1 La confirmation

• Une des caractéristiques épistémologiques centrales des sciences empiriques : les hypothèses et théories qu'elles avancent sont, en principe du moins, confrontées à des données empiriques. On évalue ces hypothèses et ces théories (en bonne partie) à partir du résultat de leur confrontation aux données empiriques.

• Il arrive que des données parlent en faveur d'une hypothèse ou d'une théorie ; il arrive également que des données soient défavorables à une hypothèse ou à une théorie ; ou encore que des données soient plus favorables à une hypothèse qu'à une autre. On considère, par exemple, que l'avance du périhélie de Mercure parle en faveur de la théorie de la relativité générale et en défaveur de la théorie newtonienne ; ou que les données paléontologiques parlent en faveur de la théorie de l'évolution. Ces notions intuitives, qui semblent guider les scientifiques dans le développement et l'évaluation de leurs travaux, la philosophie des sciences les thématise sous le concept général de **confirmation**.

• Objectif de la séance : introduire aux problèmes soulevés par la confirmation et aux théories de la confirmation en considérant systématiquement un exemple économique (la loi de la demande et la théorie du consommateur)

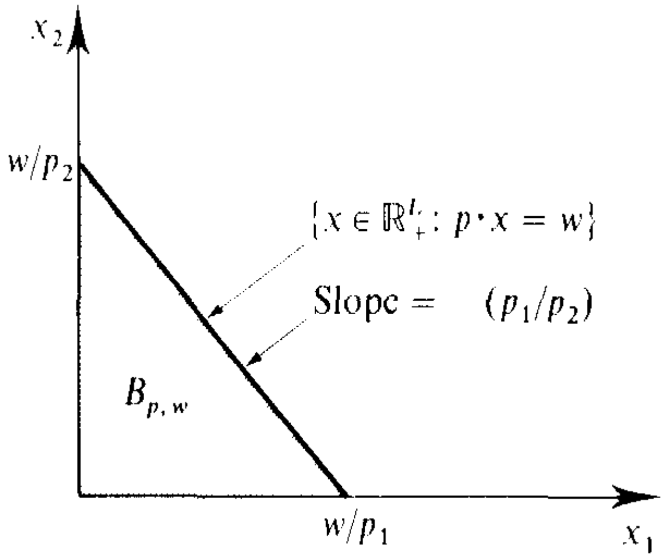
1.1 Confirmation et théories de la confirmation

• L'analyse philosophique de la confirmation :

(i) énoncés qui expriment des données empiriques, notés canoniquement E.
(ii) hypothèse ou théorie, notée canoniquement H

Exemple 1 (fonction de demande et données empiriques)

• *On va s'intéresser tout au long du cours à la* **demande** *du consommateur. Rappelons que le consommateur m peut choisir entre des paniers de biens, c'est-à-dire choisir une quantité x_i de chaque bien i offert. L'ensemble B des paniers de biens entre lesquels un consommateur peut choisir est fonction des prix p et du revenu w du consommateur : $B(p,w)$. Graphiquement, pour deux biens, $B(p,w)$ est l'ensemble des points compris entre les axes d'abscisse et d'ordonnée et la droite de pente $-p_1/p_2$.*



• *$x(p, w)$ est le panier de bien demandé par le consommateur quand il fait face à un ensemble de prix p et qu'il est doté de w. En général, la demande varie en fonction des prix et du revenu, si bien que $x(p, w)$ est une fonction, la* **fonction de demande** marshallienne. *$x(p, w)$ décrit ce que le consommateur m demanderait si les prix des biens correspondaient à p et si son revenu initial s'élevait à w.*

• *Quelles sont les données empiriques dont on pourrait en principe disposer ? Ces données pourraient être du type*

(1) (m, p, w, x, t) : le consommateur m au moment t a choisi le panier de biens x alors que les prix étaient p et son revenu s'élevait à w.

Quelques remarques :

(i) on observe pas à proprement parler la demande mais le comportement (le panier de biens acheté). Pour inférer du panier de biens acheté au panier de biens demandé, il faut supposer que m trouve les biens en question. Nous ne reviendrons plus, par la suite, sur cette hypothèse.

(ii) on observe certainement pas la fonction de demande mais tout au plus la valeur de la fonction de demande pour un argument (p, w). On n'observe pas les "valeurs contrefactuelles" - pour des arguments non réalisés.

(iii) si l'on s'intéresse à la confirmation d'hypothèses qui portent directement ou indirectement sur la fonction de demande, alors les données empiriques de base seront typiquement des conjonctions d'énoncés rapportant quelque chose comme (m, p, w, x, t).

(iv) pour un même consommateur, si l'on s'en tient au comportement observé, on ne peut obtenir qu'une donnée du type (m, p, w, x, t) par moment t. Par conséquent, si l'on veut inférer quelque chose sur "la" fonction de demande de m à partir d'un ensemble de données du type

(m, p, w, x, t)
(m, p', w', x', t')
(m, p'', w'', x'', t'')
...

où, par conséquent, $t \neq t' \neq t''$, alors il faut supposer que la fonction de demande est stable *durant la période couverte par les données.*

(v) les données de type (m, p, w, x, t) sont proches ce que l'on appelle chez les économistes (et en particulier chez les économètres) les données de panel. *A ceci près que, en principe, les données de panel portent sur un ensemble de consommateurs $m_1, m_2, ..., m_n$.*

• Question fondamentale : comment caractériser la confirmation qu'une donnée E apporte (ou n'apporte pas) à une hypothèse H ?

• Quatre concepts cardinaux : **confirmation**, **infirmation** (ou **disconfirmation**), **vérification** et **falsification** (ou **réfutation**).

(i) A titre de première caractérisation, on dira de données favorables à une hypothèse qu'elles la confirment ; de données défavorables à une hypothèse qu'elles l'infirment ou la "disconfirment" (on nous pardonnera cet anglicisme). "Favorables " et "défavorables " sont évidemment des notions très vagues.

(ii) On peut concevoir les deux concepts, également célèbres, de vérification et de réfutation (ou falsification) comme des *cas-limites* de confirmation. Des données vérifient une hypothèse si elles la confirment maximalement, c'est-à-dire si elles établissent que l'hypothèse est vraie. A l'opposé, des données réfutent ou falsifient une hypothèse si elles la disconfirment maximalement, c'est-à-dire si elles établissent que l'hypothèse est fausse.

• Quel est l'objectif du théoricien de la confirmation ? La situation est analogue à celle du raisonnement mathématique : les mathématiciens, quand ils établissent leurs résultats, font appel à des principes logiques qu'ils n'explicitent pas ou peu. C'est à la logique (déductive) qu'il revient de dégager, de codifier et d'analyser les principes du raisonnement mathématique. De la même façon, on peut concevoir l'étude par le philosophe des sciences de la confirmation comme consistant, en partie du moins, à dégager, codifier et analyser les principes des raisonnements qui font appel au concept de confirmation. Ainsi que le dit Hempel (1945), l'objectif d'une théorie de la confirmation est de fournir

> "une approximation raisonnablement proche de la conception de la confirmation

qui est implicite dans la procédure scientifique et dans la discussion méthodologique"

1.2 Confirmation et déduction

• La logique mathématique moderne a codifié avec succès le raisonnement déductif : elle a caractérisé rigoureusement l'idée intuitive selon laquelle un ensemble de prémisses Γ a pour conséquence logique un énoncé A si, et seulement si, il est impossible que les prémisses contenues dans Γ soient vraies tandis que A serait faux.

• La relation de conséquence logique joue un rôle important dans le traitement conceptuel et formel de la relation de confirmation. Tout d'abord, la **vérification** d'une hypothèse H par une donnée E (ou par un ensemble fini de données $E_1, ..., E_n$) correspond au cas où E implique logiquement H. La réfutation d'une hypothèse H par une donnée E correspond à celui où E implique logiquement $\neg H$. Si un macro-économiste défend l'hypothèse

(2) H = "la croissance française s'élèvera à 0.5 % en 2009",

alors normalement on sera en mesure, à la fin de l'année 2009, d'obtenir un ensemble fini de données qui vérifieront ou réfuteront H.

• Mais vérification et réfutation ne sont que des cas-limites. En toute généralité, la relation de confirmation diffère de celle de conséquence. Plus précisément, une donnée E peut confirmer (resp. infirmer) une hypothèse H sans que H (resp. $\neg H$) soit conséquence logique de E.

• C'est même, à vrai dire, le cas normal : si H est un énoncé universel du type

(3) Tous les P sont Q

alors en général on considère qu'un énoncé du type

(4) a est P et Q (=E)

(qu'on appelle une **instance positive**) confirme H alors que "a est P et Q" n'a évidemment pas pour conséquence logique H : il se pourrait que E soit vraie sans que H le soit. Le coeur des théories de la confirmation réside dans ce qui se passe "hors" des cas-limites de la vérification et de la réfutation : si E n'a pas pour conséquence logique H (resp. $\neg H$), dans quelles conditions peut-on dire que E confirme (resp. infirme) H ?

Exemple 2 (la loi de la demande marshallienne)

• *La* **loi de la demande** *porte sur la façon dont la variation des prix affecte la demande. Rappelons que pour deux biens x_1, x_2, $B(p, w)$ est l'ensemble des points compris entre les axes d'abscisse et d'ordonnée et la droite de pente $-p_1/p_2$. Quand les prix varient, B varie également. Si seul le prix p_2 change et passe à p_2', le nouvel ensemble B est délimité par la droite de pente $-p_1/p_2'$ qui s'obtient en "pivotant" à partir du point $(w/p_1, 0)$. Quand p_2' diminue, le nouvel ensemble inclut strictement l'ensemble original :*

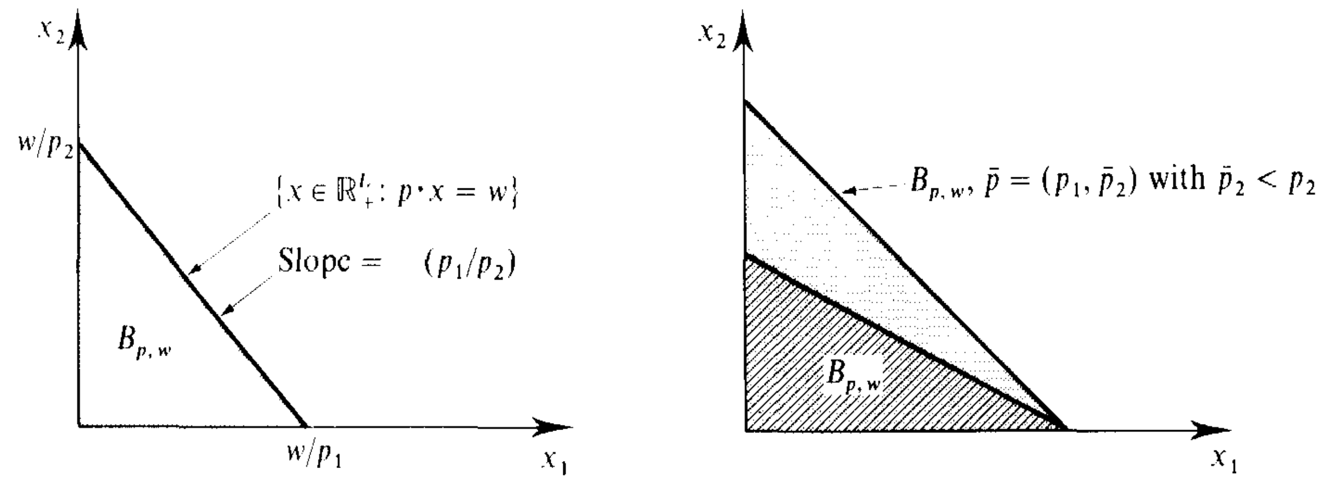


FIG. 1 – d

La **courbe de demande** *pour (disons) le bien x_2 relie les différentes quantités demandées de x_2 quand on fait varier le prix p_2 mais qu'on laisse fixes le revenu w et le prix p_1. C'est donc la fonction $x_2(\overline{p_1}, p_2, \overline{w}) : \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$. Voici différents points de cette courbe où, conformément au modèle du consommateur, les paniers de biens choisis se situent sur la droite budgétaire :*

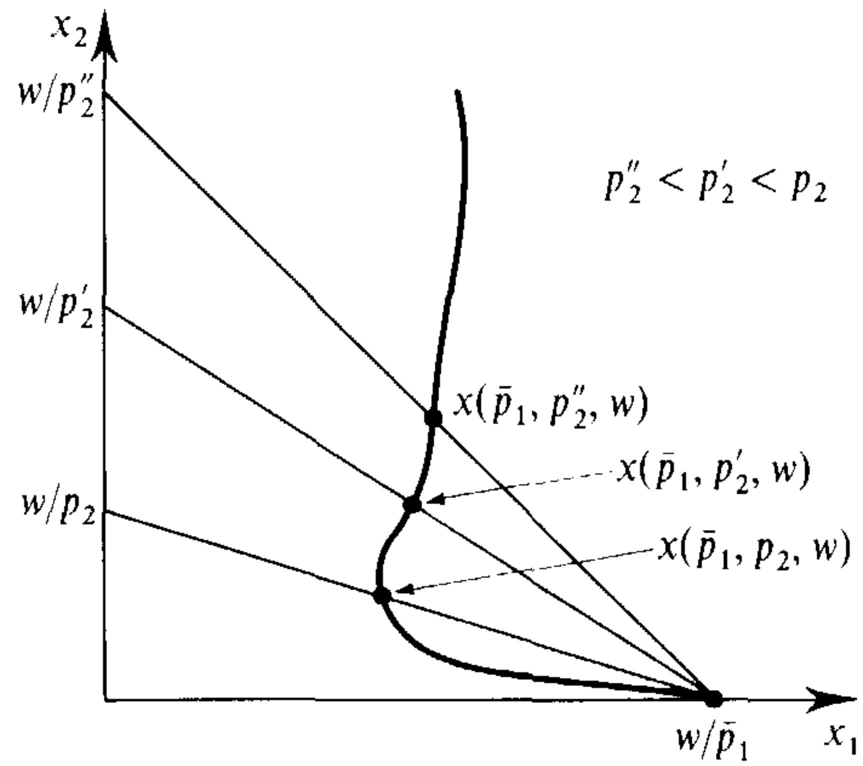


FIG. 2 – De Mas-Colell & ali. (1995)

On remarquera que, dans cet exemple, la demande de x_2 varie inversement avec le prix p_2. C'est ce que l'on appelle à la suite notamment de Marshall, la loi de la demande :

▷ *Marshall, Principles of Economics*

> *"There is then one general* ***law of demand*** *: - the greater the amount to be sold, the smaller must be the price at which it is offered in order that it may find purchasers ; or, in other words,* ***the amount demanded increases with a fall in price, and diminishes with a rise in price****."*
> *Thus the one universal rule to which the demand curve conforms is that it is inclined negatively throughout the whole of its length."*

Version informelle de la loi de la demande marhaslienne *: la demande d'un consommateur pour un bien x_i varie inversement avec le prix p_i de ce bien, le prix des autres biens et le revenu du consommateur étant fixés.*

Version discrète de la loi de la demande marshalienne *:*

Si $\forall k \neq i$, $p_k = p'_k$ *et* $w = w'$, *alors si* $p'_i > p_i$, *alors* $x_i(p', w') < x_i(p, w)$
Si $\forall k \neq i$, $p_k = p'_k$ $(p'_i - p_i) \neq 0$ *et* $w = w'$, *alors* $(p'_i - p_i) \cdot (x_i(p', w') - x_i(p, w)) < 0$

Version infinitésimale de la loi de la demande marshalienne *:*

Si les conditions mathématiques appropriées sont satisfaites, la dérivée $\partial x_i(p, w)/\partial p_i$ *est l'**effet prix propre**. (On peut bien sûr généraliser la notion à* $\partial x_i(p, w)/\partial p_j$ *- on parle d'effet prix croisé). La loi de la demande marshallienne peut alors se formuler ainsi : l'effet prix propre est négatif.*

• *La loi de la demande marshalienne est typiquement un énoncé universel, qui n'est pas vérifiable : aucun ensemble fini de données ne permettra de l'établir. Elle est en effet censée valoir pour tout consommateur, pour tout bien, pour tout changement de prix.*

2 Les théories hypothético-déductives de la confirmation (THDC)

• Idée centrale des théories hypothético-déductives de la confirmation (THDC) : soit une hypothèse H et des croyances d'arrière-plan K . Supposons que H et K impliquent (déductivement) une certaine conséquence observationnelle E. Dans ce cas E HD-confirme H (relativement aux croyances d'arrière-plan K) :

E **HD-confirme** H relativement à K ssi $(H \wedge K)$ implique logiquement E

• Remarque 1 : La définition de la HD-confirmation que nous venons de donner est à certains égards contre-intuitive : supposons que K implique déjà logiquement la donnée E. Il est clair que dans ce cas E HD-confirmera H, résultat pour le moins étrange. On amende en général la définition originale de la manière suivante :

E HD-confirme H relativement à K ssi (i) $(H \wedge K)$ implique logiquement E et (ii) K n'implique pas logiquement E

• Remarque 2 : la relation de confirmation devient donc en quelque sorte *la converse* de la relation de conséquence logique.

• Remarque 3 : l'une des forces de la THDC est qu'elle semble rejoindre assez largement *la pratique méthodologique* des sciences empiriques : elle restitue l'idée que pour évaluer une théorie ou une hypothèse, on en extrait d'abord certaines "prédictions" et que lorsque ces prédictions sont correctes, la confiance dans la théorie ou l'hypothèse s'en trouve confortée.

▷ Huygens (1690), *Traité de la Lumière*, Préface

"...au lieu que les Géomètres prouvent leurs propositions par des principes certains et inconstestables, ici les principes se vérifient par les conclusions qu'on en tire ; la nature de ces choses ne souffrant pas que cela se fasse autrement. Il est possible toutefois d'y arriver à un degré de vraisemblance, qui bien souvent ne cède guère à une évidence entière."

Exemple 3 (confirmation de la loi de la demande)

• *Supposons qu'un observateur recueille les données suivantes sur la demande du consommateur m :*

	p_1	p_2	w	x_1	x_2
obs $\sharp 1$	*1*	*1*	*10*	*5*	*5*
obs $\sharp 2$	*1*	*0.75*	*10*	*5*	*20/3*
obs $\sharp 3$	*1*	*1.5*	*10*	*5*	*10/3*
obs $\sharp 4$	*1*	*2*	*10*	*5*	*5/2*

NB pour les économistes : on peut dériver ces valeurs de la fonction de demande induite par une fonction d'utilité de forme Cobb Douglas où $u(x_1, x_2) = x_1^{1/2} \cdot x_2^{1/2}$

• *Question : est-ce que ces données confirment* H = *la la loi de la demande (marshallienne) ?*

H n'implique logiquement ni l'une de ces observations isolément, ni (a fortiori) la conjonction de ces observations. Il semble pourtant que les observations confirment H : quand on compare toutes les paires d'observations (obs $\sharp_i$, obs$\sharp_j$), on observe la variation inverse entre prix de x_2 et quantité demandée de x_2. H est de forme conditionnelle et par conséquent aucune des observations obs $\sharp_i$ n'est conséquence logique de H. Mais si l'on ajoute l'information suffisante, alors on peut dériver logiquement certaines caractéristiques des données. Cette information réside également *dans les données. Il faut donc en quelque sorte diviser les informations contenues dans les observations pour faire fonctionner la notion de HD-confirmation. Par exemple,*

$$\{H, p_1^{\sharp 1} = p_1^{\sharp 2}, w^{\sharp 1} = w^{\sharp 2}, \Delta^{\sharp 1 - \sharp 2} p_2 > 0\} \models \Delta^{\sharp 1 - \sharp 2} x_2 < 0$$

On voit pourquoi il faut mentionner les croyances d'arrière-plan K dans la caractérisation de la HD-confirmation.

• La THDC valide la **Condition de Conséquence Converse** (Hempel) : si E HD-confirme H et H' implique H, alors E HD-confirme H' puisque H' implique E par transitivité de la conséquence logique (pour simplifier nous laissons de côté les croyances d'arrière-plan). La relation de HD-confirmation est donc préservée par renforcement logique de l'hypothèse, alors que la réciproque n'est bien sûr pas vraie.

Exemple 4 (la théorie marshallienne du consommateur)

• *On considère en général que la loi de la demande marshallienne est (implicitement) dérivée de ce que l'on pourrait appeler la théorie marshallienne du consommateur qui repose essentiellement sur l'hypothèse marginaliste selon laquelle l'utilité marginale est décroissante. On trouve des reconstructions (un peu) plus précises dans Blaug (1980) ou Moscati (2007).*

▷ *Marshall, Principles of Economics*

> *"There is an endless variety of wants, but there is a limit to each separate want. This familiar and fundamental tendency of human nature may be stated in* ***the law of*** *satiable wants or of* ***diminishing utility*** *thus : - The total utility of a thing to anyone (that is, the total pleasure or other benefit it yields him) increases with every increase in his stock of it, but not as fast as his stock increases...In other words, the additional benefit which a person derives from a given increase of his stock of a thing, diminishes with every increase in the stock that he already has."*

Appelons H_{cm} une théorie de ce genre et supposons effectivement que $H_{cm} \models H$ - autrement dit que la théorie marshallienne du consommateur implique bien la loi de la demande marshallienne.

• *Sous ces hypothèses, alors les données de l'exemple précédent sont telles qu'on peut en extraire K et E tq*

E HD-confirme H relativement à K,

et donc par la Condition de Conséquence Converse,

E HD-confirme H_{cm} relativement à K

Cela vous semble-t-il intuitif ?

• La conception hypothético-déductive de la confirmation, dans la formulation élémentaire que nous venons de proposer, rencontre un grand nombre de difficultés. Des raffinements sont régulièrement proposés depuis celui de Hempel (1945) - qui, il est important de le préciser, ne soutient pas la conception HD -, mais on ne dispose d'aucune formulation stable aujourd'hui .

(i) La première de ces difficultés est le **problème de la conjonction non-pertinente** : si E HD-confirme H, alors pour n'importe quelle hypothèse H', E confirme la conjonction de H et de H'. C'est une conséquence qui découle de la propriété de monotonie de la relation de conséquence logique.

(ii) La seconde difficulté est duale de la première, il s'agit du **problème de la disjonction non-pertinente** : si E HD-confirme H, alors pour n'importe quelle autre donnée E', la disjonction de E et de E' confirme H.

(iii) La troisième difficulté est le **problème des hypothèses concurrentes** : bien souvent, lorsque E confirme une hypothèse H, E confirme également un très grand nombre d'autres hypothèses mutuellement incompatibles. C'est le cas par exemple quand E consiste en des observations de deux variables x, y et que l'hypothèse porte sur la relation qui existe entre les deux variables : pour n'importe quel ensemble fini de couples (x, y), il existe une infinité de fonctions capables d'engendrer les couples de l'ensemble. C'est une conséquence fâcheuse pour l'application de la THDC aux disciplines quantitatives.

(iv) Mentionnons enfin un dernier inconvénient de la THDC (qui vaut également pour une théorie instantialiste à la Hempel) : elle n'est pas capable de traiter des hypothèses statistiques, c'est-à-dire des hypothèses où figurent explicitement des probabilités "objectives" - propension, chance, fréquence relative. Considérons par exemple $H =$ " il y a une chance sur deux pour qu'un noyau de radium 224 se désintègre pendant une période de 3.5 jours " et supposons pour simplifier que l'on puisse facilement déterminer pour un noyau de radium s'il s'est désintégré ou non pendant un certain intervalle de temps. H ne prédit pas quoique ce soit à propos d'un certain noyau a de radium 224 qui puisse être vérifié ou réfuté par l'observation de a pendant l'intervalle de temps approprié.

3 Les théories instantialistes de la confirmation (TIC)

• Nous passons désormais à l'autre grande famille de théories qualitatives de la confirmation, les théories instantialistes - que l'on assimile parfois aux théories HD. La représentante la plus célèbre est la théorie de Hempel (1945).

3.1 Critère de Nicod et paradoxe des corbeaux

• Supposons que l'hypothèse considérée H soit un énoncé universel de la forme :

(5) Tous les corbeaux sont noirs

ce que l'on symbolise canoniquement par

(6) $\forall x(Cx \rightarrow Nx)$

en logique du premier ordre.

• le **Critère de Nicod** : une instance positive confirme l'énoncé universel associé = $(Ca \wedge Na)$ confirme $\forall x(Cx \rightarrow Nx)$.

• la **Condition d'Equivalence** : si une donnée E confirme (resp. disconfirme) une hypothèse H, alors elle confirme (disconfirme) tout énoncé H' qui est logiquement équivalent à H. La Condition d'Equivalence a un attrait normatif extrêmement fort : la rejeter signifierait, comme le dit Hempel (1945), que la relation de confirmation dépend de la manière dont l'hypothèse est exprimée.

• Problème : l'acceptation conjointe de ces deux principes (le Critère de Nicod et la Condition d'Equivalence) conduit à des conclusions paradoxales. Considérons en effet l'énoncé universel

(7) Tous les corbeaux sont noirs

Cet énoncé est équivalent à l'énoncé

(8) Toutes les choses non-noires sont des non-corbeaux ($\forall x(\neg Nx \rightarrow \neg Cx)$).

Par conséquent, en vertu de la Condition d'Equivalence, une donnée E confirme " Tous les corbeaux sont noirs " ssi elle confirme " Toutes les choses non-noires sont des non-corbeaux ". Considérons ensuite un énoncé qui implique le fait que l'objet a est à la fois non-noir et non-corbeau - par exemple, "a est une chaussette blanche ". En vertu du Critère de Nicod, " a est une chaussette blanche " confirme " Toutes les choses non-noires sont des non-corbeaux ". On en déduit que " a est une chaussette blanche " confirme du même coup " Tous les corbeaux sont noirs ", ce qui est pour le moins contre-intuitif.

3.2 La théorie de Hempel

• Les théories instantialistes de la confirmation (TIC) sont des théories qui accordent une importance fondamentale au Critère de Nicod. La théorie de Hempel est une forme sophistiquée d'instantialisme qui introduit la notion originale de **développement**. On parle de développement d'une hypothèse H pour un ensemble fini d'individus (au sens logique) I. Intuitivement, le développement d'une hypothèse exprime *ce que H affirmerait s'il n'existait que les individus de l'ensemble I*.

Exemple : $I = \{a, b\}$
- si $H := \forall xPx$, alors le développement de H est $(Pa \wedge Pb)$.
- si $H' := \forall x(Cx \rightarrow Nx)$, alors le développement de H' est $(Ca \rightarrow Na) \wedge (Cb \rightarrow Nb) \equiv (\neg Ca \vee Na) \wedge (\neg Cb \vee Nb)$

– si $H'' := \exists x Px$, alors le développement de H' est $(Pa \vee Pb)$.

- La caractérisation de la confirmation que Hempel propose est la suivante :

  E H-**confirme directement** H ssi E a pour conséquence logique le développement de H relativement aux individus mentionnés par E

  E H-**confirme** H si H est conséquence logique d'un ensemble d'énoncés dont chaque élément est H-confirmé directement par E

- Commentaires :

(i) la théorie hempelienne a une portée beaucoup plus large que l'instantialisme rudimentaire qui porte sur les énoncés du type "Tous les C sont N".

(ii) Il faut ensuite bien saisir le contenu du concept de *H-confirmation directe.* Les données E circonscrivent en quelque sorte un domaine logique auquel l'hypothèse H est (provisoirement) restreinte - le développement de H pour l'ensemble des individus apparaissant dans E est précisément la restriction de H au domaine logique circonscrit par E. La H-confirmation directe n'exige pas seulement que la donnée E soit *compatible* avec H restreinte au domaine qu'elle circonscrit. Elle exige en outre que la donnée E *implique* la restriction de H au domaine qu'elle circonscrit, ce qui est beaucoup plus fort.
Un exemple élémentaire : si $H := \forall x Px$, alors $E_1 := Pa$ H-confirme directement H puisque le domaine circonscrit par E est $\{a\}$. Or, le développement de H relativement à $\{a\}$ est Pa qui est bien impliqué par (puisque identique à) la donnée E_1. En revanche, la donnée $E_2 := (Pa \wedge Qb)$ où Q est un prédicat quelconque distinct de P ne H-confirme pas H puisque le domaine circonscrit par E_2 est $\{a, b\}$ et que E_2 n'implique pas le développement correspondant de H soit $(Pa \wedge Pb)$. On peut justifier la H-confirmation directe en faisant valoir que tous les prédicats en jeu sont censés exprimer des propriétés observables ; par conséquent, en idéalisant quelque peu, si un observateur constate que b a une propriété (exprimée par) Q quelconque, il est en position de déterminer si b a la propriété (exprimée par) P.

(iii) La notion de H-confirmation (par contraste avec la H-confirmation directe) permet d'étendre sensiblement la portée de la théorie et d'en faire une version très libérale de l'instantialisme. Considérons en effet $E_3 := (Pa \wedge Pb)$ et de nouveau $H := \forall x Px$. E_3 H-confirme directement H, mais pas $H' := Pc$. H' est impliquée par H, donc H' est H-confirmée (indirectement) par E_3. Intuitivement, le fait que a et b aient la propriété (exprimée par) P nous donne confiance dans le fait que l'entité c que nous n'avons pas observée aura, elle aussi, la propriété (exprimée par) P. Ceci illustre une propriété crucial de la H-confirmation que l'on appelle la **Condition de Conséquence Spéciale** : si E H-confirme H et si $H \models H'$, alors E H-confirme H' également. La relation de confirmation "descend" le long de la conséquence logique.

Exemple 5 (condition de conséquence spéciale)
• *Il n'est pas aisé d'illustrer la théorie hempélienne avec la loi de la demande car il faut une formalisation logique très précise. On va donc simplifier considérablement. Supposons que nos observations initiales soient les mêmes que précédemment :*

	p_1	p_2	w	x_1	x_2
obs ♯1	*1*	*1*	*10*	*5*	*5*
obs ♯2	*1*	*0.75*	*10*	*5*	*20/3*
obs ♯3	*1*	*1.5*	*10*	*5*	*10/3*
obs ♯4	*1*	*2*	*10*	*5*	*5/2*

Supposons en outre que (i) les "individus" logiques soient les observations obs $\sharp_i$ *et que (ii) la loi de la demande (H) puisse s'exprimer comme*

(9) $\forall obs\sharp_i obs\sharp_j (R_1(obs\sharp_i, obs\sharp_j) \rightarrow R_2(obs\sharp_i, obs\sharp_j)$.

$R_1(obs\sharp_i, obs\sharp_j)$ *exprime le fait que les prix de* x_1 *et les revenus sont identiques dans* $obs\sharp_i$ *et* $obs\sharp_j$ *et que* $\Delta^{\sharp_i - \sharp_j} p_2 > 0$. $R_2(obs\sharp_i, obs\sharp_j)$ *exprime le fait que* $\Delta^{\sharp_i - \sharp_j} x_2 < 0$.

Dans ce cas $I = \{obs\sharp_1, ..., obs\sharp_4\}$. *La description E des données H-confirme directement H. Le point remarquable est que si l'on considère deux observations quelconques, disons* $obs\sharp_5$ *et* $obs\sharp_6$, *alors E H-confirme (pas directement)* $H' := (R_1(obs\sharp_5, obs\sharp_6) \rightarrow R_2(obs\sharp_5, obs\sharp_6)$.

NB : pour un exemple tiré de la théorie économique contemporaine (les travaux de W. Hildenbrand) et (beaucoup) plus sophistiqué, voir Mongin (2006b).

3.3 Difficultés de la théorie hempelienne

• La première de ces difficultés concerne les conditions (C1)-(C3) que Hempel considère comme de bonnes contraintes pour une théorie de la confirmation et que sa propre théorie de la confirmation valide. Carnap a en effet attiré l'attention sur le fait que Hempel semble mélanger deux concepts de confirmation (Carnap, 1962, § 87).
(i) Selon le **concept absolu de confirmation**, E confirme H si E donne de bonnes raisons de penser que H est vrai. Mais la théorie de Hempel n'est certainement pas une théorie du concept absolu de confirmation puisqu'une instance positive d'un énoncé $\forall x(Cx \rightarrow Nx)$ H-confirme (directement) cet énoncé.

(ii) S'agirait-il alors du **concept incrémental** de confirmation ? Selon ce concept, E confirme H si E augmente notre confiance dans la vérité de H. Mais si l'on se laisse guider par ce concept, la Condition de Conséquence Spéciale (C3) ne semble pas totalement convaincante : le fait que E augmente notre confiance en H et que H implique H' n'implique pas que E augmente notre confiance en H'. Supposons par exemple que

$E := Pa$, $H := (Pa \wedge Qb)$ et $H' := Qb$. Dans ce cas, apprendre E augmente bien notre confiance dans H, H' est bien impliqué par H, mais en toute généralité on ne voit pas pourquoi apprendre E augmenterait notre confiance en H'. La Condition de Conséquence Spéciale semble en revanche bien plus convaincante quand on s'attache au concept absolu de confirmation : si E donne de bonnes raisons de penser que H est vrai, alors il donne de bonnes raisons de penser qu'une conséquence H' de H est vraie.

• Le second niveau de difficulté concerne les performances spécifiques de la théorie hempélienne.

- Il y a d'abord certaines conséquences contre-intuitives de la théorie. Par exemple (Earman, 1992), l'ensemble des observations $Ra_i a_j$ pour $i = 1, 2, ..., 10^9$ et $j = 1, 2, ..., 10^{9-1}$ ne H-confirme pas l'hypothèse $\forall xyRxy$ puisqu'elles n'impliquent pas le développement de $\forall xyRxy$ pour les individus concernés (il " manque " $Ra_{10^9}a_{10^9}$). Pourtant, l'observation Ra_1a_1 H-confirme $\forall xyRxy$!
- Deuxièmement, le statut des termes théoriques (ou non-observationnels) est tout sauf clair. Hempel consacre une partie de son essai (Hempel, 1945, section 7) à une critique de la conception hypothético-déductive de la confirmation. Il attire alors l'attention, à juste titre, sur l'omniprésence des termes théoriques dans les hypothèses et théories de la science moderne. Mais on voit mal comment sa propre théorie est capable de rendre compte du pouvoir confirmationnel de données empiriques relativement à des hypothèses qui contiennent des termes théoriques. Dans l'exposition technique de sa théorie de la confirmation (Hempel, 1943), Hempel se facilite la tâche puisqu'il considère un langage qui ne contient que des prédicats exprimant des propriétés et relations observables (Hempel, 1943, p.126).

• La troisième difficulté concerne le type plus général de théorie de la confirmation auquel la théorie hempelienne appartient, à savoir une théorie purement syntaxique de la confirmation. Ce type de théorie doit en effet surmonter une difficulté découverte par N. Goodman, la célèbre "**nouvelle énigme de l'induction**" également nommée le " paradoxe des émeraudes vreues " (Goodman, 1946, 1955). Considérons les deux hypothèses suivantes :

(10) Toutes les émeraudes sont vertes ($H_1 := \forall x(Ex \rightarrow Vx)$)

(11) Toutes les émeraudes sont vreues ($H_2 := \forall x(Ex \rightarrow VRx)$)

Par définition, une chose est " **vreue** " ssi, (a) si elle a été observée avant t, alors elle est verte et (b) sinon, elle est bleue. Il suit de cette définition que si a a été observée avant t, alors elle est verte ssi elle est vreue. Supposons que a est observée avant t, et que a est une émeraude verte. Alors on obtient comme donnée $E := (Ea \wedge Va \wedge VRa)$. Il en résulte que E H-confirme (directement) à la fois H_1 et H_2 (voir Fitelson 2008 pour une reconstruction rigoureuse).

Cette conclusion est manifestement contre-intuitive : on a du mal à se persuader que E confirme H_2. Par ailleurs, pour une émeraude observée en t ou après, les deux hypothèses font des prédictions incompatibles - cette émeraude sera verte d'après H_1 et bleue d'après H_2. Goodman conçoit sa " nouvelle énigme de l'induction " comme un argument contre les théories " syntaxiques " de la confirmation, c'est-à-dire contre les théories de la confirmation qui construisent la relation de confirmation à partir de la *forme logique* des énoncés en jeu. La forme logique de H1 et H2 est en effet symétrique relativement à E. Mais leur comportement confirmationnel est, intuitivement, extrêmement différent. La conclusion qu'en tire Goodman est qu'une theorie de la confirmation qui repose sur la forme logique " manque " donc quelque chose d'essentiel du point de vue de l'objectif même qu'elle se fixe . Goodman appelle " projetables " une hypothèse qui se laisse confirmer par ses instances positives, et sa thèse revient à affirmer que la forme logique d'une hypothèse ne permet pas d'en déterminer sa " projetabilité ".

4 Le falsificationnisme de Popper

4.1 Thèses principales

• la notion de confirmation - plus précisément, la thèse selon laquelle notre confiance dans la vérité d'une hypothèse peut être rationnellement modifiée de manière non déductive -, ne fait pas l'unanimité parmi les philosophes des sciences contemporains : K. Popper est sans doute le plus célèbre parmi ceux qui ont refusé de laisser la confirmation occuper le rôle central dans la méthodologie des sciences empiriques.

▷ Popper, K.R. (1959/1968), *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson : Londres ; trad.fr. N.Thyssen-Rutten et Ph.Devaux, *La logique de la découverte scientifique*, Paris : Payot, 1978

"Le mieux que nous puissions dire relativement à une hypothèse est qu'elle a été jusqu'à présent capable de prouver sa valeur et qu'elle été plus féconde que d'autres, bien qu'en principe l'on ne puisse jamais la justifier, la vérifier ni même prouver qu'elle est probable. Cette évaluation de l'hypothèse repose seulement sur les conséquences déductives (les prédictions) que l'on peut en tirer : il n'est même pas nécessaire de mentionner l'induction."

▷ Popper, K. (1963/1972), *Conjectures and Refutations*, trad. fr. *Conjectures et réfutations*, Paris : Payot

"...le succès de la science ne repose pas sur les règles d'induction, il est fonction de la chance, de l'ingéniosité et il tient aux règles de nature purement déductive qui sont celles de l'argumentation critique" (p. 88)

• **Asymétrie entre vérification et réfutation** : une part essentiellement des hypothèses sont de formules universelles i.e. $\forall x\phi(x)$ et la quantification porte sur un domaine sinon infini, du moins essentiellement "ouvert". Si nos données empiriques sont de la formes

$$E_1 = \phi(a_1)$$
$$E_2 = \phi(a_2)$$
$$...$$
$$E_n = \phi(a_n)$$

alors elles ne peuvent être en mesure de *vérifier* l'hypothèse H : la possibilité d'un contre-exemple b t.q. $\neg\phi(b)$ reste toujours ouverte. Popper n'en conclut pas qu'il faille aller "plus loin" que ce que la logique déductive autorise. Dans un cas comme $H = \forall x\phi(x)$ nous pouvons en effet non pas établir la vérité de H mais sa fausseté - nous pouvons **réfuter** H. Il suffit précisément qu'un contre-exemple soit découvert. Le raisonnement scientifique reste pour Popper essentiellement déductif : il s'agit de déduire (au sens strict) les conséquences observationnelles d'une hypothèse et ensuite de comparer ces conséquences aux données empiriques. S'il y a désaccord entre les conséquences observationnelles et les données empiriques, l'hypothèse H est réfutée.

▷ Popper, K. (1963/1972), *Conjectures and Refutations*, trad. fr. *Conjectures et réfutations*, Paris : Payot

"Seule la fausseté d'une théorie est susceptible d'être inférée des données empiriques, et cette sorte d'inférence est purement déductive." (p. 91)

Exemple 6 (les biens Giffen)

• *Dans un passage très célèbre des* Principles, *Marshall évoque un contre-exemple apparemment attesté à la loi de la demande, et qu'on appelle aujourd'hui le phénomène (voire le paradoxe) des biens Giffen :*

▷ *Marshall,* Principles of Economics

"As Sir R. Giffen has pointed out, a rise in the price of bread makes so large a drain on the resources of the poorer labouring families and raises so much the marginal utility of money to them, that they are forced to curtail their consumption of meat and the more expensive farinaceous foods : and bread being still the cheapest food which they can get and will take, they consume more, and not less of it. But such cases are rare ; when they are met, each must be treated on its own merits"

• *A titre d'exemple, on peut considérer les deux observations suivantes :*

	p_1	p_2	w	x_1=viande	x_2=pain
obs $\sharp 1$	*5*	*1*	*10*	*1*	*5*
obs $\sharp 2$	*5*	*1.5*	*10*	*1/5*	*6*

Ces données réfutent la loi de la demande marshalienne :

(i) $H \models F$ *où* $F := (p_1^{\sharp 1} = p_1^{\sharp 2} \wedge w^{\sharp 1} = w^{\sharp 2} \wedge \Delta^{\sharp 1 - \sharp 2} p_2 < 0) \rightarrow \Delta^{\sharp 1 - \sharp 2} x_2 > 0$
(ii) on retire données $E = p_1^{\sharp 1} = p_1^{\sharp 2} \wedge w^{\sharp 1} = w^{\sharp 2} \wedge \Delta^{\sharp 1 - \sharp 2} p_2 < 0 \wedge \neg(\Delta^{\sharp 1 - \sharp 2} x_2 > 0)$
(iii) $E \equiv \neg F$
(iv) par conséquent, par modus tollens, on en conclut que $\neg H$ *: la loi de la demande est réfutée.*

• *Compléments : Stigler (1947) a mis en doute le fait que Marshall (ou Giffen) ait effectivement disposé d'éléments empiriques en faveur d'un effet prix positif.*

▷ *Stigler (1947), "Notes on the History of the Giffen Paradox", The Journal of Political Economy, 55(2), pp. 152-6*

"We must all agree with Edgeworth that experience and common sense are opposed to the idea of a positively sloping demand curve and that the burden of the proof rests on the person who claims to have found a real example. Our investigation does not uncover any attempt at a systematic empirical demonstration of the validity of the example of wheat and casts some doubts on the possibility of making such demonstration. We have to find a new example of the positively sloping demand curve or push our discussion of it deeper into footnotes."

En réalité, pour Stigler, on ne connaît pas d'exceptions "à la Giffen" à la loi de la demande, et probablement parce qu'il n'en existe pas :

▷ *Stigler (1966), The Theory of Price, New York : MacMillan*

"How can we convince a sceptic that this "law of demand" is really true of all consumers, all times, all commodities ? Not by a few (4 or 4000) selected examples, surely. Not by a rigorous theoretical proof, for none exists - it is an empirical rule. Not by stating what is true, that economists believe it, for we could be wrong. Perhaps as persuasive a proof as is readily summarized is this : if an economist were to demonstrate its failure in a particular market, at a particular time, he would be assured of immortality, professionally speaking, and rapid promotion. Since most economists would not dislike either reward, we may assume that the total absence of exceptions is not from lack of trying to find them." (pp. 71-2, cité par Blaug (1992))

Exemple 7 (autres exceptions à la loi de la demande)

- *Les biens Giffen ne sont pas les seules exceptions invoquées :*

▷ *Cournot (1863), Principes de la théorie des richesses, "la loi de la demande"*

"En général, la demande d'un article doit augmenter quand le prix s'abaisse. Cependant il y a des ***articles d'ostentation*** *qui ne sont recherchés qu'en raison du haut prix où leur rareté les maintient.*

- *biens luxueux : une bonne partie des raisons qui font que m achète le bien i réside dans le fait que i est cher et qu'acheter i permet de montrer sa richesse ; une baisse de leur prix peut s'accompagner d'une baisse de la demande (effet de Veblen)*
- *spéculation : la hausse du prix d'une action i peut ne pas s'accompagner d'une baisse de la demande pour cette action - m pense que l'action i va continuer à augmenter*

• Que se passe-t-il si H n'est pas réfutée par les données empiriques ?

- L'hypothèse fondamentale des théoriciens de la confirmation est que, du point de vue épistémologique, il peut se passer quelque chose d'important : il se peut que H soit confirmée et que notre confiance en la vérité de H s'en trouve renforcée.

- Pour Popper, il n'y a rien de tel. Si H survit à un ou plusieurs tests, alors H est "**corroborée**" - Popper emploie ce terme pour marquer une différence avec la notion de confirmation . Plus H survit à des tests empiriques, plus ces tests sont sévères et plus H se met en danger lors de tels tests (plus H est "réfutable"), plus le *degré de corroboration* de H est élevé. Mais le degré de corroboration ne reflète pas notre confiance dans la vérité de H. Il faut bien mesurer à quel point l'anti-inductivisme de Popper est radical : l'hypothèse H peut bien survivre à un grand nombre de tests, du point de vue popperien il n'y aura pas de raison supplémentaire d'avoir confiance dans la vérité de H.

• Objection de W. Salmon (1981) : contexte pratique, où un agent doit prendre des décisions sur la base de son évaluation de différentes hypothèses. La corroboration d'une hypothèse porte exclusivement sur ses performances passées, si ce n'était pas le cas la notion comporterait une dimension inductive. Il objecte alors qu'on ne voit pas comment une telle notion pourrait rationnellement fonder les prédictions pertinentes pour la situation de décision dans laquelle se trouve l'agent : même si H_1 est très fortement corroborée alors que H_2 l'est très peu, on voit mal ce qui dans la théorie de Popper contraint notre agent à s'appuyer sur H_1 plutôt que sur H_2 pour guider son action puisque rien ne contraint sa confiance dans les prévisions basées sur H_1 et H_2. (A contrario, l'une des forces majeures de la théorie bayésienne de la confirmation que nous présenterons ci-après est qu'elle est intégrée dans une théorie de l'action rationnelle (la théorie bayésienne de la décision).)

4.2 Thèmes popperiens en théorie de la demande et du consommateur

4.2.1 Le changement scientifique : "conjectures et réfutations"

• Voici une "séquence popperienne" de changement scientifique :

(1) une hypothèse scientifique H (= conjecture falsifiable) est proposée
(2) test de H = tentative de falsification de H
(3) si H est contredite par les données empiriques E, H est abandonnée
(4) on cherche une nouvelle hypothèse H' qui soit compatible avec les données empiriques et notamment E

• On peut être tenté de lire l'évolution de la théorie de la demande et du consommateur selon cette "séquence popperienne". La théorie microéconomique actuelle du consommateur est en effet compatible avec le phénomène des biens Giffen. Par conséquent, la théorie du consommateur n'implique plus la loi de la demande (marshalienne).

Exemple 8 (effet de substitution et effet de revenu)

• *L'un des résultats fondamentaux de la théorie du consommateur est qu'il existe une décomposition additive de la variation de la demande en deux effets : l'**effet de substitution** et l'**effet de revenu***

(12) $\partial x_i(p,w)/\partial p_k = \partial h_i(p, v(p,w))/\partial p_k - \partial x_i(p,w)/\partial w \cdot x_k(p,w)$

où

(i) $h(p,u)$ *est la **fonction de demande hicksienne** qui associe à un ensemble de prix* p *et un niveau d'utilité* u *le panier de biens le moins cher parmi ceux qui permettent d'obtenir (au moins) le niveau d'utilité* u

(ii) $v(p,w)$ *est la **fonction d'utilité indirecte** qui associe à* (p,w) *l'utilité du panier de biens sélectionné* $x(p,w)$

• ***l'effet de substitution*** *correspond au terme* $\partial h_i(p, v(p,w))/\partial p_k$ *: intuitivement, il s'agit de l'effet qu'aurait une variation du prix* p_k *sur un panier de biens choisi dans des conditions qui garantissent qu'une utilité aussi grande sera atteinte qu'en* (p,w)*. Le modèle du consommateur implique que* $\partial h_i(p, v(p,w))/\partial p_i < 0$ *: l'effet de substitution est toujours négatif. Ceci reflète l'idée que le bien* x_i *devient "moins interessant" qu'il ne l'était par rapport aux autres biens.*

• *l'**effet de revenu** correspond au terme* $\partial x_i(p,w)/\partial w \cdot x_i(p,w)$*. Son signe n'est pas déterminé par le modèle du consommateur. Par conséquent l'effet de prix propre est en général indéterminé : il peut être négatif, comme le veut la loi de la demande (marshalienne), mais il peut parfaitement être négatif. Les trois cas de figure suivants sont donc possibles :*

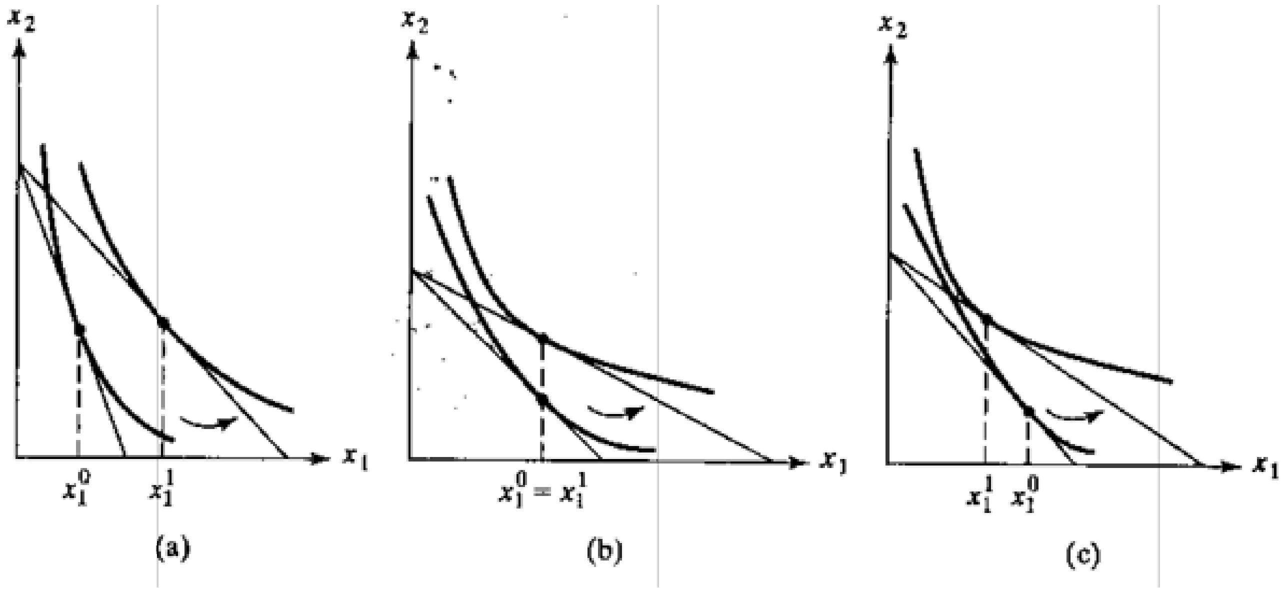
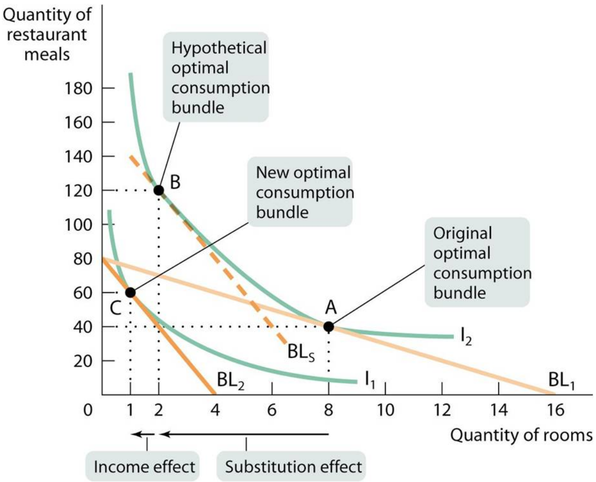


Fig. 3 – De Jehle & Reny (2001)

Graphiquement, on peut décomposer le passage de $x(p_1, p_2, w)$ à $x(p_1, p_2', w)$ où $(p_2' > p_2)$ en deux étapes :

1/ on garde l'utilité constante et on passe de $x(p_1, p_2, w)$ à $h(p_1, p_2', v(p_1, p_2, w))$ - on reste sur la courbe d'indifférence initiale, mais cette fois on considère l'intersection avec une droite de pente $-p_1/p_2'$. Le passage de $x(p_1, p_2, w)$ à $h(p_1, p_2', v(p_1, p_2, w))$ correspond à l'effet substitution : c'est une variation de la demande compensée, qui est toujours négative.

2/ on considère la droite budgétaire de pente $-p_1/p_2'$ mais cette fois sans compensation i.e. pour le budget w ; $x(p_1, p_2'$ est alors l'intersection de cette droite budgétaire et de la courbe d'indifférence tangente. Le passage de $h(p_1, p_2', v(p_1, p_2, w))$ à $x(p_1, p_2', w)$ correspond à l'effet revenu.



▷ *Hicks & Allen (1934), "A Reconsideration of the Theory of Value", Economica, 1(1), pp. 52-76*

"When the income-elasticity is negative,there is no absolute reason why we should be limited to positive price-elasticities of demand, i.e. to downward-sloping demand-curves. If X is a good very decidedly "inferior", so that its income-elasticity is negative and fairly large ; if k is also large, so that a large proportion of income is spent on X ; if finally, the elasticity of substitution between X and other goods is moderately small ; then the first (negative) term in our formula may outweigh the second (positive) one. This possibility can easily be recognised as the celebrated ***Giffen case*** *referred to by Marshall, when the consumption of bread may actually be reduced by a fall in its price."*

• *On retrouve des formes affaiblies de loi de la demande :*

(1) ***Loi de la demande compensée*** *:*
Si $\forall k \neq i$, $p_k = p'_k$ *et* $u = u'$, *alors si* $p'_i > p_i$, *alors* $h_i(p', u') < h_i(p, u)$
Si $\forall k \neq i$, $p_k = p'_k$ $(p'_i - p_i) \neq 0$ *et* $u = u'$, *alors* $(p'_i - p_i) \cdot (h_i(p', u') - h_i(p, u)) < 0$

(2) ***Loi de la demande pour les biens normaux*** *:*
Si i *est un bien normal, alors* $\partial x_i(p, w)/\partial p_i < 0$

Rappel : un bien i *est* ***normal*** *en* (p, w) *si* $\partial x_i(p, w)/\partial w \geq 0$ *; un bien* i *est* ***inférieur*** *en* (p, w) *si* $\partial x_i(p, w)/\partial w \geq 0$

• *Pour résumer :*
- H_{cm}, *la théorie marshalienne du consommateur, implique* H, *la loi de la demande marshalienne, incompatible avec des phénomènes à la Giffen*

- H_{ca}, la théorie actuelle du consommateur, implique H', la loi de la demande compensée, compatible avec des phénomènes à la Giffen

• *Il n'est pas sûr que nous ayons vraiment affaire à une "séquence popperienne", ne serait-ce que parce qu'il n'y a pas de consensus sur l'existence du réfutateur = phénomène à la Giffen.*

4.2.2 La théorie du consommateur est-elle réfutable ?

• Le problème initial auquel s'est intéressé Popper = le **problème de la démarcation** : qu'est-ce qui sépare sciences (ex pour Popper : la physique contemporaine) et non-sciences (ex pour Popper : la psychanalyse et le marxisme) ? La réponse de Popper fait intervenir la réfutation : une hypothèse est scientifique ssi elle est **réfutable**.

• Supposons que des phénomènes "à la Giffen" soient avérés. Cela réfuterait la loi de la demande marshalienne et (admettons-le), la théorie marshalienne du consommateur. Pas la théorie du consommateur actuelle et les lois de la demandes affaiblies qu'on peut en dériver. Mais on peut se demander si la théorie reste réfutable.

• En première analyse, la réponse est OUI, et elle découle de différents ensembles de résultats, notamment, d'une part, les **conditions de Slutsky**, et d'autre part ceux obtenus par la théorie de la préférence révélée. Je donne un exemple issue de la théorie de la préférence révélée, plus simple que les conditions de Slutsky.

Exemple 9 (axiome faible de la préférence révélée)
• *L'axiome faible de la préférence révélée (WARP) s'énoncé ainsi : pour tous (p, w), (p', w'),*

(13) Si (i) $p \cdot x(p', w') \leq w$ et (ii) $x(p, w) \neq x(p', w')$, alors $p' \cdot x(p, w) > w'$

Informellement : si (i) le budget w d'un consommateur lui permet de se procurer au prix p le panier de biens qu'il choisit quand il dispose de w' et que les prix sont p' et (ii) qu'il choisit des paniers de biens différents dans les deux situations, alors il ne peut pas se procurer $x(p, w)$ quand il dispose de w' et que les prix sont p'. En termes de préférence, l'idée est la suivante : face à (p, w), le consommateur pourrait se procurer $x(p', w')$ mais il ne le fait. Cela signifie qu'il préfère $x(p, w)$ à $x(p', w')$. Donc face à (p', w'), si le consommateur pouvait se procurer $x(p, w)$, il le choisirait plutôt que $x(p', w')$. Donc il ne peut pas se procurer $x(p, w)$ face à $p', w')$.

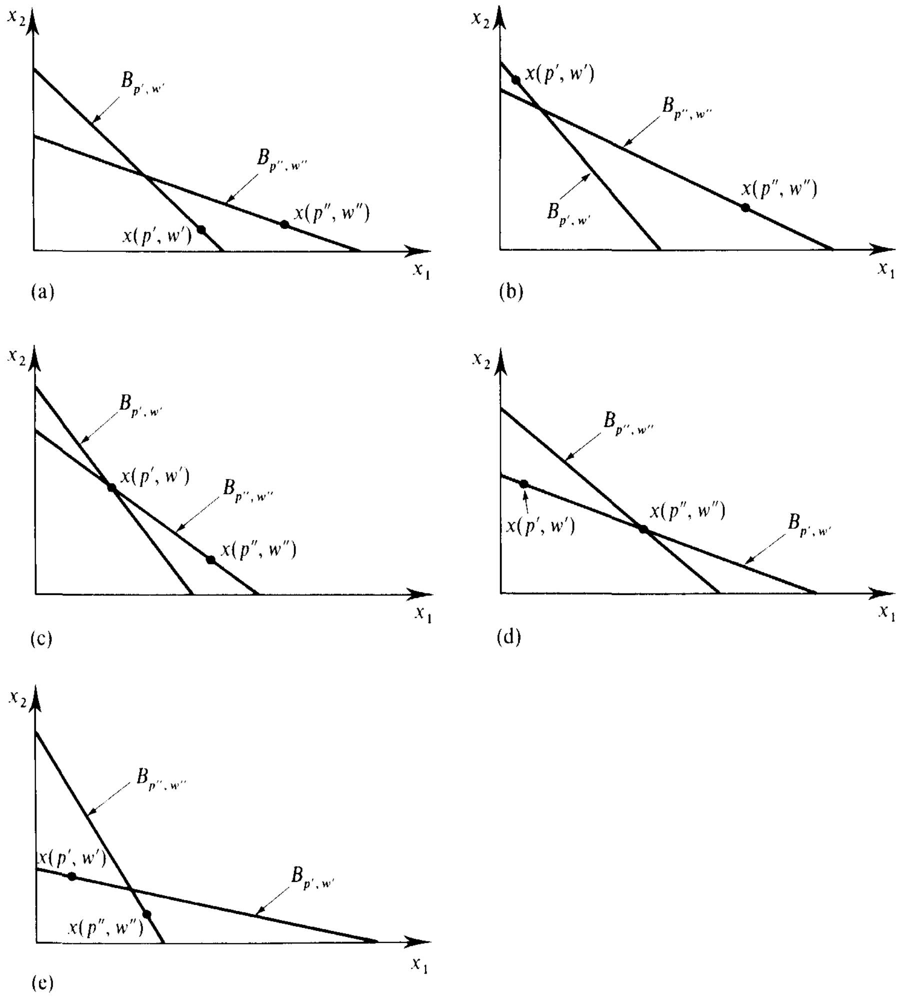


FIG. 4 – De Mas-Colell & ali. (1995)

Voir Chiappori (1990) et section suivante.

4.2.3 La thèse de Duhem-Quine

• Supposons que l'on soit capable d'extraire certaines conséquences empiriques d'une hypothèse H. Dans le cas général, la seule hypothèse H ne suffit pas à impliquer de telles conséquences : il faut lui adjoindre des hypothèses auxiliaires, disons A. Supposons maintenant que les données empiriques contredisent ces conséquences. On peut par exemple supposer que $(H \wedge A)$ implique $\neg E$ et que E soit le cas. Du point de vue déductif, cela signifie que la conjonction $(H \wedge A)$ est réfutée. Le problème qui se pose est celui de savoir comment désigner les propositions coupables (ou les plus coupables) dans cette conjonction :

▷ P. Duhem (1906), *La théorie physique, son objet, sa structure*

> "la seule chose que nous apprenne l'expérience, c'est que, parmi toutes les propositions qui ont servi à prévoir ce phénomène et à constater qu'il ne se produisait pas, il y a au moins une erreur ; mais où gît cette erreur, c'est ce qu'elle ne nous dit pas." (Partie II, Chap. VI, § II).

Exemple 10 (hypothèse auxiliaire de stabilité de la demande)

• *Reprenons notre "effet Giffen" fictif. Les deux observations ne sont pas faites au même moment : il faudrait donc en principe les indexer temporellement, par exemple de la manière suivante :*

	p_1	p_2	w	x_1	x_2=pain	t
obs ♯1	5	1	10	1	5	t_1
obs ♯2	5	1.5	10	1/5	6	t_2

Pour être précis, il faudrait indexer la fonction de demande temporellement : $x(p, w, t)$. *Rien dans la théorie du consommateur ne porte sur la relation entre fonctions de demandes à des moments différents. Il n'est pas vrai que* $H \models F$ *où* $F := (p_1^{\sharp 1} = p_1^{\sharp 2} \wedge w^{\sharp 1} = w^{\sharp 2} \wedge \Delta^{\sharp 1 - \sharp 2} p_2 < 0) \rightarrow \Delta^{\sharp 1 - \sharp 2} x_2 > 0$. *Il faut ajouter comme hypothèse auxiliaire que la fonction de demande est stable entre* t_1 *et* t_2, *disons* $A : x(p, w, t_1) = x(p, w, t_2)$. *Ce que l'on a en réalité, c'est donc* $(H \wedge A) \models F$. *Et ce que les donnée impliquent, c'est que* $\neg(H \wedge A)$.

• La thèse de Duhem-Quine entendue comme la thèse selon laquelle on ne peut (en général) pas réfuter une hypothèse "isolée" est problématique pour le falsificationnisme. Popper avait d'ailleurs conscience du problème comme l'indique l'extrait suivant de la *Logique* :

- Popper, K.R. (1959/1968), *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson : Londres ; trad.fr. N.Thyssen-Rutten et Ph.Devaux, La logique de la découverte scientifique, Paris : Payot, 1978

> "It might be said that even if the asymmetry [between verifiability and falsifiability] is admitted, it is still impossible, for various reasons, that any theoretical system should ever be conclusively falsified. For it is always possible to find some way of evading falsification, for example, by introducing *ad hoc* an auxiliary hypothesis, or by changing *ad hoc* a definition...
> I must admit the justice of this criticism ; but I need not therefore withdraw my proposal to adopt falsifiability as a criterion of demarcation. For I am going to propose... that the *empirical method* shall be characterized as a method that excludes precisely those ways of evading falsification which, as my imaginary critic rightly insists, are logically possible."

5 Les théories bayésiennes de la confirmation (TBC)

5.1 Le bayésianisme

• la théorie bayésienne de la confirmation (TBC) qui permet d'aborder la confirmation qualitativement et quantitativement. La théorie bayésienne de la confirmation est fondée sur l'épistémologie bayésienne ou **bayésianisme**

• Trois thèses centrales du bayésianisme :

(B1) le **gradualisme** : une épistémologie adéquate doit considérer les degrés de croyance et non pas seulement les croyances "pleines ". L'attitude épistémique des agents vis-à-vis de propositions est affaire de degrés qui reflètent la confiance qu'ils ont à l'égard de la vérité des propositions.
(B2) le **probabilisme** : les degrés de croyance d'un agent rationnel se laissent représenter par une distribution de probabilités.
(B3) la **révision par conditionnalisation** : les croyances d'un agent rationnel sont révisées par conditionnalisation.

• (B2) affirme précisément que les degrés de croyance d'un agent rationnel se conforment aux axiomes du calcul des probabilités. Supposons que les croyances d'un agent portent sur un ensemble d'énoncés et que l'on indique génériquement par $P(H)$ le degré de croyance que l'agent entretient vis-à-vis de l'énoncé H. Alors la thèse fondamentale affirme que P constitue une distribution de probabilités, c'est-à-dire que P obéit aux axiomes suivants :

(A1) $P(H) \geq 0$ pour tout H
(A2) $P(H) = 1$ si H est une vérité logique
(A3) $P(H_1 \vee H_2) = P(H_1) + P(H_2)$ si H_1 et H_2 sont logiquement incompatibles

• (B3) est une thèse dynamique ou diachronique qui porte sur le changement des degrés de croyance. (B3) affirme en effet qu'un agent rationnel doit réviser ses degrés de croyance par conditionnalisation : quand il apprend que E est le cas, son degré de croyance en H passe de la probabilité initiale (ou a priori) - celle qu'il a avant de prendre en compte une information - $P(H)$ à la probabilité a posteriori $P(H|E)$ qui est définie ainsi :

(14) $P(HE) =_{def} P(E \wedge H)/P(E)$ où $P(E) > 0$

$P(.|E)$ satisfait (A1)-(A3) donc est une distribution de probabilités. Il faut insister sur deux caractéristiques de la conditionnalisation qui ont suscité de nombreuses discussions.

(i) la conditionnalisation est partielle : si la donnée E a une probabilité initiale nulle, alors la conditionnalisation ne contraint pas la nouvelle distribution de probabilités.

(ii) la conditionnalisation s'applique aux données que l'on considère comme certaines. Des objections philosophiques peuvent s'élever à cet endroit : est-on jamais absolument certain de la vérité d'une donnée ? L'une des principales figures du bayésianisme contemporain, R. Jeffrey, a proposé une généralisation de la conditionnalisation, la "règle de Jeffrey ", qui permet de réviser les croyances partielles de l'agent à partir de données auxquelles on accorde une probabilité quelconque (pas nécessairement maximale) .

• Le **théorème de Bayes** est une conséquence immédiate de la définition de la probabilité conditionnelle ; il s'énonce comme suit :

(15) (TB1) $P(H|E) = [P(E|H).P(H)]/P(E)$ où $P(H), P(E) > 0$

Dans le contexte de la théorie de la confirmation, le théorème de Bayes nous indique comment déterminer la probabilité d'une hypothèse H compte tenu d'une donnée E à partir des probabilités initiales de E et de H et de la probabilité de E étant donné (la vérité de) l'hypothèse H. $P(E|H)$ est le degré auquel l'hypothèse H prédit la donnée E. Il est aisé de voir que si H implique logiquement E, alors $P(E|H)$ est maximale ; si H implique $\neg E$, alors $P(E|H)$ est nulle.
Il est parfois délicat de supposer connue $P(E)$ mais l'on peut s'en passer si l'on connaît $P(E|H)$ et $P(E|\neg H)$

(16) (TB2) $P(H|E) = [P(E|H).P(H)]/[P(E|H).P(H) + P(E|\neg H).P(\neg H)]$ où $P(H), P(E) > 0$

• Pourquoi les degrés de croyance d'un agent rationnel devraient-ils obéir au calcul des probabilités (B2) ? Pourquoi ces degrés de croyance devraient-ils être révisés par conditionnalisation (B3) ? A peu près à la même époque, mais indépendamment, De Finetti (1937) et Ramsey (1926) ont construit un argument nommé le **Pari Hollandais** (Dutch Book) dont l'objectif est de montrer qu'un agent qui parie sur la base de ses degrés de croyance et dont les degrés de croyance violent le calcul des probabilités peut se voir proposer une série de paris qu'il accepterait alors même qu'ils le mèneraient avec certitude à une perte monétaire. En d'autres termes, la violation du calcul des probabilités rend un agent vulnérable à un Pari Hollandais. On peut démontrer que les degrés de croyance d'un agent obéissent au calcul des probabilités si et seulement s'il est invulnérable à un Pari Hollandais.

Supposons par exemple (i) que Paul croit au degré 0.4 que H est vrai et au degré 0.7 que H n'est pas vrai (ce qui viole le calcul des probabilités) ; et (ii) que ses croyances sont reflétées dans ses coefficients de pari. Cela signifie que Paul est prêt à payer $0.4m$ euros pour un pari qui rapporte m euros si H est le cas, et 0 euro sinon. Marie peut alors proposer deux paris à Paul qui lui vaudront une perte certaine : posons par exemple $m = 10$ euros et supposons que Marie propose

- le Pari n°1 sur H (pour $0.4 \cdot 10$ euros), et
- le Pari n°2 sur $\neg H$ (pour $0.7 \cdot 10$ euros).

Si H est le cas, alors Paul obtiendra 10 - (0.4 10 + 0.7 10) = - 1 euro. Si H n'est pas le cas, alors Paul perdra également un euro. Autrement dit, Pierre est perdant dans tous les cas.

• Un argument similaire mais de nature dynamique, le Paris Hollandais Diachronique, a été proposé par David Lewis pour justifier le recours à la règle de conditionalisation (Teller 1973, Lewis 1999, chap.23 " Why Conditionalize ? "). L'argument du Pari Hollandais appartient à une famille plus large d'arguments pragmatiques en faveur du probabilisme : des arguments qui prétendent montrer que la violation des probabilités engendre de l'irrationalité dans l'action (ou dans la disposition à l'action).

• Nous reviendrons sur la question de la justification du bayésianisme à la fin de la partie consacrée à la théorie du choix rationnel.

5.2 La théorie bayésienne de la confirmation (TBC)

• Carnap dans la préface à la seconde édition des *Logical Foundations of Probability* (1962) : dans un cadre probabiliste il faut distinguer deux notions de confirmation : un **concept absolu** (" confirmation as firmness ") et un c**oncept incrémental** (" confirmation as increase in firmness ") de confirmation. Il y a confirmation en un sens absolu si la probabilité de H étant donné E est assez forte : $Pr(H|E) > k$. La théorie bayésienne de la confirmation n'adopte pas un tel concept absolu de confirmation, elle adopte le concept incrémental. Il y a confirmation en un sens incrémental si la probabilité de H étant donné E est supérieure à la probabilité initiale de H :

> E **B-confirme** H ssi $P(H|E) > P(H)$. E **B-disconfirme** H ssi $P(H|E) < P(H)$

Autrement dit : E B-confirme H du point de vue d'un certain agent ssi apprendre E augmente la confiance de cet agent en H.

• Certaines situations épistémiques permettent de comprendre la préférence pour le concept incrémental : supposons par exemple que, pour Paul, apprendre E ferait baisser la probabilité de H : $Pr(H|E) < Pr(H)$. Et supposons que, malgré cela, la probabilité de H reste au-dessus du seuil k : $Pr(H|E) > k$. Dans ce cas, on aurait confirmation absolue mais pas confirmation incrémentale. Nos jugements confirmationnels nous font certainement préférer le verdict du concept incrémental : nous n'avons pas envie de dire que E, qui rend H moins probable qu'elle ne l'était, confirme H.

• Si la TBC repose sur une théorie quantitative des degrés de croyance, la notion de B-confirmation est un concept *qualitatif* de confirmation. La B-confirmation est muette sur la "quantité " de confirmation qu'une donnée E confère à une hypothèse H. L'une des forces principales de la TBC est qu'elle permet de construire une notion quantitative ou une mesure de confirmation. On note génériquement une telle mesure $c(H, E)$. Une proposition naturelle consiste à prendre la différence entre la probabilité initiale de H et sa probabilité conditionnelle à E :

(17) $d(H, E) = P(H|E) - P(H)$

La mesure d a la propriété suivante : elle est positive (resp. négative) si E B-confirme (resp. B-disconfirme) H. Il existe dans la littérature des propositions concurrentes (voir Fitelson 2001) sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement.

5.3 Le théorème de Bayes et les théories hypothetico-déductives

• La popularité de la TBC provient de sa capacité à rendre compte d'un grand nombre d'intuitions confirmationnelles. Rappelons le théorème de Bayes qui découle de la définition de la probabilité conditionnelle : $P(H|E) = [P(E|H).P(H)]/P(E)$ où $P(H), P(E) > 0$ (TB1). Du théorème de Bayes et de la TBC il découle immédiatement que :

(1) toutes choses égales par ailleurs , plus une donnée E est probable étant donné une hypothèse H , plus H sera confirmée par E. (2) toutes choses égales par ailleurs, moins E est probable a priori, plus l'hypothèse H sera confirmée par E. (" principe de surprise ", Joyce)

(3) E confirme H si et seulement si $P(E|H) > P(E|\neg H)$

• La propriété (1) reflète certaines relations attendues entre conséquence logique et confirmation.

(a) Si E est logiquement incompatible avec H, alors $P(EH) = 0$ et par conséquent la B-disconfirmation de H par E est maximale.

(b) Si E est conséquence logique de H, alors $P(E|H) = 1$ et la confirmation de H par E est, toutes choses égales par ailleurs, maximale. La TBC est donc capable de retenir ce qui semble intuitif dans les théories hypothetico-déductives de la confirmation : si E est conséquence logique d'une hypothèse H, alors H est confirmée par E. C'est en effet une propriété élémentaire du calcul des probabilités que si H a pour conséquence logique E, alors $P(H|E) = P(H)$. Par conséquent, $P(H|E) = P(H)/P(E) > P(H)$ si $0 < P(H), P(E) < 1$. Autrement dit, si E et H ne sont initialement ni certainement vraies, ni certainement fausses, alors H reçoit nécessairement une confirmation du fait que E est le cas. La TBC permet donc de justifier une intuition fondamentale de la THDC et de rendre compte d'une part importante de la pratique scientifique.

• Mais la TBC permet également de surmonter certaines difficultés que rencontre la THDC. L'une de ces difficultés, on l'a vu, est le problème de la conjonction non-pertinente : si E HD-confirme H, alors nécessairement E HD-confirme $(H \wedge H')$. La TBC hérite partiellement du problème de la conjonction non-pertinente dans le cas particulier où H implique logiquement E : si $0 < P(H), P(H'), P(E) < 1$, alors E B-confirme H mais également $(H \wedge H')$. Il faut cependant souligner que cette propriété ne vaut pas en toute généralité (comme c'est le cas avec la HD-confirmation) : il n'est pas vrai que si E B-confirme H, alors pour toute H', E B-confirme $(H \wedge H')$. Contrairement à la conséquence logique, la notion de dépendance probabiliste n'est en effet pas monotone. Quand H implique logiquement E, l'analyse quantitative dont est capable la TBC s'avère par ailleurs fructueuse : si l'on utilise la différence comme mesure du degré de confirmation, alors le degré de confirmation que E confère à H est supérieur à celui qu'il confère à $(H \wedge H')$ (Earman, 1992, 63-5) .

• La propriété (2) affirme que des données surprenantes ont, *toutes choses égales par ailleurs*, un fort pouvoir confirmationnel. La restriction est importante : une donnée improbable ne confirme pas nécessairement une hypothèse. Mais si deux données E' et E sont prédites au même degré par l'hypothèse H, alors H reçoit plus de support confirmationnel de la donnée qui a la plus faible probabilité initiale. Les bayésiens voient dans cette propriété une vertu de la TBC .

Considérons l'exemple suivant : même si la scarlatine s'accompagne invariablement (supposons-le) d'une forte fièvre et d'une éruption cutanée, l'éruption cutanée de Paul est une meilleure donnée en faveur de l'hypothèse que Paul a la scarlatine car c'est un symptôme bien plus rare qu'une forte fièvre. Du point de vue conceptuel, il est important de noter que, à la différence de la propriété (1), la propriété (2) est propre à la théorie bayésienne et étrangère à la théorie hypothético-déductive.

• La propriété (3), enfin affirme que E confirme H exactement quand H prédit " plus " E que ne le fait sa négation. Pour le dire autrement, il y aurait plus de chance que E soit vrai si le monde obéissait à l'hypothèse H que s'il n'y obéissait pas.

5.4 Les difficultés de la TBC : l'exemple du problème des données connues

• Problème formulé par C. Glymour (1980) au sein d'une batterie d'arguments destinés à rejeter la TBC (pp. 85 et sq.). Voici comment l'on peut présenter le problème.

> Durant la seconde moitié du XIXe siècle, l'observation astronomique a montré que l'avance du périhélie de Mercure observée (574 secondes d'arc par siècle) différait sensiblement des prédictions que l'on pouvait en faire sur la base de la théorie newtonienne . Supposons que E soit précisément la donnée de cette avance. Considérons comme hypothèse H la Théorie de la Relativité Générale (TRG), supposons en outre que H implique E et plaçons-nous en 1915, au moment où Einstein la formule. Einstein connaissait les données sur l'avance du périhélie de Mercure : $P_{1915}(E) = 1$. E fut considéré par Einstein et la communauté scientifique comme un des arguments importants en faveur de la TRG. On devrait donc s'attendre à ce qu'une théorie de la confirmation correcte (et convenablement paramétrée) accorde un pouvoir confirmationnel important à E. Mais il découle immédiatement du calcul des probabilités que $P_{1915}(H|E) = P_{1915}(H)$. Par conséquent, E ne B-confirme pas H. Le moins que l'on puisse dire, c'est qu'il y a une divergence importante entre nos intuitions confirmationnelles et la B-confirmation.

Le problème dépasse bien sûr le simple exemple de la Théorie de la Relativité Générale : à partir du moment où une donnée est connue, elle ne peut ni B-confirmer, ni B-disconfirmer un quelconque énoncé. On peut donner deux versions du problème des données connues. Dans la version qualitative, il tient dans le fait que si une donnée E a une probabilité qui vaut 1, elle ne B-confirme ni ne B-disconfirme aucune hypothèse. Dans sa version quantitative, il tient dans le fait que si la probabilité de E vaut 1 - , alors d(H,E) est compris entre - et . La version quantitative met particulièrement en évidence le fait que le problème des données connues n'est rien d'autre que le " mauvais côté " du " principe de surprise " selon lequel toutes choses égales par ailleurs, moins E est probable a priori, plus l'hypothèse H sera confirmée par E. Le problème touche donc au coeur de la TBC, de sorte que, comme le dit P. Maher (1996), on reconnaît aujourd'hui qu'une théorie bayésienne de la confirmation aussi simple que celle nous venons de présenter n'est pas tenable. Il faut donc modifier la TBC pour résoudre le problème des données connues. Une difficulté supplémentaire tient dans le fait qu'il semble y avoir plusieurs problèmes dans le problème des données connues. Il y a au moins deux problèmes qu'il faut distinguer. Il y a d'abord le problème de l'incrément : comment une donnée connue E peut-elle augmenter la confiance en une hypothèse H ? Comment par exemple la considération par Einstein en 1915 de l'avance du périhélie de Mercure peut-elle augmenter sa confiance dans la TRG ? Le second problème est le problème de la survie : comment le pouvoir confirmationnel d'une donnée E peut-il survivre à son apprentissage ? Dans la TBC, une donnée ne peut en effet plus confirmer ou disconfirmer après son apprentissage. Il est déjà difficile de modifier la TBC de manière à résoudre l'un des deux problèmes, mais il est évidemment encore plus délicat de résoudre les deux simultanément. Considérons par exemple l'approche suivante qui incarne un " bayésianisme (logiquement) désidéalisé " : on pourrait considérer que dans une situation comme celle d'Einstein, ce qui augmente la confiance d'Einstein dans la TGR, c'est le fait qu'il se rend compte que la TGR prédit l'avance du périhélie de Mercure. Autrement dit, Einstein ferait un apprentissage de nature logico-mathématique. Le bayésianisme suppose des agents logiquement omniscients, c'est-à-dire des agents qui croient toutes les vérités logiques et toutes les conséquences logiques de leurs croyances ; il faut donc l'assouplir quelque peu pour rendre possible la représentation d'un apprentissage logique (Garber, 1983, Jeffrey 1983). Une telle approche permet au mieux de résoudre le problème de l'incrément, mais pas celui de la survie : une fois que la relation logico-mathématique entre H et E est apprise, sa probabilité vaut 1 et elle ne peut plus avoir de pouvoir confirmationnel relativement à H. Le problème de la survie motive un autre type d'approche, qui incarne cette fois un " bayésianisme historicisé ". Supposons en effet que nous nous situions au moment t et que E soit connue en t (donc Pt(H E) = Pt(H)). Pour juger du support confirmationnel de E vis-à-vis de H, pourquoi ne pas " remonter " l'histoire épistémique de l'agent jusqu'au moment où il a appris E (disons en t' < t) et considérer que E confirme H ssi Pt'(H E) > Pt'(H). Dans la TBC usuelle, les jugements confirmationnels d'un agent au moment t surviennent sur sa distribution de probabilités subjectives en t : si deux agents ont la même distribution de probabilités subjectives en t, ils auront les mêmes jugements confirmationnels. La solution que nous venons d'esquisser élargit la base sur laquelle les jugements confirmationnels surviennent puisqu'il s'agit désormais de l'ensemble de l'histoire épistémique de l'agent. Cette solution n'est toutefois pas satisfaisante car elle fait dépendre les jugements confirmationnels des accidents de l'histoire épistémique de l'agent (Christensen 1999, voir aussi Maher 1996). Considérons l'exemple suivant : Paul se promène dans le Bois de Vincennes et à t1 découvre des excréments de cerf (E1), ce qui B-confirme fortement l'hypothèse H selon laquelle il y a un cerf dans le Bois de Vincennes. A t2, il découvre des ramures de cerf (E2), mais compte tenu du fait que la probabilité de H vient d'être largement augmentée, E2 B-confirme très faiblement H. Intuitivement, Paul peut considérer au moment actuel t (> t2 > t1) que E1 et E2 confirment H aussi bien l'une que l'autre. Ce n'est pas le verdict que donne le bayésianisme historicisé qui confère à E1 un bien plus grand pouvoir confirmationnel qu'à E2. Cela est d'autant plus contre-intuitif que, si le hasard avait fait que Paul découvrît les ramures avant de découvrir les excréments, E1 aurait eu un pouvoir confirmationnel bien plus faible que E2. On peut réagir en proposant une théorie de la confirmation fondée sur un " bayésianisme contrefactuel " : la confirmation conférée par E à H serait alors l'incrément probabiliste induit par E dans la distribution de probabilités la plus proche de la distribution actuelle de l'agent où il ne connaît pas la donnée E. Cela revient à considérer la question suivante : la probabilité de H serait-elle augmentée si l'agent ne savait pas initialement puis apprenait que E ? La TBC contrefactuelle a été défendue par Howson (1984, 1991) mais n'a pas plus fait consensus que l'approche par l'apprentissage logique évoquée précédemment. Il semble en particulier qu'elle constitue au mieux une solution au problème de la survie. C'est le problème de l'incrément, cette fois, qui est laissé de côté puisqu'il est seulement question d'incrément contrefactuel, pas d'incrément actuel. Une approche différente a été défendue récemment par Christensen (1999) et Joyce (1999), approche qui repose sur une mesure de confirmation différente de d(.,.). On peut en effet remarque que E B-confirme H ssi d(H, E) $>$ 0 mais également (quand P(E) $<$ 1) ssi P(H E) $>$ P(H E). Si l'on pose s(H, E) $=$ P(H E) - P(H E), on obtient une nouvelle mesure de confirmation. Prima facie, il peut sembler étonnant d'avoir recours à s(.,.) pour aborder le problème des données connues puisque s(.,.) n'est pas définie pour P(E) $=$ 1. Mais si l'on s'en tient à la version quantitative du problème (Christensen 1999) ou si l'on modifie le cadre bayésien de manière à autoriser la conditionalisation sur des événements à probabilité nulle (Joyce, 1999), alors cette mesure a des propriétés intéressantes pour le problème des données connues. En effet, contrairement à la mesure d(.,.), la mesure s(.,.) rend possible le fait qu'une donnée E apporte une confirmation significative voire importante à une hypothèse H alors même que, initialement, la probabilité de E est très proche de 1. De manière plus générale, s(.,.) permet de neutraliser le rôle dans la confirmation de la probabilité initiale de E . Pour des raisons différentes, Christensen et Joyce ne considèrent pas pour autant que la bonne théorie de la confirmation est la théorie bayésienne de la confirmation fondée sur s(.,.). Mais leur proposition est loin de faire l'unanimité (Earman 1992 par anticipation, Eells & Fitelson 2000). A l'heure qu'il est, il n'y toujours pas de solution bayésienne canonique au problème des données connues, qui reste une difficulté majeure pour la TBC.

6 Références

- Blaug, M. (1980), *Economic Theory in Retrospect*

- Carnap, R. (1950/1962), *Logical Foundations of Probability*, Chicago : University of Chicago Press

- Cozic, M. (2009), "Confirmation et induction" dans Barberousse & ali. (eds), *Précis de Philosophie des Sciences*, vol.1, Paris : Vuibert

- Earman, J. (1992), *Bayes or Bust ? A Critical Examination of Bayesian Confirmation Theory*, Cambridge (Mass.) : MIT Press

- Earman, J. & Salmon, W.C. (1992), "The Confirmation of Scientific Hypotheses ", in Salmon, M. & al.(eds), *Introduction to the Philosophy of Science*, Indianapolis & Cambridge : Hackett Publishers

- Glymour, C. (1980), *Theory and Evidence*, Princeton : Princeton University Press

- Goodman, N. (1955) *Fact, Fiction and Forecast*, Cambridge (Mass.) : Harvard University Press ; trad.fr. , *Fait, fiction, prediction*, Paris : Editions de Minuit

- Hempel, C.G., 1945, "Studies in the Logic of Confirmation (I) ", *Mind*, LIV (213), 12-26

• Howson, C. & Urbach, P., (1989), *Scientific Reasoning : The Bayesian Approach*, La Salle : Open Court

• Marshall, A. *Principles of Economics*

• Mongin, Ph. (2006a), "L'analytique et le synthétique en économie", *Recherches économiques de Louvain*

• Mongin, Ph. (2006b), "On the Confirmation of the Law of Demand", Manuscrit disponible sur le site de l'auteur

• Popper, K.R. (1959/1968), *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson : Londres ; trad.fr. N.Thyssen-Rutten et Ph.Devaux, La logique de la découverte scientifique, Paris : Payot, 1978

• Popper, K. (1963/1972), *Conjectures and Refutations*, trad. fr. *Conjectures et réfutations*, Paris : Payot

• Ramsey, F.P., 1931, " Truth and Probability ", in Braithwaite, R. (ed.) *Foundations of Mathematics and Other Logical Essays*, Londres : Routledge & Kegan Paul

• Stigler (1947), "Notes on the History of the Giffen Paradox", *The Journal of Political Economy*, 55(2), pp. 152-6