 : l'expérience des professeurs avec incitations

4.3.1 Design expérimental

Dans cette expérience, il s'agit de remanier l'expérience des professeurs de façon à inciter les participants à révéler leurs vraies croyances. Pour ce faire, nous proposons aux participants des probabilités conditionnelles que nous définissons. L'idée est de définir des proportions d'attributs et de caractéristiques

dans chacune des populations des professeurs (cf. Tableau de l'expérience 3 en annexes). On définit par ailleurs trois types d'informations :

- des informations stéréotypées M : “homme”, “joue aux échecs” et “organisé(e)”.
- des informations stéréotypées F : “femme”, “lit beaucoup” et “aime aller au théâtre”.
- le reste des informations sont des informations de type N .

Tous les participants font face aux mêmes *a priori* : il y a 20 professeurs de mathématiques et 80 professeurs de français. Le nombre d'informations est constant. Les traitements concernent la teneur des descriptions, c'est-à-dire les triplets (n_M, n_F, n_N) :

	Teneur de la description	Im	Taille de l'échantillon
Traitement 1	(3, 0, 0) et (0, 3, 0)	$Im(M) = 1$ et $Im(F) = 1$	72
Traitement 2	(2, 0, 1) et (0, 2, 1)	$Im(M) = \frac{5}{6}$ et $Im(F) = \frac{5}{6}$	72
Traitement 3	(1, 0, 2) et (0, 1, 2)	$Im(M) = \frac{2}{3}$ et $Im(F) = \frac{2}{3}$	72

Il s'agit d'une expérience *within-subjects* : chaque participant doit estimer l'appartenance des six profils. Ainsi, nous obtenons 216 observations. Le problème d'un tel design réside dans « l'effet de débordement » que cela peut provoquer : le premier traitement peut influencer sur le second du fait de la fatigue ou de la pratique des participants.

4.3.2 Résultats

Les résultats sont résumés dans la table 5. Certains résultats sont difficilement explicables par notre modèle : en particulier les estimations pour le profil de Marie et de Laure. Il semble que les individus aient du mal à estimer les probabilités extrêmes. Nous retirons donc les estimations de ces deux profils de notre analyse. Pour le reste des estimations, les prédictions de notre modèle restent très proches des estimations réelles des participants. Remarquons que pour ces profils, les probabilités bayésiennes ne sont relativement pas extrêmes (elles sont comprises dans l'intervalle $[30; 90]$).

TABLE 5 – Comparaison des valeurs estimées, normatives et prédites (en %) de la probabilité que le profil corresponde au stéréotype

	N	Moyennes des estimations	Bayes ¹	Prédictions du modèle ²
Thibault : $Im(M) = 1$	36	74,3	63,6	77,5
Philippe : $Im(M) = \frac{5}{6}$	36	65,2	56,8	66,9
Pascal : $Im(M) = \frac{2}{3}$	36	47,9	30,4	44,2
Jeanne : $Im(F) = \frac{2}{3}$	36	78,5	87	79,3
Marie : $Im(F) = \frac{5}{6}$	36	73,2	97	-
Laure : $Im(F) = 1$	36	69,5	98,8	-

Note. Les estimations correspondent à celles concernant la profession stéréotypée par la description. Par exemple, si la description contient des informations stéréotypées « professeur de mathématiques », alors on considère les estimations de l'événement « le profil correspond à celui d'un professeur de mathématiques ».

¹ Les valeurs bayésiennes sont calculées grâce à l'identité de Bayes.

² Les prédictions sont réalisées après avoir calculé un θ moyen pour les profils de Thibault, Philippe, Pascal et Jeanne. En effet, les deux dernières descriptions mènent à des valeurs très sous-estimées, ce qui suppose des valeurs de θ négatives ou supérieures à 1.

Le modèle semble donc bien prédire les estimations. Cependant, dans cette expérience, nous n'avons pas pu expliquer à la norme lorsque celle-ci prend des valeurs extrêmes.

4.4 Discussion

Tout d'abord, la question des incitations, que l'on a détaillée précédemment, peut limiter la portée de ces résultats. En effet, la rémunération de l'expérience 1 et 2 étant fixe et non incitative, on peut penser que les individus n'ont pas eu intérêt à révéler leurs véritables croyances. Cependant, une rémunération fixe permet d'assurer *a minima* la concentration des participants.

Ensuite, la fragilité de telles expériences, et *a fortiori* d'un tel modèle, réside dans la notion de « stéréotype ». Il est parfois bien difficile de savoir si une information est réellement stéréotypée ou non. Une enquête préliminaire auprès d'un échantillon important d'individus concernant les stéréotypes d'une femme féministe, d'un professeur de français ou d'un professeur de mathématiques pourrait être envisagée.

Enfin, l'effet quantitatif des traitements n'est pas étudié parce que l'accent a été mis sur les prédictions du modèle. La réalisation future de régressions pourra permettre une telle évaluation.

5 Conclusion

Après avoir détaillé les phénomènes de biais cognitifs, nous avons formalisé un modèle de rationalité limitée prédisant les estimations des probabilités faites par les individus. Enfin, grâce à trois expériences inspirées de celles de Kahneman et Tversky, nous avons pu tester ce modèle dont nous avons constaté le pouvoir prédictif.

C'est bien la boîte noire du processus cognitifs que l'on a ouverte en proposant un modèle de jugement. Les résultats semblent aller dans le sens d'un homme qui, plongé dans une incertitude dynamique, est rarement certain des probabilités normatives bayésiennes. Le poids des impressions le guide dans son jugement. Une modélisation de ces impressions permet des prédictions qui semblent bien se vérifier dans le processus de jugement. L'heuristique de représentativité qui expliquerait les déviations par rapport à la norme bayésienne peut être précisée rigoureusement, et c'est ce que nous avons tenté de démontrer dans cette étude. Bien entendu, il est nécessaire de conduire de nouvelles expériences pour confirmer plus rigoureusement ce modèle.

Par ailleurs, comme nous l'avons vu, la fonction d'impressions que nous avons tenté de définir dans cette étude reste fragile, en tant qu'elle repose sur des concepts éminemment subjectifs et sociaux que sont les stéréotypes. Il semble néanmoins qu'il s'agisse d'une piste à suivre : il serait intéressant d'étudier l'opérationnalité d'un tel concept dans l'explication d'autres types de biais écartant l'homme des normes d'inférences pour éventuellement conduire à la réalisation d'un modèle global incluant divers jugements de probabilités.

Références

- [1] Baratgin, J. et Politzer G., [2006], “Is the mind Bayesian? The case for agnosticism”, *Mind and Society*, 5, 1-38
- [2] Charness, G.B., Levin, D., Karni, E., [2010], “On the Conjunction Fallacy in Probability Judgment : New Experimental Evidence”, *Game and Economic Behavior*, Vol. 68, 2, 551-556
- [3] Damasio, A.R. [1995], *L’Erreur de Descartes : la raison des émotions*, Paris : Editions Odile Jacob (1ère édition en langue anglaise, 1994).
- [4] Fiedler, K. [1988] “The dependance of the conjunction fallacy on subtle linguistic factors”, *Psychological Research*, 50, 123-129
- [5] Ford, J. K., Schmitt, N., Schechtman, S. L., Hults, B. M., et Doherty, M. L. [1989]. “Process tracing methods : Contributions, problems, and neglected research questions”. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 43, 75-117.
- [6] Gigerenzer, G. [1991] “How to Make Cognitive Illusions Disappear : Beyond “Heuristics and Biases”, *European Review of Social Psychology*, Vol. 2, 83-115
- [7] Gigerenzer, G., Hoffrage, U., et Kleinbölting, H. [1991]. “Probabilistic mental models : A Brunswikian theory of confidence.” *Psychological Review*, 98, 506-528.
- [3] Gigerenzer, G. , Hell, W. et Blank, H. [1988] “Presentation and content : The use of base rates as a continuous variable”, *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 14, 513-525
- [8] Gigerenzer, G. [1996]. “On narrow norms and vague heuristics : A reply to Kahneman and Tversky(1996)”. *Psychological Review*, 103, 592-596.
- [9] Gigerenzer, G., Todd, P. M., et the ABC Research Group. [1999]. *Simple heuristics that make us smart*. New York : Oxford University Press
- [10] Gilovich, T., Griffin, D., et Kahneman, D. (Eds.) [2002]. *Heuristics and biases : The psychology of intuitive judgment*. New York : Cambridge University Press.
- [11] Goldstein, W. M., et Hogarth, R., M. Eds. [1997], *Research on judgment and decision making : Currents, connections, and controversies*, New York : Cambridge University Press.
- [12] Hertwig, R. et Gigerenzer G. [1999], “The Conjunction Fallacy Revisited : How Intelligent Inferences Look Like Reasoning Errors”, *Journal of Behavioral Decision Making*, Vol. 12 (4), 275-305.
- [13] Kahneman, D., et Slovic, P. et Tversky, A., Eds. [1982], *Judgment under Uncertainty : Heuristics and Biases*, Cambridge : Cambridge University Press.
- [14] Lévy-Garboua, L. [1979], “Perception and the Formation of Choice”, in *Sociological Economics*, L. Lévy-Garboua (ed.), London : Sage Pub., 97-121.

- [15] Lévy-Garboua, L. [1999], “Expected Utility and Cognitive Consistency”, Cahier de Recherche n°101 de la MSE, TEAM-Université de Paris I.
- [16] Lévy-Garboua, L. [2004], “Perception Séquentielle et Rationalité Limitée”, *Journal des Economistes et des Etudes Humaines*, 14 , 63-77.
- [17] Lévy-Garboua, L. et Blondel, S. [2002], “On the Rationality of Cognitive Dissonance”, in *The Expension*
- [18] Newell, B. R. et Shanks, D. R. [2003]. “Take the best or look at the rest : Factors influencing “one-reason” decision making”. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 29, 82-96.
- [19] Peterson, C.R. et Beach, L.R. [1967] “Man as Intuitive Statistician”, *Psychological Bulletin*, Vol 68(1), 29-46
- [20] Phillips, L. D. et Edwards, W. [1966] “Conservatism in a simple probability inference task”, *Journal of Experimental Psychology*, Vol 72(3), 346-354
- [21] Rakow, T., Hinvest, N., Jackson, E et Palmer, M. [2004]. “Simple heuristics from the adaptive toolbox : Can we perform the requisite learning.” *Thinking and Reasoning*, 10, 1-29.
- [22] Rakow, T., Newell, B. R., Fayers, K. et Hersby, M. [2005]. “Evaluating three criteria for establishing cue-search hierarchies in inferential judgment.” *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 31, 1088-1104.
- [23] Scholz, R.W. [1987]. “Cognitive Strategies in Stochastic Thinking”. Reidel : Dordrecht.
- [24] Simon, H.A. [1955] “A Behavioral Model of Rational Choice”, *Quarterly Journal of Economics* 69, 99-118.
- [25] Simon, H.A. [1976], “From Substantive to Procedural Rationality”, in Method and Appraisal in Economics, S.J. Latsis (ed.), Cambridge : Cambridge University Press, 129-148.
- [26] Simon H.A. [1985], « Human Nature in Politics : the Dialogue of Psychology with Political Science », *American Political Science Review*, vol. 79, p. 293-304.
- [27] Skov, R. B. et Sherman, S. J. [1986], “Information-gathering processes : Diagnosticity, hypothesis-confirming strategies, and perceived hypothesis confirmation”. *Journal of Experimental Social Psychology*, 22, 93-121.
- [28] Trope, Y., et Bassok, M. [1983]. “Information-gathering strategies in hypothesis- testing”, *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 19, 560- 576.
- [29] Tversky, A. et Kahneman [1971], “Belief in the law of small numbers”, *Psychological Bulletin*, Vol. 70 (2), 105-110.
- [30] Tversky, A. et Kahneman, D. [1972], “Subjective Probability : A Judgment of Representativeness”, *Cognitive Psychology*, Vol. 3, 430-454.
- [31] Tversky, A. et Kahneman, D. [1973a], “On the reality of prediction”, *Psychological Review*, Vol 80(4), 237-251.

- [4] Tversky, A. et Kahneman, D. [1973b], “Availability : A Heuristic for Judging Frequency and Probability”, *Cognitive Psychology* Vol. 5, 207-232.
- [32] Tversky, A. et Kahneman, D. [1974], “Judgment under Uncertainty : Heuristics and Biases”, *Science*, Vol. 185, 1124-1131.
- [33] Tversky, A. et Kahneman, D. [1983], “Extensional versus intuitive reasoning : The conjunction fallacy in probability judgment”, *Psychological Review*, Vol. 90 (4), 293-315.
- [34] Vranas, P. B.M. [2000], “Gigerenzer’s normative critique of Kahneman and Tversky”, *Cognition*, Vol. 76, 179-193.

Annexes

Instructions

Vous allez participer à une expérience économique dans laquelle vous pourrez gagner de l'argent. Le montant de votre rémunération dépendra de vos réponses.

Avant de commencer l'expérience, il vous sera demandé de remplir un questionnaire afin de mieux vous connaître (concernant votre âge, votre sexe, votre occupation actuelle, vos études...). Ces informations resteront anonymes et confidentielles.

Déroulement de l'expérience

Vous allez répondre à trois types de questionnaires.

Pour le questionnaire 1 et 2, vous ne serez pas rémunéré en fonction de vos réponses. Il est cependant important que vous lisiez **attentivement** les questions et que vous y répondiez **honnêtement**.

Pour le questionnaire 3, votre rémunération (qui s'ajoutera aux 5 euros de participation) dépend de vos réponses.

1er questionnaire :

Vous allez répondre à 10 questions. A chaque question, le profil d'un individu vous sera présenté sur votre poste. Puis, il vous sera proposé deux affirmations concernant le métier ou les passe-temps de ces personnages. Vous devrez choisir laquelle, selon vous, est l'affirmation la plus **probable**.

2eme questionnaire :

Au début du questionnaire, il vous sera présenté un projet de recherche du ministère de l'Education concernant un échantillon de professeurs de mathématiques et de professeurs de français (que vous lirez avec attention). Puis, 9 profils vous seront proposés. A chaque fois, vous devrez indiquer quel est le pourcentage de chances que l'individu décrit soit professeur de mathématiques ou professeur de français.

Rappel : un pourcentage de chances est compris entre 0% et 100%. Plus vous indiquez un pourcentage élevé, plus vous pensez que le profil décrit correspond à la profession indiquée.

3eme questionnaire :

Un nouvel échantillon de 100 individus a été établi par des psychologues. Il est composé de 20 professeurs de mathématiques et de 80 professeurs de français. Nous avons répertorié les proportions de personnes caractérisées par certains attributs dans le tableau suivant :

Attributs	Nombre de professeurs de mathématiques de l'échantillon qui possèdent cette caractéristique	Nombre de professeurs de français de l'échantillon qui possèdent cette caractéristique
Homme	70%	40%
Femme	30%	60%
Joue aux échecs	60%	20%
Lit beaucoup	30%	90%
Marié(e)	40%	50%
En couple	50%	40%
Célibataire	10%	10%
Organisé(e)	80%	60%
Aime aller au théâtre	20%	70%
A un ou plusieurs enfants	60%	60%
Blond(e)	30%	20%
Brun(e)	70%	80%

Sur votre poste, 6 profils vous sont présentés. Veuillez indiquer quel est le pourcentage de chances que la personne décrite soit professeur de mathématiques.

Remarque : dans cette série de questions, il existe une bonne réponse. Vous serez rémunéré en fonction de l'écart entre votre réponse et la vraie réponse. Plus cet écart est petit, plus votre rémunération sera élevée. Vous pourrez gagner entre 0 et 12 euros.

Expérience 1

Traitement 1	Elise est une femme de 31 ans, célibataire, qui a son franc-parler et est très brillante. Elle a obtenu sa licence en philosophie. Lorsqu'elle était étudiante, elle se sentait profondément concernée par les problèmes de discrimination et de justice sociale. Elle a participé à plusieurs manifestations antinucléaires.	Benoit est un homme âgé de 34 ans. Il est intelligent, créatif et extraverti. A l'école, il faisait partie de la chorale. Pendant les vacances, il aime se rendre à de nombreux festivals artistiques. Lors de son dernier anniversaire, ses amis lui ont acheté une chaîne hi-fi dernier cri qu'il utilise souvent pour écouter ses musiques préférées.
Traitement 2	Elise est une femme de 31 ans, qui a son franc-parler et est très brillante. Elle a obtenu sa licence en philosophie. Elle a participé à plusieurs manifestations antinucléaires.	Benoit est un homme âgé de 34 ans. Il est intelligent et extraverti. A l'école, il faisait partie de la chorale. Lors de son dernier anniversaire, ses amis lui ont acheté une chaîne hi-fi dernier cri qu'il utilise souvent pour écouter ses musiques préférées.
Traitement 3	Elise est une femme brune de 31 ans, qui a son franc-parler et est très brillante. Elle a obtenu une licence en philosophie. Lorsqu'elle était étudiante, elle était intéressée par la culture japonaise. Elle a participé à plusieurs manifestations antinucléaires.	Benoit est un homme âgé de 34 ans mesurant 1m86. Il est intelligent et extraverti. A l'école, il faisait partie de la chorale. Pendant les vacances, il aime rendre visite à sa famille. Lors de son dernier anniversaire, ses amis lui ont acheté une chaîne hi-fi dernier cri qu'il utilise souvent pour écouter ses musiques préférées.
Traitement 4	Elise est une femme de 31 ans, très brillante. Elle a obtenu un doctorat en philosophie. Elle a participé à plusieurs manifestations antinucléaires.	Benoit est un homme âgé de 34 ans. Il est intelligent et extraverti. A l'école, il faisait partie de la chorale. Lors de son dernier anniversaire, ses amis lui ont acheté une chaîne hi-fi dernier cri qu'il utilise souvent pour écouter ses musiques préférées.
Selon vous, quelle proposition est la plus probable ?	a) Aujourd'hui, Elise est employée de banque. b) Aujourd'hui Elise est employée de banque et féministe.	a) Aujourd'hui, Benoit est comptable. b) Aujourd'hui, Benoit est comptable et, pendant son temps libre, il joue dans un groupe de jazz.

Traitement 1	Carole est une femme de 42 ans, sensible et très enjouée. Dans sa garde robe, elle n'a presque que des vêtements colorés et de grands chapeaux. Pendant son temps libre, elle aime aller à la montagne où elle peut admirer la beauté des paysages et se retrouver seule, loin de la civilisation.	Jean est un homme de 26 ans. Déterminé et motivé, il aime se donner des défis. Il fait attention à sa ligne et compte les calories de chacun de ses repas. Le week-end, il n'aime pas rester chez lui et préfère passer son temps libre à l'extérieur.
Traitement 2	Carole est une femme de 42 ans, très enjouée. Dans sa garde robe, elle n'a presque que des vêtements colorés et de grands chapeaux. Pendant son temps libre, elle aime aller à la montagne et se retrouver seule, loin de la civilisation.	Jean est un homme de 26 ans. Il est déterminé et motivé. Il fait attention à sa ligne. Le week-end, il n'aime pas rester chez lui et préfère passer son temps libre à l'extérieur.
Traitement 3	Carole est une femme de 42 ans, très enjouée. Elle est douée dans son travail. Dans sa garde robe, elle n'a presque que des vêtements colorés et de grands chapeaux. Pendant son temps libre, elle aime aller à la montagne pour faire des randonnées à cheval et se retrouver seule, loin de la civilisation.	Jean est un homme blond de 26 ans. Il a deux sœurs. Il est déterminé et motivé. Il fait attention à sa ligne. Le week-end, il n'aime pas rester chez lui et préfère passer son temps libre à l'extérieur.
Traitement 4	Carole est une femme de 42 ans. Dans sa garde robe, elle n'a presque que des vêtements colorés. Pendant son temps libre, elle aime aller à la montagne et se retrouver seule, loin de la civilisation.	Jean est un homme de 26 ans. Il fait attention à sa ligne. Le week-end, il n'aime pas rester chez lui et préfère passer son temps libre à l'extérieur.
Selon vous, quelle proposition est la plus probable ?	a) Aujourd'hui, Carole est avocate. b) Aujourd'hui, Carole est avocate et artiste peintre.	a) Aujourd'hui, Jean est électricien b) Aujourd'hui, Jean est électricien et fait du triathlon

Traitement 1	Juliette est une jeune femme de 29 ans, ambitieuse, intelligente et curieuse. Le matin, en buvant son café, elle lit les articles du site du journal Le Monde avant de partir au travail. Avec ses amis, elle aime débattre sur des sujets divers. Quant elle était étudiante, elle était un membre actif du Mouvement des Jeunesses Socialistes.	Bernard est un homme de 54 ans très apprécié par son entourage. Il est généreux et toujours prêt à rendre service à ses amis. Très organisé, il parvient toujours à respecter le planning qu'il se fixe. Lorsqu'il croise un sans domicile fixe dans la rue, il n'hésite jamais à lui donner quelques pièces de monnaie. Il réalise régulièrement des dons aux associations caritatives.
Traitement 2	Juliette est une jeune femme de 29 ans, ambitieuse, intelligente et curieuse. Avec ses amis, elle aime débattre sur des sujets divers.	Bernard est un homme de 54 ans très apprécié par son entourage. Il est toujours prêt à rendre service à ses amis. Très organisé, il parvient toujours à respecter le planning qu'il se fixe. Il réalise régulièrement des dons aux associations caritatives.
Traitement 3	Juliette est une jeune femme de 29 ans, ambitieuse, intelligente et curieuse. Le matin, en buvant son café, elle joue aux mots fléchés avant de partir au travail. Avec ses amis, elle aime débattre sur des sujets divers. Quant elle était étudiante, elle faisait partie de l'équipe de basketball de son école.	Bernard est un homme de 54 ans très apprécié par son entourage. Il a beaucoup d'humour et est toujours prêt à rendre service à ses amis. Très organisé, il parvient toujours à respecter le planning qu'il se fixe. Chaque jour, il promène son chien. Il réalise régulièrement des dons aux associations caritatives.
Traitement 4	Juliette est une jeune femme intelligente de 29 ans. Avec ses amis, elle aime débattre sur des sujets divers.	Bernard est un homme de 54 ans très apprécié par son entourage. Il parvient toujours à respecter le planning qu'il se fixe. Il réalise régulièrement des dons aux associations caritatives.
Selon vous, quelle proposition est la plus probable ?	a) Aujourd'hui, Juliette est professeur de physique-chimie au lycée. b) Aujourd'hui, Juliette est professeur de physique-chimie au lycée et elle anime un forum de débats politiques sur internet.	a) Aujourd'hui, Bernard est gérant d'une boutique de vêtements. b) Aujourd'hui, Bernard est gérant d'une boutique de vêtements et bénévole au Secours Populaire.

Traitement 1	Dominique est une femme de 47 ans très investie dans son travail. Elle est sociable, dynamique et expressive. Quand elle était au lycée, elle était en filière littéraire. L'été, elle aime lire à la terrasse d'un café. Ses amis la décrivent comme quelqu'un d'extraverti.	Arthur est un homme de 39 ans. Sérieux et sûr de soi, il a le profil d'un leader. Il a toujours été intéressé par l'actualité politique. Il exprime et fait savoir ses opinions à ceux qui l'entourent. Il a participé aux manifestations contre la réforme des retraites qu'il considérait comme inéquitable.
Traitement 2	Dominique est une femme de 47 ans très investie dans son travail. Elle est sociable et dynamique. L'été, elle aime lire à la terrasse d'un café. Ses amis la décrivent comme quelqu'un d'extraverti.	Arthur est un homme de 39 ans sérieux et sûr de soi. Il a toujours été intéressé par l'actualité politique. Il a participé aux manifestations contre la réforme des retraites qu'il considérait comme inéquitable.
Traitement 3	Dominique est une femme mariée de 47 ans très investie dans son travail. Elle est sociable, dynamique. Quand elle était au lycée, elle était déléguée de classe. L'été, elle aime lire à la terrasse d'un café. Ses amis la décrivent comme quelqu'un d'extraverti.	Arthur est un homme de 39 ans sportif, sérieux et sûr de soi. Il a toujours été intéressé par l'actualité politique. Il a participé aux manifestations contre la réforme des retraites qu'il considérait comme inéquitable. Depuis qu'il est jeune, il joue du piano.
Traitement 4	Dominique est une femme de 47 ans très investie dans son travail. Elle est sociable. L'été, elle aime lire à la terrasse d'un café.	Arthur est un homme de 39 ans. Il a toujours été intéressé par l'actualité politique. Il a participé aux manifestations contre la réforme des retraites qu'il considérait comme inéquitable.
Selon vous, quelle proposition est la plus probable ?	<p>a) Aujourd'hui, Dominique est secrétaire.</p> <p>b) Aujourd'hui, Dominique est secrétaire et joue dans une troupe de théâtre.</p>	<p>a) Aujourd'hui, Arthur est pharmacien.</p> <p>b) Aujourd'hui, Arthur est pharmacien et est membre d'un syndicat de travail.</p>

Traitement 1	Camille est une jeune femme de 24 ans, très créative et perfectionniste. Bonne cuisinière, elle adore organiser des dîners avec ses amis. Dans son travail, elle fait preuve d'une grande dextérité. Le soir, elle aime regarder des émissions de cuisine à la télévision.	Adrien est un homme marié de 32 ans. Il vit à Marseille et possède un petit bateau. Quand il en a le temps, il aime préparer un bon dîner à sa femme. Il cuisine particulièrement bien la bouillabaisse. Passionné par la nature, il aime regarder des documentaires sur l'environnement.
Traitement 2	Camille est une jeune femme de 24 ans, très créative et perfectionniste. Elle adore organiser des dîners avec ses amis. Dans son travail, elle fait preuve d'une grande dextérité.	Adrien est un homme marié de 32 ans. Il vit à Marseille. Quand il en a le temps, il aime préparer un bon dîner à sa femme. Passionné par la nature, il aime regarder des documentaires sur l'environnement.
Traitement 3	Camille est une jeune femme de 24 ans, très créative et perfectionniste. Sociable, elle adore organiser des dîners avec ses amis. Dans son travail, elle fait preuve d'une grande dextérité. Le soir, elle aime regarder la télévision.	Adrien est un homme marié de 32 ans. Il vit à Marseille dans un appartement qui donne sur la mer. Quand il en a le temps, il aime préparer un bon dîner à sa femme. Il cuisine particulièrement bien le gratin d'aubergines. Passionné par la nature, il aime regarder des documentaires sur l'environnement.
Traitement 4	Camille est une jeune femme de 24 ans, perfectionniste. Elle adore organiser des dîners avec ses amis.	Adrien est un homme marié de 32 ans. Passionné par la nature, il aime regarder des documentaires sur l'environnement.
Selon vous, quelle proposition est la plus probable ?	a) Aujourd'hui, Camille est coiffeuse. b) Aujourd'hui, Camille est coiffeuse et suit des cours de cuisine.	a) Aujourd'hui, Adrien est pilote d'avion. b) Aujourd'hui, Adrien est pilote d'avion et fait de la pêche pendant son temps libre.

Durant l'expérience, l'ordre des propositions était aléatoire afin de palier à tout effet d'ordre.

Expérience 2

Exemple avec la distribution du traitement 2 :

Le ministère de l'éducation a conduit un projet de recherche sur les profils psychologiques de professeurs de lycée. Un panel de psychologues a interrogé et fait passer des tests de personnalité à 100 professeurs. Sur la base de ces informations, des descriptions des 70 professeurs de mathématiques et 30 professeurs de français ont été écrites. Vous trouverez sur vos questionnaires neuf descriptions

choisies au hasard parmi les 100 descriptions disponibles. Pour chaque description, veuillez indiquer quel est, selon vous, le pourcentage de chances pour que la personne décrite fasse partie des professeurs de français de l'échantillon.

1. « Jacques est un homme de 45 ans. Il est marié et a quatre enfants. Il est en général organisé, prudent, et ambitieux. Il n'a pas d'intérêt pour les problèmes politiques et sociaux et passe la plupart de ses moments de liberté à ses nombreux passe-temps qui incluent la menuiserie, la voile et les échecs. »
Jacques a ___% de chances d'être professeur de français.
2. « Marianne est une femme célibataire de 37 ans. Enjouée, elle est passionnée par son travail. Elle est très engagée politiquement. Pendant son temps libre, elle tient une petite galerie d'art où elle expose de jeunes artistes. Elle aime aller à la campagne pour être tranquille, bouquiner et faire du cheval. »
Marianne a ___% de chances d'être professeur de français.
3. « Alexandre est un homme de 33 ans. Il est en couple et vient tout juste d'avoir son premier enfant. Très organisé, c'est lui qui s'occupe de gérer les dépenses importantes au sein du ménage. Il lit peu mais aime aller au cinéma. Il apprécie particulièrement les films d'action. Il va nager chaque week-end à la piscine municipale car il aime se défouler en faisant un peu de sport. »
Alexandre a ___% de chances d'être professeur de français.
4. « Rose est une femme de 46 ans vivant à Bordeaux. Mariée, elle a trois enfants. Son livre favori est « L'écume des jours » de Boris Vian. Avec son mari, elle aime aller bruncher le dimanche. Pendant son temps libre, elle aime voir ses amies. Lorsqu'elle était plus jeune, elle prenait des leçons de piano. C'était une élève sérieuse à l'école qui s'entendait bien avec ses camarades. »
Rose a ___% de chances d'être professeur de français.
5. « Thomas est un homme de 28 ans. Il est en couple et n'a pas d'enfant. Il a de grandes capacités intellectuelles et une grande rigueur dans son travail. Il a une passion pour les jeux de cartes. Très sociable, il invite souvent quelques amis pour jouer et leur montrer les derniers tours de magie qu'il a appris. Le week-end, il se rend à son entraînement de tennis. »
Thomas a ___% de chances d'être professeur de français.
6. « Hélène est une femme de 33 ans. Elle est en couple et a un enfant. Elle aime faire du shopping, se balader et lire. Dans le métro, elle joue au sudoku. Elle est très appréciée par ses élèves. L'été, elle aime faire de grands voyages et bronzer à la plage. »
Hélène a ___% de chances d'être professeur de français.
7. « Paul est un homme de 42 ans. Il est divorcé et s'occupe seul de sa fille. Il est très motivé et très impliqué dans son travail. Il prépare ses

cours consciencieusement. Il est très apprécié par ses collègues. Parallèlement à son travail de professeur, il réalise des manuels parascolaires. Pendant son temps libre, il aime voir ses amis et emmener sa fille au zoo. » Paul a ___% de chances d'être professeur de français.

8. « Sylvie est une femme de 52 ans habitant dans une petite maison à La Rochelle qu'elle a fait construire 15 ans auparavant. Mariée, elle a 2 enfants. Très pédagogue, elle s'est toujours épanouie dans son travail. Elle s'entend très bien avec ses élèves. Chaque mois, elle essaie d'organiser un repas de famille avec son mari et ses enfants qui ne vivent plus avec elle. Pendant son temps libre, elle aime bien dénicher des bonnes affaires sur internet. » Sylvie a ___% de chances d'être professeur de français.
9. « Romain est un homme de 25 ans. Tout jeune professeur, il est très motivé et ambitieux. Quand il avait 17 ans, il était animateur de colonie de vacances pendant l'été. En couple depuis un an, il essaie à présent de trouver un appartement pour s'installer avec sa petite amie. Il donne des cours particuliers à des élèves au collège. Le matin, il aime se lever tôt manger tranquillement son petit déjeuner avant de partir au travail. » Romain a ___% de chances d'être professeurs de français.

La formulation des % de chances concerne les professeurs de mathématiques pour les deux autres groupes de participants.

Expérience 3

Profils présentés sur l'écran d'ordinateur :

1. « Thibault est un homme organisé. Il aime jouer aux échecs » Thibault a ___% de chances d'être professeur de mathématiques.
2. « Laure est une grande lectrice. Elle aime aller au théâtre ». Laure a ___% de chances d'être professeur de mathématiques.
3. « Philippe est un homme qui a deux enfants. Il aime jouer aux échecs. » Philippe a ___% de chances d'être professeur de mathématiques.
4. « Marie est une femme qui aime aller au théâtre. Elle est brune. » Marie a ___% de chances d'être professeur de mathématiques.
5. « Jeanne est une femme mariée. Elle est blonde. » Jeanne a ___% de chances d'être professeur de mathématiques.