Chapitre

Le jugement probabiliste

1 Introduction

1.1 *Le jugement probabiliste*

Les « *jugements probabilistes* » constituent l'un des actes les plus courants de notre vie. Quotidiennement, nous formulons des jugements *immédiats* et *spontanés* sur des situations pour lesquelles nous ne connaissons pas toutes les alternatives possibles et encore moins leurs réalisations. Nous émettons un jugement probabiliste quand nous évaluons les risques de pluie avant de sortir de chez nous, quand nous pensons que telle valeur du CAC40 va monter ou quand nous estimons les chances d'un candidat à une élection politique. L'information disponible pour effectuer de tels jugements est essentielle. Elle peut être incomplète, imprécise ou peu fiable et résulte de l'intégration de « *messages* » (dans l'exemple sur les risques de pluie, on peut s'appuyer sur des messages obtenus de l'extérieur comme le bulletin météo donné le matin à la radio, l'observation du temps ou par des propres connaissances sur la question, expériences passées, etc....). Ces jugements probabilistes sont modifiés par l'intégration d'un nouveau message ou en imaginant la réalisation d'un message (en faisant « comme si »). On parle alors de jugements *probabilistes dynamiques* ou de *révisions probabilistes*.

Dans ce chapitre, le jugement probabiliste est compris indépendamment des enjeux liés aux estimations tel qu'on le ferait dans le contexte de la prise de décision ou du choix sous incertitude. Les concepts d'utilité et de risque sont absents de notre analyse ([WIN 86] pour une revue de cette littérature). Nous nous limitons

également aux jugements émis par des sujets naïfs. Le domaine de recherche de l'étude du comportement d'experts confrontés à des situations de prédictions statistiques, par exemple, n'est pas discuté ([ROU 91]). Enfin, les études sur le « calibrage » dans les estimations par rapport à des fréquences ne sont pas prises en compte (voir [POU 94] pour une revue de ces études).

La psychologie s'est appuyée, traditionnellement, sur le modèle classique de la théorie mathématique des probabilités. Plus précisément, le modèle « bayésien » a été considéré comme la norme de référence comparative du jugement *probabiliste* humain. Faisons un rapide rappel de ce modèle (pour plus de détails [BAR 99]).

1.2 *Le modèle bayésien comme référence du jugement probabiliste*

1.2.1 *la théorie des probabilités*

La façon la plus « neutre » de représenter la probabilité est celle du mathématicien russe Kolmogorof qui introduit la probabilité comme une mesure mathématique assignée à un événement (c'est-à-dire un sous-ensemble de l'ensemble de tous les résultats possibles). La probabilité satisfait les axiomes de Kolmogorof qui sont (avec $\varnothing$ l'événement impossible et Ω l'ensemble des résultats possibles) :

(i) $P(\varnothing)=0$ et $P(\Omega)=1$.

(ii) E est dit « signifiant » si et seulement si, $0<P(E)<1$.

(iii) Si $E \cap F=\varnothing$, alors $P(E \cup F)=P(E)+P(F)$.

Les points (i) et (ii) sont appelés « *règles de convexité* », et (iii) est la « *règle d'addition* » (les probabilités sont dites « *additives* »).

Il existe plusieurs interprétations possibles de la probabilité. La distinction importante pour la compréhension de ce chapitre est celle que l'on fait entre les concepts de *probabilités objectives* (ou *fréquentistes*) et de *probabilités épistémiques*.

– l'interprétation *objective* renvoie à la notion de phénomène aléatoire, empirique et physique. La probabilité est envisagée comme un objet déterminé, unique, existant en dehors de l'individu. Selon cette interprétation, le concept de probabilité d'un événement isolé est difficilement acceptable puisqu'il faut le plus souvent une répétition d'événements pour calculer la probabilité.

– l'interprétation *épistémique* considère la probabilité comme le résultat du jugement d'un individu dépendant de ses connaissances. La probabilité est envisagée comme isomorphe au degré de croyance de l'individu. Selon cette interprétation, la probabilité d'un événement isolé a une signification.

1.2.2 *La règle de Bayes*

La *révision probabiliste* est associée au nom du pasteur Thomas Bayes par la terminologie de « règle de Bayes ». La règle de Bayes indique comment modifier son degré de croyance initial (ou probabilité *a priori* suite à la prise de connaissance d'un nouveau message. Dans la situation de deux hypothèses complémentaires H et $\neg$H et pour tout message M (avec $M \neq \varnothing$), l'écriture classique de la règle de Bayes est :

$$P(H|M) = \frac{P(H)P(M|H)}{P(M)}$$

avec :

– P(H) la « probabilité *a priori* » de H,

– P(H|M) la « probabilité *a posteriori* » de H après avoir pris connaissance du message M,

– P(M|H) et P(M|$\neg$H) les « vraisemblances » et

– P(M) la « probabilité du message » M.

L'interprétation de la règle de Bayes, dépend de l'interprétation de la probabilité.

– selon l'interprétation *objective*, elle correspond à une règle de combinaison de probabilités *objectives*. La probabilité *a priori* correspond dans cette situation le plus souvent à une fréquence empirique qui n'est pas toujours disponible (voir par exemple [KLE 97]).

– selon l'interprétation *épistémique*, la règle de Bayes correspond au processus de révision probabiliste. La probabilité *a priori* correspond au degré de croyance

initiale de l'agent et la probabilité *a posteriori* est le degré de croyance révisée après la connaissance (ou l'imagination) de la réalisation du message M.

1.2.3 *Le modèle bayésien*

Le jugement probabiliste porte essentiellement sur des situations d'événement isolé. L'interprétation épistémique est intrinsèquement liée à la notion de « cohérence *bayésienne* ». Pour les bayésiens, la probabilité n'existe pas en dehors de l'individu qui l'exprime. L'individu est cohérent (au sens bayésien) si ses probabilités respectent les axiomes de Kolmogorof et s'il les révise conditionnellement au nouveau message appris suivant la règle de Bayes [FIN 37].

1.3 *Plan du chapitre*

L'objectif de ce chapitre est de présenter les différentes facettes de l'étude du jugement probabiliste, en prenant comme fil directeur le rôle joué par le modèle normatif de référence.

On peut classer les différents courants de recherche sur le jugement probabiliste en deux « métathéories » [HAM 96].

– la *métathéorie de cohérence* s'intéresse à la description des inférences humaines en prenant comme référence la théorie normative mathématique.

– la *métathéorie de correspondance* s'attache à décrire et expliquer jusqu'à quel point les inférences accomplies par les individus sont précises sans prendre en considération la théorie normative mathématique

Une seconde typologie des courants de recherche peut être effectuée en fonction de leur optimisme (*métathéorie optimiste*) ou de leur pessimisme (*métathéorie pessimiste*) sur la rationalité humaine [JUN 83].

Nous utilisons l'ordre chronologique en discriminant les différents courants de recherches suivant ces deux critères.

En suivant l'ordre chronologique, cinq périodes peuvent être distinguées :

– Les trois premières constituent notre première partie. Initialement la *période de genèse* s'illustre par une absence de prise en compte du modèle mathématique dans les rares études sur la question. Ensuite vient une *période de transition* qui commence au début des années 50 avec l'apparition de plusieurs travaux retenant comme modèles normatifs de comportement la théorie de la décision. L'attrait des chercheurs pour le jugement probabiliste date du début des années 60. Les premières

études sur le jugement probabiliste voient le jour dans le contexte de la métathéorie de *cohérence optimiste.* La théorie des probabilités est considérée comme le modèle descriptif du jugement probabiliste et la règle de Bayes est supposée la règle de révision naturelle de la révision probabiliste humaine. Le courant le plus important est celui appelé « théorie comportementale de la décision » de Ward Edwards [HAM 80].

– La deuxième partie décrit le programme de recherche prédominant dans les années 1970-1990. Cette période est appelée la *période heuristique et biais* dont les chefs de file sont Daniel Kahneman et Amos Tversky. Le modèle probabiliste, et en particulier la règle de Bayes sont toujours utilisés comme référence comparative. Cependant, Ils ne sont plus considérés comme descriptifs du comportement réel humain. Ils permettent de souligner les écarts entre le comportement humain réel et celui prédit par la théorie. Ces distorsions sont analysées comme des illustrations de l'irrationalité du comportement humain. Ce courant de recherche s'inscrit dans le cadre d'une *métathéorie de cohérence pessimiste*.

– La troisième partie correspond à la période récente. Nous la nommons *période de réaction* puisqu'elle se traduit par de nombreuses critiques des fondements, des résultats et des idées de la *période heuristiques et biais.* Nous assistons à un *nouvel optimisme* illustré par la volonté tout d'abord de montrer que les « écarts » observés entre les inférences réelles et les prédictions de la théorie normative peuvent se comprendre dans un comportement « rationnel ».

2 « l'homme comme un statisticien implicite »

2.1 *Période de genèse : l'absence de modèle de référence*

Quelques études existent dès la fin du XIX^{e} siècle sur la représentation du hasard chez l'homme. Dans les années 30, la majorité des études traite de la représentation du hasard. Les individus semblent avoir des préférences en faveur de certaines probabilités. Ils ont tendance à surestimer les probabilités faibles et à sous-estimer les probabilités fortes (pour une revue de ces étude [BRE 65]). On trouve également plusieurs études sur la question de l'apprentissage des fréquences ([BRE 65]).

A partir de 1950, deux programmes de recherche sur le jugement probabiliste méritent d'être analysés en détail :

– les recherches effectuées auprès d'enfants par Piaget et ses collaborateurs [PIA 51]. Celles-ci soulignent trois stades du développement du jugement de probabilité chez l'enfant. La première période (antérieure à 7-8 ans) est une période de raisonnement prélogique où l'enfant ne fait pas de différence entre le déductible et le non-déductible, la deuxième période (7-8 ans) est celle du début de la notion de hasard avec une différenciation entre le hasard et les opérations (déductibles). Au cours de la troisième période, il y a synthèse entre le hasard et les opérations ce qui permet à l'enfant de comprendre la notion de probabilité.

– les études menées sur des enfants, des adolescents et des adultes par Cohen et ses collègues à l'université de Manchester. Ce courant de recherche introduit les premiers véritables paradigmes expérimentaux du jugement probabiliste et établit de nombreux résultats importants qui seront confirmés ou « redécouverts » par la suite (plusieurs résultats peuvent être trouvés dans [COH 63]). A travers ce qu'il nomme la « *psychologie humaniste* », Cohen s'attache à définir les « probabilités psychologiques » de l'homme. Cette terminologie illustre la distinction de Cohen entre les probabilités de l'homme de la rue et les probabilités d'un homme « idéal » de la théorie des probabilités. Les principaux résultats de Cohen et son équipe sont les suivants :

- Non-respect de la contrainte de complémentarité chez des enfants de 9 à 14. Les sujets sont parfois sur-additifs (ils donnent des réponses qui sommées donnent un résultat supérieur à 100% quand l'estimation repose sur le succès et l'échec d'un seul jet de balle) ou sous-additifs (ils donnent des réponses qui sommées donnent un résultat inférieur à 100% quand l'estimation porte le succès et l'échec de plusieurs jets de balle).

- « *l'illusion du joueur* » dans les situations de hasard. Les individus s'attendent à un échec après une série de succès, et, vice versa. Cette illusion affleure tout particulièrement dans les séquences aléatoires binaires, c'est-à-dire une succession d'événements pour lesquels deux issues sont possibles (urne avec des boules de deux couleurs, lancer d'une pièce de monnaie, lampes qui s'allument à droite ou à gauche...). Les personnes pensent qu'il va y avoir un « retour à l'équilibre » partant de l'idée d'une symétrie dans les résultats aléatoires et nient l'indépendance des tirages.

- négligence des informations *a priori* dans une tâche d'échantillonnage dans laquelle les sujets doivent deviner la composition d'une urne en fonction de tirages successifs de boules avec remplacement. Les participants se servent surtout de l'information des tirages les plus récents et négligent les informations données par les premiers tirages.

- premiers travaux sur le « langage de l'incertain », c'est-à-dire sur la signification des termes de l'incertain. Les résultats soulignent la variabilité et le rôle du contexte dans l'emploi par les individus des différents termes pour exprimer

l'incertitude. Soulignons enfin les premières analyses qui ont été réalisées sur la perception du risque.

2.2 *Période de transition : prise en compte du modèle normatif comme référence*

Les années 50 vont marquer l'apparition des modèles mathématiques de la théorie de la décision dans la psychologie de la prise de décision ([BRE 65], [HAM 80], [WIN 86]). De nouveaux courants de recherches, et de nouvelles conceptions de la rationalité émergent. On observe des premiers résultats sur la fiabilité du jugement probabiliste humain. Sans être exhaustif, on peut citer cinq travaux importants qui influenceront les études ultérieures sur le jugement probabiliste.

1954 Ward Edwards publie « The theory of decision making » ([EDW 54]).

Cet article est le premier travail homogène présentant la théorie de la décision comme la base de recherche pour l'étude du comportement humain. Il comporte de nombreuses références à la théorie de la décision, à l'économie, à la théorie des jeux, aux probabilités et aux statistiques, ainsi qu'une revue des expériences existantes. Il annonce la *Théorie Comportementale de la Décision* qui vise à développer de nombreuses expériences mettant en jeu les modèles de la théorie de la décision. Il s'attache à comparer les comportements humains aux prescriptions de la *théorie normative* en définissant un comportement optimum (rationalité instrumentale de maximisation des préférences). Les écarts trouvés doivent servir à améliorer par la suite le comportement humain. (cf. pour une analyse de ces expériences [BRE 65], [HAM 80], [WINT 86]).

1954 Meehl publie ses résultats sur la fiabilité de la prédiction clinique [MEE 54].

Meehl a comparé le jugement statistique (prédiction basée sur les règles statistiques) et le jugement clinique (prédiction basée sur des indices essentiellement qualitatifs). Les erreurs de prédiction des jugements cliniques seraient dues à la non prise en compte d'informations statistiques comme les pourcentages (ou taux de base) de la population auquel le test est appliqué. Ces études seront par la suite souvent citées comme preuves de la faiblesse des jugements humains et de la supériorité de la théorie statistique.

1955 Hammond applique le modèle de *Brunswik [HAM 55].*

Le « fonctionnalisme » de Brunswik développé dans les années 40, s'intéresse à la description d'un jugement perceptif de la taille d'un objet dans différents contextes. Il s'agit de comprendre les liens « fonctionnels » entre un « organisme » (l'homme par exemple) et son environnement. Ces liens « fonctionnels » sont basés sur des relations « fonctionnelles » probabilistes de l'environnement. L'homme reçoit de l'environnement extérieur des informations incertaines (stimuli) et ses actions (réponses) sont aussi incertaines. Le comportement humain est observé à partir d'indices de mesure du monde perçu. Brunswik définit la notion de « *jugement quasirationnel* » comme « compromis » entre l'intuition et l'analyse. Pour lui c'est le mode de cognition en accord avec ses capacités humaines limitées et l'environnement. Hammond va transposer les idées de Brunswik au champ du jugement probabiliste et de la prise de décision. On est dans une optique de métathéorie de correspondance. C'est le début de la *Théorie du Jugement Social* [HAM 80].

1955 Herbert Simon développe le concept de rationalité limitée [SIM 56]

Simon veut fonder les prémisses d'une science de l'homme qui s'accommode de la nature duale de celui-ci (animal, social et rationnel). Il décrit notamment les limites de l'économie classique et l'obligation de l'empirisme. Il prône une théorie du choix, issue de l'observation et de l'expérience qui prenne en compte les « *limites cognitives* » de l'homme. La décision d'un individu est rationnelle si elle est cohérente avec les valeurs, les alternatives et l'information que possède le sujet. Mais l'homme est constitué d'un système de traitement de l'information dont les capacités sont limitées.

1956 Heider conçoit la notion de « sens commun » ou de « psychologie naïve » [HEI 58]

Heider défend l'idée de l'étude du « sens commun » du jugement humain avec notamment ses limites (capacités de l'esprit humain) et l'influence de l'environnement. L'être humain a des structures de connaissances (connaissances abstraites, croyances, etc…) lesquelles lui permettent de définir et d'interpréter les données de sa vie physique et sociale et de faire des jugements intuitifs. Il jette les bases de la *théorie de l'attribution*.

2.3 *« L'homme comme un esprit bayésien »*

La prise en compte de la théorie des probabilités et de la règle de Bayes comme la norme de référence s'effectue au début des années 60 [PET 67]. Le rapprochement entre la psychologie et le modèle probabiliste, n'est pas simplement le fait des psychologues. Il émane également de l'intérêt des théoriciens des probabilités pour la psychologie. En effet, des probabilistes comme de Finetti, Fréchet et Savage s'intéressent aux expériences de la psychologie, même si les motivations diffèrent selon les uns et les autres [BAR 99]. La première étude expérimentale qui prend explicitement comme objet d'étude la règle de Bayes est d'ailleurs conduite par un probabiliste ([ROU 61]). L'article de référence ouvrant le champ de recherche sur le modèle bayésien pour l'étude du jugement probabiliste est co-signé par un psychologue et des théoriciens des probabilités [EDW 63]. Le modèle bayésien y est mis en œuvre comme un modèle d'intégration de l'information. Il s'agit de comprendre comment le « décideur » utilise l'information. La *Théorie Comportementale de la Décision* d'Edwards cherche à évaluer l'impact de l'information sur la révision des probabilités.

2.3.1 *Le paradigme expérimental des urnes et des boules et le phénomène de conservatisme*

Les expériences de la *Théorie Comportementale de la Décision* sur la règle de Bayes sont très nombreuses. Les premiers paradigmes expérimentaux introduits sont des simulations de radar de surveillance dans un contexte militaire. Cependant ces tâches sont très vite jugées trop complexes et seront remplacées par la simple tâche « des urnes et des boules » introduite initialement par Rouanet. Le résultat principal est le phénomène appelé « *conservatisme* ». Le terme « *conservatisme* » ne doit pas être confondu avec l'aversion au risque dans des situations de prise de décision. Il signifie une tendance des sujets à réviser moins fortement leurs jugements initiaux que le préconise la règle de Bayes. Cependant la direction des deux prédictions est la même. Le jugement de probabilité *a posteriori* des sujets est plus proche de la probabilité *a priori* correspondante que ne l'est la probabilité *a posteriori* calculée par la règle *de Bayes*. De très nombreuses études sont concernées par ce phénomène découvert au début des années 60 et qui va activement occuper les chercheurs durant une décennie ([PET 67]). Le paradigme expérimental des urnes et des boules est le suivant :

« *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 biaisé en l'air pour sélectionner une des deux urnes de sorte que la probabilité a priori de sélection de chaque urne est 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 D). Quelle est votre probabilité révisée que l'urne sélectionnée soit l'urne à dominante rouge ? » [PET 67].

Pour l'expérimentateur, les probabilités *a priori* sont $P_{Expérimentateur}(H)=P_{Exp}(\neg H)=0,5$ et les vraisemblances calculées par la loi binomiale donnent $P_{Exp}(D|H)=0,231$ et $P_{Exp}(D|\neg H)=0,008$. La probabilité *a posteriori* calculée par la règle de Base est proche de 1 ($P_{Exp}(H|D)=0,967$). Une large majorité de sujets propose comme réponse $P_{Sujet}(H|D)\approx 0,75$, ce qui est bien inférieur au résultat que l'expérimentateur a calculé par la règle de Bayes. Ce phénomène de *conservatisme* semble assez robuste et est également observé dans des tâches plus complexes.

2.3.2 *Les différentes explications du conservatisme*

Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer le conservatisme

- « *mauvaise agrégation* » ou « *mauvaise réévaluation* » des probabilités (« misaggregation ») est l'hypothèse défendue par Edwards et ses collègues. Les sujets estiment correctement les vraisemblances mais ne savent pas agréger convenablement leurs probabilités, au sens de la règle de Bayes. Cette hypothèse est illustrée par certaines études où l'on demande aux sujets de faire des révisions au fur et à mesure qu'on leur fournit les données, la probabilité finale des sujets est encore plus conservatrice que lorsqu'ils donnent une estimation après une série de données. Edwards propose « d'aider » le sujet en lui évitant d'effectuer lui-même l'agrégation. C'est la méthode connue sous le nom de *P.I.P.* pour « Probabilistic Information Processing ».

- hypothèse « contraire » défendue par Beach, Peterson et leurs collègues est celle de la « *mauvaise perception* » (« misperception »). Les sujets n'éprouvent pas de difficulté dans l'agrégation des probabilités mais se trompent dans l'estimation de la vraisemblance [PET 67].

- hypothèse d'un « artefact » est également évoquée du fait de la sensibilité du phénomène au mode de réponse retenue. Par exemple, les réponses sont plus conservatrices quand il est demandé aux participants de l'expérience de répondre en donnant des probabilités quantitatives que le long d'une graduation en terme de chance, ou s'ils donnent leurs estimations indirectement dans une méthode de paris (pour une revue [BAR 99])

2.3.3 *Les expériences sur l'inférence en cascade*

Plusieurs études ont été menées dans le contexte particulier où le message n'est plus fiable. Ce sont les expériences effectuées par Schum et ses collègues connues sous le nom « *d'inférence en cascade* ». La méthodologie est semblable aux études d'Edwards, à savoir une comparaison entre la probabilité « objective » de l'expérimentateur et l'estimation « subjective » du sujet, les résultats sont néanmoins intéressants car ils mettent à jour une grande sensibilité des sujets à « l'incertitude » qui entoure le message reçu. Dans cette situation le phénomène de conservatisme est inversé, les sujets sont sensibles à l'incertitude avec des révisions en excès par rapport à ce qu'attend l'expérimentateur (par exemple [SCH 73])

2.3.4 *Les expériences de la « Théorie de l'Intégration de l'Information »*

Plusieurs chercheurs jugent la règle de Bayes inadaptée pour étudier la révision probabiliste. Pour eux les individus se servent d'autres règles de révision que l'ont peut transposer mathématiquement. Cette explication est proposée par la « Théorie de l'Intégration de l'Information » développé par Anderson au début des années 1960. L'idée principale de ce courant de recherche se situant dans le champ des « *métathéories de correspondance optimiste* » est de penser que l'individu, qui intègre l'information, utilise une *algèbre cognitive générale* (pour une revue [AND 91]). Cette algèbre peut être « modélisée » par des modèles descriptifs mathématiques. Par exemple le « modèle de la moyenne » (ci-dessous) est comparé à la règle de Bayes dans le paradigme expérimental des urnes et des boules.

Le modèle de la moyenne dans le cas de deux informations (1 et 2) est :

$R = \frac{w_0 s_0 + w_1 s_1 + w_2 s_2}{w_0 + w_1 + w_2}$ avec R la réponse résultante de l'intégration des éléments d'information 1 et 2. w_1 et w_2 sont les « poids » accordés aux deux éléments d'information et s_1 et s_2, les valeurs d'échelle attribuées aux deux éléments. Enfin w_0 et s_0 sont respectivement le poids et la valeur d'échelle accordée à l'impression initiale.

2.4 Premières remarques

Ces premières études semblent mettre en évidence une déficience du jugement probabiliste humain et notamment de la révision probabiliste. Dans la littérature, on en retient que l'homme n'est pas bayésien mais conservateur. La méthodologie de ces études cependant n'est pas adaptée pour conclure définitivement. Elle se base sur

une comparaison entre une probabilité objective calculée par l'expérimentateur avec des inputs (probabilité *a priori* , vraisemblances) eux-mêmes objectifs et les réponses « subjectives » des participants. Comme nous l'avons précisé en introduction, pour les bayésiens, il n'existe pas de « vraies » probabilités au sens où les participants peuvent prendre comme input des probabilités différentes tout en étant bayésien. Les différentes explications du conservatisme ainsi que des résultats des études sur l'inférence en cascade peuvent alors être analysés selon cette nouvelle grille de lecture [BAR 99].
En dépit de cette remarque, la décennie suivante à travers le programme de recherche de la *Théorie psychologique de la décision* sera marqué par un fort pessimisme et continuera à employer la même méthodologie.

3 La période « heuristique et biais » : l'homme comme un esprit « non-bayésien »

3.1 *L'école « heuristiques et biais »*

Au début des années 70, deux anciens étudiants d'Edwards, Kahneman et Tversky proposent une nouvelle approche du jugement probabiliste tant sur la forme des paradigmes expérimentaux utilisés, sur le rôle de la théorie normative que sur les objectifs de recherches. Elle est connue sous le nom de « *théorie psychologique de la décision* » [HAM 80] ou de « *l'école heuristique et biais* » [TVE 74].

- sur le plan expérimental, les individus ne sont plus soumis à des paradigmes expérimentaux comme par exemple celui des urnes et des boules jugé trop proche de la théorie abstraite et en cela artificiel. L'objectif est de placer les sujets dans des situations qui se veulent plus proches de la vie courante.

- la référence normative n'est plus perçue comme un exemple descriptif du comportement réel. Le modèle sert d'instrument de mesure permettant d'illustrer les distorsions entre les résultats des comportements des individus et l'optimum donné par la théorie. Les « erreurs » des sujets sont en fait le reflet des écarts entre la « rationalité limitée » des individus et la « *rationalité instrumentale* » de la théorie normative.

- l'objectif est de définir des caractères cognitifs dans les processus du sujet de collecte, de codage et de traitement de l'information. Les erreurs systématiques dans les estimations de probabilités permettent de mettre en lumière les modalités simplificatrices de l'individu dans le traitement de l'information. Pour les auteurs, les individus possèdent des « capacités limitées » et résolvent les problèmes

complexes au moyen d'*heuristique*s. Contrairement à un programme normatif, l'*heuristique* ne conduit pas toujours à la solution optimum. Ce sont des « règles de pensées » intuitives de l'esprit humain qui parfois induisent les sujets en erreur par rapport à la théorie normative. Les trois principales « *heuristique*s » sont la « *représentativité* », la « *disponibilité* », « *l'ancrage et ajustement* ». Dans ce chapitre nous soulignerons principalement l'heuristique de représentativité et nous présenterons succinctement la disponibilité et l'ancrage et ajustement qui sont les plus utilisés dans le jugement probabiliste [TVE 74].

3.2 *L'heuristique de représentativité*

L'heuristique de *représentativité* est introduite initialement comme synonyme de « *similarité* ». Les sujets sont supposés « activer » une représentation interne de l'objet et c'est cette représentation qui les guide dans leurs réponses.

« Une personne qui suit cette heuristique évalue la probabilité d'un événement incertain ou d'un échantillon en fonction du degré avec lequel cet événement ou échantillon est : (i) similaire dans ses propriétés essentielles à la population parente; et (ii) reflète les traits saillants du processus par lequel il a été généré. Notre thèse est que, dans beaucoup de situations, un événement A est jugé plus probable qu'un événement B, toutes les fois où A parait plus représentatif que B. En d'autres termes, l'ordre des événements par leurs probabilités subjectives coïncide avec leur ordre par représentativité » ([KAH 72b])

L'*heuristique* de *représentativité* concerne donc les jugements d'appartenance (d'inclusion). Par la suite, Tversky et Kahneman affinent le concept d'*heuristique* de *représentativité* en distinguant deux notions ; « *le jugement de représentativité* » et « *le jugement par représentativité* » [TVE 82].

3.2.1 *Le jugement de représentativité*

Le jugement de représentativité est responsable de nombreux « biais », notamment en ce qui concerne la représentation intuitive des échantillons. Généralement, pour établir des prévisions, l'individu extrapole les données d'un petit échantillon à une population plus importante. C'est lors de cette extrapolation que le caractère plus ou moins représentatif de l'échantillon est déterminant. L'*heuristique* de *représentativité* qui intervient dans cette étape entraînerait deux « biais » majeurs de jugement ; le « *sophisme des petits échantillons* » et « *le sophisme du joueur* ».

Le « sophisme des petits échantillons » ou la « loi des petits nombres »

L'erreur porte sur la *représentativité* statistique de l'échantillon en référence à sa population parente, c'est-à-dire à la confiance accordée à un échantillon donné quant à son caractère représentatif de sa population mère. D'après la théorie statistique, un échantillon est dit « *représentatif de sa population mère* » s'il présente (en quantité suffisante) l'éventail des attributs de la population mère en ce qui concerne les caractéristiques étudiées. Plus un échantillon est grand, plus il a de chances d'être représentatif de sa population mère. Or les sujets ne prennent pas en compte la taille des échantillons dans leurs jugements, c'est le « *sophisme du petit échantillon* ». Kahneman et Tversky parlent, aussi, de « *loi des petits nombres* » en référence à la loi des grands nombres de Bernoulli. Dans plusieurs expériences, ils mettent à jour une négligence de la taille de l'échantillon dans l'estimation de la distribution. Le paradigme typique est le suivant :

« *Dans une certaine région, il y a à peu près 1000 bébés qui naissent chaque jour et en moyenne 50% des nouveau-nés sont des garçons. Le pourcentage exact varie néanmoins d'un jour sur l'autre. Selon vous, quel est le pourcentage de jours où le nombre de bébés garçons sera :*

- inférieur à 50 garçons,

- entre 50 et 150 garçons,

- entre 150 et 250 garçons,

...

- entre 850 et 950 garçons,

- supérieur à 950 garçons.

Notez que les réponses incluent toutes les possibilités, aussi la somme de vos réponses doit être 100% » [KAH 72b].

La même question est posée à d'autres sujets, pour une population de 100 bébés et pour une population de 10 bébés en prenant comme catégories respectives 0-5, 5-15, 15-25... et 0, 1, 2, ... Il est bien sûr beaucoup moins probable d'avoir 5% (ou 95%) de nouveau-nés garçons dans un échantillon de 1000 bébés que dans un échantillon de 100 bébés. Mais pour les trois populations, les distributions trouvées sont pratiquement identiques.

Les participants ne tiennent pas compte de la taille de l'échantillon, car elle ne reflète aucune propriété de la population mère. Elle n'est pas représentative du sexe des nouveau-nés et n'entre pas en jeu dans l'heuristique de représentativité.

Les sujets négligent la taille de l'échantillon dans l'estimation de quantité. Le paradigme illustrant ce biais est le suivant :

« *Il y a deux maternités dans une certaine ville. Dans la première, environ 45 bébés naissent chaque jour, dans la seconde, 15 bébés. Comme vous le savez, à peu près 50% des nouveau-nés sont des garçons. Le pourcentage exact varie néanmoins d'un jour sur l'autre. Il peut être tantôt supérieur, tantôt inférieur. Au cours d'une année donnée, chaque hôpital a compté le nombre de journées où ce pourcentage était supérieur à 60%. Selon vous, quelle est la maternité qui a compté le plus grand nombre de telles journées* » [KAH 72b].

La majorité des sujets répondent qu'il y a équiprobabilité des naissances de garçons dans les deux hôpitaux, seulement une petite minorité retient la deuxième maternité (réponse correcte en théorie car plus un échantillon est grand plus il sera proche des caractéristiques de sa population mère et donc des 50% de naissances de garçons).

Le « sophisme du joueur »

Le jugement de représentativité serait à l'origine du sophisme du joueur également décelable dans des contextes différents de celui du jeu (cf. 8.2.1 « *l'illusion du joueur* » de Cohen).

– dans la représentation du hasard. Les phénomènes non ordonnés sont perçus comme une représentation plus juste du hasard. En conséquence, les sujets accorderont dans leurs estimations un poids plus important aux phénomènes qui ont une apparence désordonnée (comme une absence de régularité dans un échantillon aléatoire). Par exemple, une séquence régulière de pile ou de face n'est pas représentative d'un jet de pièce non truquée. De cette façon, les séquences alternées de pile ou face, telles que les PFPFPFPF ou FFPPFFPP, ne reflètent pas l'aléatoire du processus. Ainsi si on donne l'énoncé suivant :

« *Toutes les familles de 6 enfants d'une ville sont étudiées. Dans 72 familles l'ordre exact des naissances filles-garçons est F-G-F-G-G-F. Quelle est votre estimation du nombre de famille dans lesquelles l'ordre exact des naissances est G-F-G-G-G-G?* » [KAH 72b].

Une grosse majorité de sujets estime que la suite F-G-F-G-G-F est plus probable que la suite G-F-G-G-G-G. En termes de probabilités, on a bien sûr, autant de

chances d'avoir les deux séquences (on a 2^6=64 possibilités de séquences pour 6 naissances). Le sujet préfère la séquence F-G-F-G-G-F car elle semble plus chaotique (donc plus aléatoire).

– rétablissement des tendances en nombre. Une autre caractéristique du sophisme du joueur est de croire, pour une estimation donnée, au rétablissement des caractéristiques que possède la population parente. L'expérience type est celle de « la filière d'école » :

« *Un lycée comprend deux filières. Dans la filière A, il y a 65% de garçons; dans la filière B, il y en a 45%. Il y a le même nombre de classes dans chaque filière. Vous entrez dans une classe au hasard; et vous comptez les garçons : il y en a 55%. Si vous devez parier à quelle filière appartient la classe en question, choisiriez-vous A ou bien B*? » [KAH 72b].

Sur les 89 sujets, 67 parient sur la filière A. En effet, dans la classe où l'on entre par hasard, les garçons étant majoritaires, la classe paraît plus représentative de la filière A. Cependant la variance pour p=0,45 dépasse largement celle pour p=0,65, on s'aperçoit qu'il vaut mieux parier sur la filière B.

– rétablissement des tendances en moyenne. Comme pour les proportions, les sujets surestiment la conservation dans les petits échantillons des caractères comme la moyenne de la population. Ils favorisent pour des distributions continues la proximité à la moyenne de la population parente. Le problème suivant illustre ce phénomène :

« *Le Q.I. moyen de la population des élèves de huitième d'une ville est de 100. Vous avez sélectionné un échantillon au hasard de 50 enfants pour une étude sur la réussite à l'école. Le premier enfant testé a un Q.I. de 150. Quel sera, à votre avis le Q.I. moyen de votre échantillon* ».

Le Q.I. moyen correct est 101 $\left(\frac{(49\times100)+150}{50}\right)$. Cependant la plupart des sujets répondent 100. Pour Kahneman et Tversky, les participants subissent « l'illusion du joueur » en pensant que les 49 autres Q.I. des enfants vont rétablir la moyenne de 100.

8.3.2.2 *Le jugement par représentativité*

Le jugement par représentativité est selon la *Théorie psychologique de la décision* responsable de deux biais : la « négligence des taux de base » et le « sophisme de la conjonction ».

La « négligence des taux de base »

Un taux de base est une référence numérique qui décrit la distribution d'un caractère dans une population. Il est représenté par des pourcentages (ou des fréquences). Ces informations, sont considérées par les expérimentateurs comme les probabilités *a priori* que doivent adopter les participants. De nombreuses études mettent en évidence, à la lumière de la référence de la règle de Bayes (avec comme probabilité *a priori* , les taux de base), une négligence des taux de base dans les révisions des sujets. Ce phénomène serait dû, au jugement par représentativité. Deux types de paradigmes expérimentaux sont utilisés : le « paradigme d'école » et le « paradigme de jugement social ».

– le « paradigme d'école ».

L'exemple d'un tel paradigme est le « problème des taxis ».

« *On compte, dans une certaine ville, 85% de taxis verts et 15% de bleus. Un accident a lieu dans lequel un taxi est impliqué. Un témoin affirme que le taxi était bleu. Une série de tests montre que le témoin est fiable à 80% : il identifie correctement la couleur d'un taxi, qu'il soit vert ou bleu, dans 80% des cas. Quelle est la probabilité que le taxi impliqué soit effectivement bleu* » [KAH 72a].

L'expérimentateur calcule $P_{Exp}(V|"V")$ par l'identité de Bayes : $P_{Exp}(VERT|"VERT")=\frac{0,15\times 0,8}{0,15\times 0,8+0,85\times 0,2}=0,41$ et $P_{Exp}(BLEU|"VERT")=0,59$.

Une grande majorité de sujets indique spontanément 80%. Ils négligent l'information des taux de base en privilégiant l'information la plus récente.

Ce paradigme ressemble à celui des urnes et des boules de la Théorie Comportementale de la Décision. Cependant, le résultat trouvé s'oppose à l'idée du conservatisme. Le phénomène de conservatisme se traduit en effet par une probabilité *a posteriori* proche de la probabilité *a priori* alors que la négligence des taux de base consiste à estimer la probabilité *a posteriori* en négligeant la probabilité *a priori*.

– le « paradigme de jugement social ».

Dans ce type de paradigme, l'information probante spécifique n'est plus donnée sous une forme quantitative mais qualitative. Le « problème des Ingénieurs et des Avocats » illustre ce genre de paradigme [KAH 73]. On présente à un premier groupe de sujets l'histoire suivante.

« *Un panel de psychologues a interrogé et fait passer des tests de personnalités à 30 ingénieurs et à 70 avocats qui ont tous très bien réussi dans leurs spécialités. Sur la base de ces informations, des descriptions des 30 ingénieurs et 70 avocats ont été écrites. Vous trouverez sur vos questionnaires cinq descriptions choisies au hasard parmi les 100 descriptions disponibles. Pour chaque description, veuillez indiquer votre probabilité que la personne décrite soit un ingénieur (ou un avocat), sur une échelle de 1 à 100.*

La même tâche a été effectuée par un panel d'experts qui ont été très précis dans leurs estimations de probabilités des différentes descriptions. Vous recevrez un bonus proportionnel à la proximité de vos estimations à celles des experts ».

Un second groupe d'étudiants reçoit la même instruction mais avec des taux inversés 70%, 30%. Parmi les cinq descriptions quatre descriptions sont « informatives » comme celle de Jacques et une est non informative, celle de Dick.

« *Jacques est un homme de 45 ans. Il est marié et a quatre enfants. Il est en général conservateur, 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 puzzles*».

« *Dick est un homme de 30 ans; il est marié, sans enfant. Homme de grande aptitude et hautement motivé, il promet tout à fait de réussir dans son domaine. Il est bien apprécié de ses collègues* »

Les sujets répondent de la même façon dans les deux groupes. Pour Tversky et Kahneman les sujets ont répondu selon un jugement par représentativité. Ils ont simplement évalué la similarité entre les descriptions et le stéréotype de la profession d'un ingénieur. Pour la description de Dick, non-informative, la médiane des pourcentages donnés par les deux groupes est de 50%. Les sujets semblent avoir totalement ignoré les taux de base.

L'« erreur de conjonction »

Le deuxième type d'erreur qui serait attribuable au jugement par représentativité est le « sophisme de la conjonction ». Dans la théorie des probabilités, quand deux événements A et B sont indépendants, la probabilité de l'événement conjonctif $A \cap B$ est le produit des deux probabilités des événements A et B. En conséquence, $P(A \cap B) \leq P(A)$, $P(A \cap B) \leq P(B)$. Or Tversky et Kahneman montrent que les sujets ont tendance à ne pas respecter ces relations. Le problème « Linda » est le paradigme le plus usité pour mettre en lumière ce phénomène.

« *Linda a 31 ans, elle est célibataire, elle a un franc-parler et elle est très brillante. Elle a terminé des études de philosophie. Etudiante, elle était extrêmement sensible aux questions de discrimination et de justice sociale ; elle a également pris part à des manifestations antinucléaires.*

Veuillez noter les propositions suivantes selon leur probabilité, en donnant 1 à la plus probable et 8 à la moins probable :

a. Linda est institutrice.
b. Linda travaille dans une librairie et suit des cours de yoga.
c Linda milite dans un mouvement féministe.
d Linda est assistante sociale en milieu psychiatrique.
e Linda est membre de la Ligue des Electrices (Leagues of Women Voters).
f Linda est employée dans une banque.
g Linda est représentante en assurances.
h Linda est employée de banque et milite dans un mouvement féministe » [TVE 82].

Presque 90% des sujets des sujets donnent à h (conjonction de c et f) un rang inférieur (plus probable) à celui de f. Ce résultat est très robuste, même dans des situations où l'on présente seulement les options c, f et h.

3.3 *L'« heuristique de disponibilité »*

L'heuristique de disponibilité est liée aux processus mnésiques. Quand les sujets tentent d'évaluer la fréquence d'un événement à venir, ils recherchent dans leurs souvenirs des événements analogues. Ces souvenirs affleurent de manière plus ou moins facile. Cela dépend si les souvenirs des événements sont disponibles en mémoire. Les degrés de disponibilité sont pris comme indices de fréquence de probabilité. Les événements les plus fréquents (ou qui semblent les plus fréquents pour le sujet) sont spontanément plus facilement rappelés (plus disponibles en

mémoire) que les faits exceptionnels. Cette facilité à réactiver un souvenir est considérée par le sujet comme une information de probabilité. Cette heuristique de disponibilité peut entraîner certains biais en accordant un poids élevé à certaines informations. L'énoncé type des paradigmes utilisés est le suivant :

« *La fréquence d'apparition des lettres en anglais est étudiée. Un texte typique est sélectionné, et la fréquence relative d'apparition des différentes lettres de l'alphabet en première et en troisième positions des mots est calculée. Les mots de moins de trois lettres sont exclus du compte. On va vous présenter différentes lettres et vous devrez juger si cette lettre apparaît plus fréquemment en première ou en troisième position et estimer le rapport des deux fréquences.*

Considérez la lettre R (respectivement K, L, N, V)
est-ce que R apparaît plus fréquemment
- en première position ?
- en troisième position ?
Mon estimation du rapport des deux fréquences est __ » [TVE 73].

Une grande majorité de sujets pense qu'il est plus vraisemblable de trouver ces cinq lettres en première position qu'en troisième. Il en est de même lorsque l'on présente séparément les cinq lettres aux sujets. En réalité, ces cinq consonnes apparaissent plus fréquemment en troisième position qu'en première. Pour les auteurs le jugement de fréquence dans cet exemple est lié à la facilité des sujets à évoquer des mots commençant par la lettre. Pour la lettre R par exemple, les sujets construiront plus facilement le mot « Rabbit » que le mot « Car ».

3.4 L'« heuristique d'ancrage et ajustement »

L'heuristique d'ancrage et ajustement est la stratégie qui consiste à se baser sur une information particulière à la manière d'une « ancre » du jugement. La personne ne procède ensuite que par ajustement souvent trop faible par rapport à cette valeur. Dans le paradigme utilisé par Kahneman et Tversky, on demande au sujet quel est le pourcentage aux Nations Unies de pays africains [TVE 74]. On agit en trois étapes :

– (1) on fait tourner « une roue de la fortune » portant des numéros de 1 à 100.

– (2) on indique au sujet si la proportion des pays africains est supérieure ou inférieure au nombre trouvé par la roue de la fortune.

– (3) le sujet doit donner une estimation du pourcentage des pays africains aux Nations Unies.

Les résultats montrent une forte corrélation entre le nombre trouvé dans l'étape (1) et celui donné par les sujets dans l'étape (3). Par exemple, si dans l'étape (1) le numéro est 65, alors le pourcentage estimé est de 45%, s'il est de 10 le pourcentage estimé est de 25%.

Pour Kahneman et Tversky les sujets attachent une grande importance au numéro de l'étape (1) même s'il est le fruit du hasard. Ce chiffre sera le point de base (d'ancrage) à partir duquel le sujet effectue des ajustements.

Le deuxième problème illustrant cette heuristique est celui du « calcul mental ». On donne à deux groupes de sujets la version a ou b suivante :

a. « *Vous allez disposer d'exactement 5 secondes pour répondre à la question suivante : évaluer le produit 1×2×3×4×5×6×7×8* ».

b. « *Vous allez disposer d'exactement 5 secondes pour répondre à la question suivante : évaluer le produit 8×7×6×5×4×3×2×1* » [TVE 73].

Le peu de temps accordé aux sujets vise à les forcer à extrapoler le résultat sans faire un calcul exact. Kahneman et Tversky formulent deux hypothèses. D'une part si les sujets utilisent l'heuristique d'ancrage et ajustement, les estimations dans les deux groupes seront sous-estimées par rapport au résultat réel (40320). D'autre part, comme dans le groupe b, les premiers produits sont les plus élevés, les estimations issues de ce groupe seront plus élevées que dans le groupe a. Les résultats confirment ces deux hypothèses puisque la médiane des réponses est de 512 pour a et 2250 pour b.

L'heuristique d'ancrage et ajustement serait responsable de deux biais ; celui de surestimer les probabilités conjonctives et celui de sous-estimer les probabilités disjonctives [TVE 74]. Il pourrait également expliquer le phénomène de conservatisme.

3.4.1 Surestimation des probabilités conjonctives

On demande à des sujets de choisir la situation la plus probable parmi les deux situations suivante A et B.

A : sortir sept fois de suite dans un tirage aléatoire (avec remise) une boule noire d'une urne contenant neuf boules noires et une boule blanche ou

B : sortir une boule blanche dans un seul tirage aléatoire d'une urne contenant cinq boules noires et cinq boules blanches,

La probabilité de la situation A est $P(A)=(0,9)^7=0,478$, celle de B est $P(B)=0,5$. La situation B est la plus favorable, cependant, l'écrasante majorité préfère A à B [BAR 73]. Les sujets s'ancrent sur la probabilité du premier tirage, c'est-à-dire ils comparent 0,9 à 0,5 [TVE 74].

3.4.2 Sous-estimation des probabilités disjonctives

On donne le problème complémentaire. Choisir entre :

A' : sortir au moins une fois dans sept tirages aléatoires (avec remise) une boule blanche d'une urne contenant neuf boules noires et une boule blanche ou

B : sortir une boule blanche dans un seul tirage aléatoire d'une urne contenant cinq boules noires et cinq boules blanches.

La probabilité de A' est $P(A')=1-P(A)=0,522$. La majorité des sujets choisissent la situation B [BAR 73]. Les sujets baseraient également leur jugement simplement sur le premier tirage (0,1 comparé à 0,5) [TVE 74].

3.4.3 Conservatisme et heuristique d'ancrage et ajustement

Les individus pour effectuer leurs jugements prennent comme référence la probabilité a priori (ancrage) et font ensuite un ajustement trop faible par comparaison à ce que donne la règle de Bayes.

3.4 *L'influence de l'école heuristique et biais*

L'influence de l'école heuristique et biais a été importante en psychologie mais ses résultats sont également cités dans de nombreux autres domaines dans lesquels le jugement probabiliste joue un rôle important.

On retrouve ainsi la même méthodologie expérimentale avec des paradigmes similaires dans des domaines variés :

– en ce qui concerne la psychologie, la *Théorie de l'Attribution* en est un exemple [NIS 80].

– en ce qui concerne les autres disciplines, sans être exhaustif on peut citer, le droit, l'économie, l'audit , le diagnostic médical (cf. pour une revue [BAR 99]).

Les différents résultats de la *théorie psychologique de la décision* ont aussi servi d'illustration pour démontrer les limites de la rationalité humaine. Ils expliqueraient des comportements « irrationnels » en politique économique, en management et en marketing, dans la pratique quotidienne de la prise de décision et on cite même ces travaux dans la presse à grand public (cf. pour une revue BAR 99]).

Ces résultats sont également souvent évoqués en intelligence artificielle ou en économie pour proposer de nouveaux modèles normatifs en dehors du bayésianisme.

Enfin ce courant a suscité de nombreuses discussions et controverses, comme nous allons l'analyser dans la partie suivante.

4 La période de réaction : vers un nouvel optimisme

Ces dix dernières années des discussions critiques ont vu le jour dans le champ de la psychologie, mais également dans celui de la philosophie. De nombreuses expériences ont eu comme objectif de démontrer le manque de robustesse des « biais » mis à jour ainsi que la fragilité de leur explication par les heuristiques. Au total, de vifs échanges sont intervenus entre les partisans de la *Théorie psychologique de la décision* et ses nombreux détracteurs par articles interposés ou dans les colloques. Une véritable polémique sur la pertinence des travaux de la *Théorie psychologique de la décision* (à la hauteur de leur renommée et de leur influence) s'est ainsi instaurée. Avant de discuter en détail les nombreuses critiques, en nous appuyant en particulier sur les exemples des expériences liées à la règle de Bayes et à l'explication par l'heuristique de représentativité, soulignons tout d'abord la grande diversité des sources des critiques.

– en psychologie, les critiques viennent souvent des approches situées dans les « métathéories de correspondance » comme la Théorie du jugement social [HAM 96], la Théorie de l'Intégration de l'Information [AND 91]. Plus surprenant, on trouve parmi les critiques les noms des premiers chercheurs situés dans les « métathéories de la correspondance » comme Edwards ou Phillips (cf. [BAR 99]). Il est intéressant de remarquer également que Nisbett et ses collègues adoptent actuellement une position beaucoup moins négative quant aux « biais » trouvés ([NIS 93]).

– la deuxième source de critique émane de la philosophie avec plusieurs discussions critiques sur la valeur des expériences de la *Théorie psychologique de la décision* et sur la conclusion à l'« irrationalité humaine ». De nombreux philosophes définissent la « rationalité » humaine à l'aide d'arguments conceptuels optimistes (par exemple [COH 81]). Plus précisément de nombreuses critiques se focalisent sur la norme utilisée (la théorie bayésienne), la manière dont cette norme est mise en œuvre, ainsi que sur le déroulement et le contexte des paradigmes expérimentaux de la *Théorie psychologique de la décision.* Ces discussions sont le fait de

psychologues, de philosophes et de théoriciens des probabilités ([BAR 99] pour une revue).

4.1 *Les heuristiques en question*

Pour les détracteurs de la *Théorie psychologique de la décision*, les heuristiques sont perçues comme des explications circonstancielles et arbitraires des phénomènes mis à jour empiriquement. Elles auraient un intérêt si on pouvait les tester empiriquement de manière satisfaisante et si elles étaient, de plus, intégrées dans un modèle plus global cernant toutes les activités cognitives, qui permettraient de comprendre comment ces heuristiques sont activées. Les arguments sont les suivants :

– absence d'explication du processus cognitif. Les heuristiques pour beaucoup ne sont que la description de ce que fait le sujet, mais ne sont nullement une explication cognitive [AND 91].

– absence de définitions précises des heuristiques. Les définitions des heuristiques sont assez vagues et l'absence d'une transcription par un modèle descriptif des heuristiques entretient leur imprécision. Il faut chercher chez d'autres auteurs des tentatives d'une modélisation descriptive des heuristiques (par exemple [SHA 94]).

– Les limites de l'explication par les heuristiques. Les heuristiques ne sont pas les seules explications possibles des réponses des sujets.

- 1. d'autres stratégies que l'heuristique de représentativité peuvent expliquer le sophisme du petit échantillon (par exemple [OLS 76]) ou celui du « joueur » [POL 84].

- 2. il en est de même pour expliquer la négligence des taux de base. Par exemple une explication alternative à l'heuristique de représentativité est celle selon laquelle les sujets ont tendance à confondre les probabilités conditionnelles. Les sujets ne donnent pas comme réponse $P_S(H|D)$ mais $P_S(D|H)$. Cependant les remarques faites pour l'heuristique de représentativité sont également valables sur cette dernière explication. En effet, si beaucoup de chercheurs soulignent l'erreur de confusion des probabilités conditionnelles, il est rare de trouver des explications cognitives de ce phénomène. En d'autres termes, on remplace l'explication floue de l'heuristique de représentativité par un nouveau biais sans connaître les raisons de ce biais. On peut se demander si c'est le jugement par représentativité qui entraîne la confusion des probabilités conditionnelles ou bien l'inverse. Dans la première hypothèse, la confusion des probabilités conditionnelles est exactement le même phénomène que ce que la *Théorie psychologique de la décision* appelle négligence

des taux de base. Dans la seconde, il n'y a pas de négligence des taux de base mais une autre « erreur », celle de la confusion des probabilités conditionnelles.

- 3. on peut également donner (comme pour le phénomène de conservatisme) une explication selon laquelle les sujets utilisent un modèle algébrique [HOG 92].

4.2 *La notion de « biais » en question*

Cette critique provient des défenseurs du camp de la métathéorie optimiste. Ces derniers ne comprennent pas que l'on puisse partir des « erreurs » ou des « biais » pour analyser les jugements probabilistes humains. La littérature souligne quatre arguments dans ce sens.

– absence d'une définition claire de la notion de « biais ». Les « biais » sont usuellement confondus avec les termes « d'erreurs » et de « sophismes ». Ils traduisent les distorsions trouvées entre le modèle théorique et les inférences des sujets. Cette distinction cependant, est importante car elle permet de conclure sur la « rationalité » ou « l'irrationalité » humaine. Il est rare en effet de trouver des précisions sur ce point dans l'abondante littérature de la *Théorie psychologique de la décision* alors que ces termes sont les fondements de son programme de recherche. Il est difficile de distinguer dans les différentes études ce qui touche à un sophisme véritable ou à une mauvaise compréhension des participants des expériences.

– les « biais » trouvés disparaissent si on ne prend plus comme référence une norme théorique. Cet argument est souvent avancé en ce qui concerne la négligence des taux de base. Dans plusieurs études basées sur une métathéorie de correspondance, on a une utilisation des taux de base par les participants [HAM 96].

– les « biais complexes » trouvés par la *Théorie psychologique de la décision* peuvent également s'expliquer par d'autres « biais simples » découverts auparavant [POU 94].

– les biais cités dépendent d'autres biais. Par exemple, plusieurs études montrent que les sujets négligent l'information taux de base P(H) mais sont en même temps « pseudodiagnostiques » (ils négligent aussi l'information $P(M|\neg H)$, cf. par exemple [BEY 83]) ou ne respectent pas la contrainte de complémentarité [BAR 00].

– les biais ne sont pas des phénomènes robustes. Ils sont sensibles à plusieurs facteurs

- 1. de présentation. Par exemple, la négligence des taux de base est moindre lorsqu'on présente les informations de façon séquentielle, visuellement, en seconde position ([BAR 99] pour une revue).

- 2. de contexte. Par exemple, dans un contexte familier comme le sport les sujets sportifs répondent correctement pour un problème analogue à celui des maternités ([POU 94]). Il en est de même pour la négligence des taux de base quand on place les sujets dans un contexte statistique.

- 3. connaissance du domaine. Par exemple, lorsque les individus se basent sur des échantillons dont les membres représentatifs de la population parente leur sont connus. Plus exactement, quand ils ont une représentation du caractère homogène ou non de la population, ils peuvent utiliser des statistiques intuitives qui sont semblables aux statistiques de la théorie. Les gens paraissent ainsi détenir une connaissance intuitive de la loi des grands nombres. Ils sont plus précautionneux dans leurs estimations quand la taille de l'échantillon est petite et quand ils n'ont pas de croyance à priori quant à l'homogénéité de la population de l'échantillon. Quand nous estimons la représentativité d'un échantillon, nous nous basons sur des croyances « intuitives » quant à l'homogénéité de certains traits de classes ou d'événements de l'échantillon. [NIS 93]

– « biais » ou limites des normes théoriques utilisées. Certains psychologues trouvent étonnant que les « distorsions » mises à jour soient analysées comme des « erreurs » des sujets alors que l'on pourrait conclure d'une manière inverse que ces inconsistances soulignent les limites du modèle normatif utilisé.

– inadaptation des modèles théoriques. Les systèmes normatifs sont des critères inadaptés pour juger des inférences probabilistes humaines car ils supposent des facultés computationnelles des humains qui ne sont pas réalistes du fait notamment de la notion de « rationalité limitée ».

– les « biais » ne sont pas des sophismes pour la théorie bayésienne subjective. L'argument est identique à celui discuté pour le phénomène de conservatisme. Pour les bayésiens, la cohérence se mesure sur le respect des axiomes de Kolmogorof et si la révision des degrés de croyance suit la règle de Bayes. Pour eux, les sujets peuvent avoir des probabilités *a priori* différentes entre elles et surtout différentes de celles de l'expérimentateur. Il en est de même pour les probabilités affectées à l'information issue du message discriminant [BAR 99].

4.3 *La théorie bayésienne comme norme comparative en question*

Les « biais » révélés par la *Théorie psychologique de la décision* se présentent comme des « distorsions » par rapport à une norme précise. Par exemple la négligence des taux de base est mise à jour par comparaison avec la règle de Bayes. Il faut avant de conclure à un « biais » être sûr que le modèle de référence sera admis comme modèle normatif. De très nombreux articles dénoncent l'utilisation de

la théorie bayésienne comme modèle unique de référence du jugement probabiliste humaine (cf. par exemple [COH 81]). Ils présentent les arguments suivants.

– l'homme comme un « esprit fréquentiste ». Cet argument provient essentiellement de Gigerenzer et ses collègues. Pour eux, les humains comme les autres animaux se sont adaptés grâce à des représentations de fréquences d'événements et non pas des représentations d'événements isolés. Cette idée était déjà présente chez les « associationnistes » comme Hartley et chez Hume. Elle se retrouve dans l'hypothèse du « processus automatique fréquentiste » (« automatic frequency processing ») de Hasher et Zacks [HAS 84] selon laquelle l'homme enregistre naturellement les fréquences des événements passés. En effet, plusieurs études montrent que la simple répétition d'un grand ensemble de propositions a pour conséquence d'augmenter les probabilités subjectives de leur véracité sous le contrôle d'une expérience où les propositions n'étaient pas répétées. Ces expériences tendent à prouver qu'une représentation des fréquences d'événements semble naturelle pour l'homme (par exemple [GIG 95]). Cette hypothèse va à l'encontre des paradigmes expérimentaux de la *Théorie psychologique de la décision* basés sur des pourcentages d'événements isolés. Ainsi, si ces paradigmes revêtaient une présentation fréquentiste, on pourrait s'attendre à ce que les performances des sujets soient meilleures. Par exemple, si on prend le paradigme du test médical, la présentation standard où les sujets négligent les taux de base s'énonce :

« 1% des femmes de 40 ans qui participent à un dépistage de routine ont un cancer du sein. 80% des femmes avec un cancer du sein auront des mammographies positives. 9,6% des femmes sans cancer du sein auront aussi des mammographies positives. Une femme appartenant à cette tranche d'âge a eu lors d'un dépistage de routine une mammographie positive. Quelle est la probabilité qu'elle ait réellement un cancer du sein ? __% »

Quand la tâche est formulée dans un format fréquentiste elle s'écrit :

« 10 femmes de 40 ans sur 1000 qui participent à un dépistage de routine ont un cancer du sein. 8 femmes sur les 10 avec un cancer du sein auront des mammographies positives. 95 femmes sur les 990 sans cancer du sein auront aussi des mammographies positives. Une femme appartenant à cette tranche d'âge a eu lors d'un dépistage de routine une mammographie positive. Quelle est la probabilité qu'elle ait réellement un cancer du sein ? __% »

Sous ce format les réponses des sujets se rapprochent de celles calculés par la règle de Bayes. Cependant ces deux ne sont pas véritablement isomorphes. Si on applique la règle de Bayes pour le format fréquentiste, on a $\mathrm{P}(\text{maladie} \mid \text{symptôme}) = \frac{\frac{8+2}{8+2+95+895} \times \frac{8}{8+2}}{\frac{8+95}{9+2+95+8955}} = \frac{8}{8+95}$ et donc la probabilité *a posteriori* ne dépend que des nombres 8 et 95 qui proviennent du message diagnostique. Le format fréquentiste ne semble pas constituer une preuve à proprement parler de l'utilisation des taux de base par les sujets puisque, dans cette condition, il est « rationnel d'ignorer l'information taux de base » (cf. [KLE 97]).

– D'autres solutions normatives sont possibles. Il existe de nombreuses autres modélisations possibles des degrés de croyance en dehors du champ classique de la théorie des probabilités. Ces différentes théories fournissent d'une part des explications possibles aux réponses des sujets dans les différents paradigmes expérimentaux utilisés et peuvent d'autre part être prises comme norme de référence pour l'étude expérimentale (voir [BAR 99] pour une revue).

4.4 *Conséquences « néfastes » de la méthodologie utilisée*

La méthodologie de la *Théorie psychologique de la décision* n'est pas neutre. En effet, elle a conduit à privilégier indûment l'étude des « biais » plutôt que celle des processus cognitifs (les heuristiques). La méthodologie de la *Théorie psychologique de la décision* se caractérise par une utilisation (consciente ou inconsciente) des paradigmes expérimentaux de telle sorte qu'ils favorisent et encouragent les erreurs des sujets. Quatre raisons sont évoquées pour soutenir cet argument « d'encouragement aux biais ».

– l'attrait des chercheurs pour les « biais » humains. La focalisation sur les biais n'est pas, pour certains, le fruit du hasard. Elle répond à un goût des chercheurs de l'inférence probabiliste en psychologie et dans d'autres domaines.

– la logique des expériences. Beaucoup d'auteurs dénoncent le fait que les paradigmes expérimentaux n'aient que deux résultats possibles. Soit on donne le même résultat que la théorie des probabilités, soit on répond par les heuristiques de la *Théorie psychologique de la décision.* Cette logique ne peut que faire en sorte qu'une ou l'autre hypothèse est corroborée par les données expérimentales. Cette méthodologie est classique mais les problèmes de la *Théorie psychologique de la*

décision ont la particularité de toujours favoriser la réponse obtenue par les heuristiques. Cet argument est exact mais il peut aussi être retourné. En effet, si la méthodologie de la *Théorie psychologique de la décision* est incorrecte, alors pourquoi plusieurs études critiques à l'encontre de la *Théorie psychologique de la décision* sont-elles aussi construites sur cette logique ? En effet, elles offrent deux résultats possibles ; l'un est la retranscription exacte des résultats de la *Théorie psychologique de la décision*, l'autre une amélioration des performances des sujets avec comme conclusion immédiate le rejet des explications de la *Théorie psychologique de la décision*.

– l'ambiguïté pragmatique des paradigmes et l'influence du contexte. Certains chercheurs dénoncent le fait que les paradigmes expérimentaux pour des raisons pragmatiques influencent les sujets dans la mauvaise direction. De nombreuses expériences reprennent les paradigmes expérimentaux en prenant en considération des facteurs pragmatiques. Les paradigmes sont écrits d'une manière compliquée favorisant les erreurs des sujets et à l'aide de théorie de la pragmatique du langage, il est possible de réécrire les différents énoncés et d'augmenter significativement les performances des sujets (pour une revue [HIL 95]). Par exemple si on reprend l'erreur de conjonction (problème de Linda), il a été montré qu'une majorité des sujets comparent $P(A \cap B)$ et $P(A)$ comme étant $P(A \cap B)$ et $P(A \cap \neg B)$ ([POL 91].

– traitement des résultats. L'école heuristique et biais ne semble pas traiter ses données de manière optimale pour vérifier effectivement si les réponses des sujets sont vraiment des biais (par exemple au sujet de l'utilisation des taux de base voir [BAR 00]).

5 Les questions ouvertes du jugement probabiliste

L'étude du jugement probabiliste a été fortement marquée par la métathéorie de cohérence. Le modèle bayésien a été pratiquement la référence unique des études expérimentales. On peut s'étonner de la quasi-absence de réflexion sur les contraintes qu'un tel modèle impose au travail expérimental. Clairement la méthodologie utilisée ne prend pas en considération l'interprétation épistémique des probabilités. Une véritable recherche ne se limitant pas exclusivement au modèle bayésien reste à faire pour savoir tout d'abord de quel modèle normatif la performance humaine dans le jugement probabiliste se rapproche -t-elle le plus et ensuite pour élaborer un modèle descriptif.

Une conséquence de cette démarche de cohérence a été de s'intéresser à des jugements probabilistes complexes comme par exemple le processus de révision probabiliste au détriment d'une étude de la logique élémentaire du jugement probabiliste. Suivant cette idée, deux phénomènes stables de la littérature pourraient être approfondis : Le problème du non-respect de la complémentarité et celui de la confusion des probabilités conditionnelles.

Bibliographie

[AND 91] ANDERSON, N. H. (1991). *Information Integration Theory,* Volume I et II: Cognition. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale

[BAR 99] BARATGIN, J. (1999). *Psychologie du raisonnement probabiliste dynamique.Recherches historiques, pragmatiques et expérimentales sur la règle de Bayes.* Thèse de l'Ecole Polytechnique (France).

[BAR 00] BARATGIN, J., NOVECK, I. A. (2000). Not only base rates are neglected on the Engineer-Lawyer problem: An investigation of reasoners' underutilization of complementarity. *Memory & Cognition, Vol. 29*, No. 1, 79-91.

[BAR 73] BAR-HILLEL, M. (1973). On the subjective probability of compound events. *Organizational Behavior and Human Performance, 9*, 396-406.

[BEY 83] BEYTH-MAROM, R., FISCHHOFF, B. (1983). Diagnosticity and Pseudodiagnosticity. *Journal of Personality and Social Psychology, 45(6),* 1185-1195.

[BRE 65] BRESSON, F. (1965). Les décisions, dans Fraisse, Piaget (dir.*). Traité de psychologie. Langage, Communication et Décision*. *Tome VIII,* Chapitre XXIX, p. VIII-221-VIII-306.

[COH 63] COHEN, J. (1963). *Hasard, Adresse et Chance : La psychologie du pari et du jeu.* P.U.F., Paris. Traduit par Grin, E.

[COH 81] COHEN, L. J. (1981). Can human irrationality be experimentally demonstrated?. *The Behavioral and Brain Sciences, 4*, 317-331 et 359-370.

[EDW 54] EDWARDS, W. (1954). The theory of decision making. *Psychological Bulletin, 51*, 380-417

[EDW 63] EDWARDS, W. LINDMAN, H., SAVAGE, L. J. (1963). Bayesian statistical inference for psychological research. *Psychological Review, 70*, 193-242.

[FIN 37] DE FINETTI, B. (1937). La prévision, ses lois logiques, ses sources subjectives. *Annales de l'institut Henri Poincaré, Vol. VII,* 1-68.

[GIG 95] GIGERENZER, G., HOFFRAGE, U. (1995). How to Improve Bayesian Reasoning Without Instruction: Frequency Formats. Psychological Review, *102*, 684-704.

[HAM 55] HAMMOND, K. R. (1955). Probabilistic functionalism and the clinical method. *Psychological Review, 62*, 255-262.

[HAM 80] HAMMOND, K. R., MCCLELLAND, G. H., MUMPOWER, J. (1980). *Human Judgment and Decision Making. Theories, Methods, and Procedures.* Praeger. Hemisphere Publishing Corporation.

[HAM 96] HAMMOND, K. R.. (1996). *Human Judgment and Social Policy, Irreductible uncertainty, Inevitable Error, Unavoidable Injustice.* New-York, Oxford University Press.

[HAS 84] HASHER, L. et ZACKS, R. T. (1984). Automatic processing of fundamental information. The case of frequency of occurrence. *American Psychologist, 39*, 1327-1388.

[HEI 58], F. (1958). The psychology of interpersonal relations. New-York: Wiley.

[HIL 95] HILTON, D. J. (1995). The Social Context of Reasoning: Conversational Inference and Rational Judgment. *Psychology Bulletin, 118(2)*, 248-271.

[HOG 92] HOGARTH, R. M., EINHORN, H. J. (1992).Order Effects in Belief Updating : AThe Belief-Adjustement Model, *Cognitive Psychology*, *24*, 1-55.

[JUN 83] JUNGERMANN, H. (1983). The two camps on rationality. Dans R. W. SCHOLZ (Ed.). *Decision Making Under Uncertainty.* North-Holland. Amsterdam, New-York et Oxford (1983), p. 63-86.

[KAH 72a] KAHNEMAN, D., TVERSKY, A. (1972). On prediction and judgment. Oregon Research institute, *Research Bulletin, 12*(4).

[KAH 72b] KAHNEMAN, D., TVERSKY, A. (1972). Subjective probability: A judgment of representativeness. *Cognitive Psychology*, *3*, 430-450.

[KAH 73] KAHNEMAN, D., TVERSKY, A. (1973). On the psychology of prediction. *Psychological Review, 80*, 237-251

[KLE 97] KLEITER, G. D., KREBS, M., DOHERTY, M., E., GARAVAN, H. CHADWICK, B. (1997). Do Subjects Understand Base Rates. *Organizational Behavior and Human Decision Process*, *72(1)*, 25-61.

[MEE 54] MEEHL, P. E. (1954). *Clinical Versus Statistical Prediction: A Theoretical Analysis and a Review of the Evidence*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

[NIS 80] NISBETT, R. E., ROSS, L. (1980*). Human Inference: Strategies and shortcomings of social judgment.* Prentice-Hall.

[NIS 93] NISBETT, R. E. (1993). *Rules For Reasoning*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. Hillsdale, New-Jersey, Hove et London.

[OLS 76] OLSON, C.L. (1976). Some apparent violations of the representativeness heuristic in human judgment. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *2*, 599-608.

[PIA 51] PIAGET, J., INHELDER, B. (1951, 1974). *La genèse de l'idée de hasard chez l'enfant*. Presses Universitaires de France, Paris.

[PET 57]. PETERSON, C. R., BEACH, L. R. (1967). *Man as an intuitive statistician. Psychological Bulletin*, *68*, 29-46.

[POL 84] POLLATSEK, A, KONOLD, C. E., WELL, A. D., LIMA, S. D. (1984). Beliefs underlying random sampling. *Memory and Cognition*, *12(4)*, 395-401.

[POL 91] POLITZER, G., NOVECK, I. (1991). Are conjunction rule violations the result of conversational rule violations. *Journal of Psycholinguistic Research*, *20*, 83-103.

[POU 94] POULTON, E.C. (1994), Behavioral Decision Theory, A New Approach. Cambridge University Press.

[ROU 61] ROUANET, H. (1961). Etudes de décisions expérimentales et calcul de la probabilité. *La Décision*, 33-44.

[ROU 91] ROUANET, H., LECOUTRE, M. P., BERT, M. C., LECOUTRE, B., BERNARD, J. B. *L'inférence statistique dans la démarche du chercheur*. Bern, Switzerland : Peter Lang

[SCH 73] SCHUM, D. A., DU CHARME, W. M., DEPITTS, K, E. (1973). Research on Human Multistage Probabilistic Inference Processes. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *10*, 318-348.

[SHA 94] SHAFIR, E., SMITH, E. E., OSHERSON, D. N. (1994). Typicality and reasoning fallacies. *Theory and Decision, 36*, 103-129.

[SIM 56] SIMON, H. A. (1956). Rational choice and the structure of the environment. *Psychological Review*, *63*, 129-138.

[TVE 73] TVERSKY, A., KAHNEMAN, D. (1973). Availability: A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, *4*, 207-232.

[TVE 74] TVERSKY, A., KAHNEMAN, D. (1974). Judgement under uncertainty: Heuristic and biases. *Science. 185*. 1124-1131.

[TVE 82]. TVERSKY, A., KAHNEMAN, D. "Judgment of and by representativeness". Dans KAHNEMAN, D., SLOVIC, P., TVERSKY, A. (1982). Judgement under uncertainty: Heuristic and biases. Cambridge University Press., p. 84-100.

[WIN 86] VON WINTERFELDT, D., EDWARDS, W. (1986) Decision Analysis and Behavioral Research. Cambridge, University Press.