
MODELES MENTAUX ET PRAGMATIQUE : LE CAS DU RAISONNEMENT RELATIONNEL

Jean-Baptiste Van-der-Henst

Centre de Recherche en Epistémologie Appliquée
1, rue Descartes 75005 Paris.
Tel : 01 46 64-30-52
Email : henst@poly.polytechnique.fr

Résumé

Nous présenterons d'abord la théorie des modèles mentaux de Johnson-Laird et la manière dont elle rend compte du raisonnement relationnel [Byrne & Johnson-Laird, 1989]. Puis, nous ferons une critique de cette théorie qui nous conduira à proposer une hypothèse alternative inspirée de la théorie de la pertinence de Sperber et Wilson [Sperber & Wilson, 1989]. Précisément, nous montrerons qu'en fonction de l'ordre de présentation des prémisses l'individu est capable d'opérer un traitement sélectif des informations. La comparaison de ces deux hypothèses fera l'objet d'une confrontation expérimentale: dans une situation où la théorie des modèles mentaux prédit que des problèmes sont de même difficulté (problèmes à deux modèles), l'hypothèse alternative prédit qu'en fonction du moment où les informations non pertinentes apparaissent, l'un des deux problèmes est plus difficile que l'autre. Les résultats expérimentaux confirment cette hypothèse aux dépens de la théorie des modèles mentaux. Nous ne considérons pas ces résultats comme une réfutation de la théorie des modèles mentaux, mais comme l'obligation pour celle-ci de prendre en compte des facteurs liés à la pertinence des informations.

1. Introduction

De la fin des années 60 jusqu'au début des années 80, de nombreux psychologues se sont intéressés aux inférences relationnelles principalement étudiées dans le cadre des problèmes transitifs à trois termes : A est au-dessus de B, B est au-dessus de C donc A est au-dessus de C. Le développement de ces recherches fut ponctué de multiples débats opposant deux écoles théoriques sur le thème de la nature des représentations. Les partisans de la première école, largement majoritaires, [De Soto, et al. 1965, Huttenlocher 1968, Potts 1972, Trabasso et al. 1975] ont défendu un modèle d'après lequel la représentation des informations relationnelles est analogique. Selon ce modèle, le sujet construit mentalement un "agencement spatial" qui représente la situation décrite par les prémisses. Une fois cet agencement construit, de nouvelles relations, non explicites dans les prémisses, vont apparaître. Pour produire une conclusion, le sujet doit donc simplement repérer, à l'intérieur de l'agencement, ces nouvelles relations. L'inférence effectuée donnera une conclusion valide, si la représentation élaborée se révèle fidèle à la situation décrite par les prémisses. Les partisans de l'autre école, dont le représentant principal est Clark [Clark, 1969], se sont opposés à cette thèse et ont soutenu que la représentation des énoncés relationnels était de nature

propositionnelle. Pour Clark, l'effort de représentation repose sur des facteurs linguistiques. Par exemple, les adjectifs relationnels linguistiquement "marqués" (pire, faible, pauvre...) sont plus difficiles à représenter que les adjectifs "non marqués" (meilleur, grand...). Enfin d'autres auteurs ont tenté de réconcilier les deux approches en les intégrant dans un modèle mixte (notamment [Sternberg, 1980]).

Actuellement, rares sont les publications consacrées aux inférences relationnelles, tout au moins chez l'adulte¹. La raison de ce désintérêt vient peut-être de ce que beaucoup, parmi les psychologues du raisonnement, reconnaissent l'approche analogique comme supérieure à l'approche linguistique. A titre d'exemple, Evans, Newstead et Byrne [Evans et al, 1993], auteurs de la seule analyse récente sur le sujet, présentent dans leur ouvrage (chapitre 6), une série d'arguments qui visent à démontrer au lecteur la supériorité de l'approche analogique.

L'une des rares études expérimentales publiées après la période très prolifique des années 70, est celle de Byrne et Johnson-Laird [Byrne & Johnson-Laird,

¹ Notons que les inférences relationnelles intéressent encore les psychologues du développement ainsi que les chercheurs travaillant sur l'intelligence animale.

1989]. Cet article est une contribution en faveur de l'approche analogique. Les auteurs y montrent la manière dont la théorie des modèles mentaux [Johnson-Laird 1983], s'applique au raisonnement relationnel (voir aussi [Johnson-Laird & Byrne, 1991]) et plus spécifiquement au raisonnement spatial. La théorie suscite de nombreuses critiques lorsque ses partisans s'appliquent à décrire le raisonnement propositionnel et le raisonnement avec des termes quantificateurs. Par contre, dans le cas du raisonnement spatial, les opposants potentiels restent muets. Les psychologues considéreraient donc la théorie des modèles mentaux comme celle qui décrit correctement la nature des processus représentationnels; il semblerait en outre que seule la question de la nature de ces processus éveille la curiosité des psychologues lorsqu'ils abordent les énoncés relationnels.

L'objectif général de notre recherche n'est pas de relancer la controverse entre les deux approches. Mais il est de faire apparaître que l'étude des inférences relationnelles, selon une perspective autre que celle des processus représentationnels, peut encore livrer des résultats dignes d'intérêt. L'une des critiques générales que l'on peut émettre à l'encontre des théories psychologiques du raisonnement et notamment à la théorie des modèles mentaux concerne les aspects "pragmatiques" liés au langage [Grice, 1975]. Ces théories étudient les processus psychologiques indépendamment de la situation dans laquelle ils apparaissent. Dans la plupart des paradigmes expérimentaux utilisés pour l'étude du raisonnement, l'expérimentateur communique au sujet un problème de raisonnement au moyen d'énoncés linguistiques. En conséquence, le sujet doit certes effectuer une tâche de raisonnement mais aussi une tâche de compréhension linguistique: compréhension du matériel verbal constituant le texte du problème et compréhension des consignes spécifiant les conditions de résolution de la tâche à partir du texte. Considérer les données expérimentales d'une tâche comme résultant simplement des processus de raisonnement conduit à négliger l'influence des phénomènes pragmatiques. Politzer [Politzer, 1986] montre ainsi que certaines erreurs de raisonnement viennent non pas d'une déficience des mécanismes inférentiels, mais d'un conflit entre les lois logiques et les règles pragmatiques gouvernant l'usage du langage. Politzer et Noveck [Politzer & Noveck 1991] ainsi que Sperber, Cara et Girotto [Sperber et al 1995] montrent en outre que certains des paradigmes les plus usités par les psychologues du raisonnement tels que le problème "Linda" et la tâche de Wason mettent en jeu des facteurs pragmatiques qui déterminent en grande partie les performances observées pour ces problèmes.

L'un des objectifs de notre travail est de souligner que l'ordre de présentation des prémisses dans le raisonnement relationnel peut constituer un facteur pragmatique entraînant une variation de la performance. Les effets d'ordre sont assez souvent étudiés dans le raisonnement relationnel [Smith & Foos 1975; Ehrlich & Johnson-Laird 1982; Oakhill & Johnson-Laird 1984; Oakhill & Garnham 1985] mais indépendamment de la composante pragmatique qui leur est attachée.

Nous montrerons, en nous inspirant des problèmes utilisés par Byrne et Johnson-Laird dans leurs expériences [Byrne & Johnson-Laird, 1989], que la théorie de la pertinence de Sperber et Wilson [Sperber & Wilson, 1989] permet d'expliquer un certain nombre de faits liés à l'ordre de présentation des prémisses. Nous montrerons également que ces faits contredisent en partie l'interprétation classique de la théorie des modèles mentaux [Byrne & Johnson-Laird 1989; Johnson-Laird & Byrne 1991], que nous appellerons l'interprétation forte. Par contre, nous verrons qu'une interprétation plus récente de la théorie, que nous appellerons l'interprétation faible, est compatible avec ces faits.

2. La théorie des modèles mentaux appliquée au raisonnement spatial

D'après l'interprétation forte de la théorie [Byrne & Johnson-Laird 1989; Johnson-Laird & Byrne 1991], le raisonnement déductif repose sur trois étapes. Dans un premier temps, le sujet construit un modèle mental qui représente une situation décrite par les prémisses. Dans un deuxième temps, à partir de ce modèle, le sujet dérive une conclusion qui doit être "sémantiquement informative" : elle ne doit donc pas être explicitement formulée dans les prémisses ni trivialement impliquée par elles. Enfin, dans un troisième temps, le sujet tente de falsifier cette conclusion en s'efforçant de construire, à partir des prémisses, un nouveau modèle, appelé "modèle alternatif". Si sa tentative de falsification n'aboutit à aucun autre modèle, il conserve la conclusion issue du premier modèle. Par contre, s'il parvient à construire un modèle alternatif, il recommence la même procédure à partir de la seconde étape jusqu'à ce qu'il obtienne une conclusion valide dans tous les modèles possibles.

Selon la théorie des modèles mentaux, le raisonnement est ainsi guidé par une procédure de falsification déclenchée automatiquement après l'obtention d'une première conclusion. Bien que le sujet cherche toujours à falsifier cette conclusion, il n'y parvient pas forcément. En effet, la recherche d'un modèle alternatif peut excéder les capacités de sa mémoire de travail. Dans ce cas, la conclusion énoncée ne sera compatible qu'avec une partie de la totalité des

modèles et risquera d'être erronée. La cause principale de difficulté dépend donc de la quantité d'informations à conserver en mémoire pendant le déroulement de la procédure de falsification. La théorie prédit que pour un problème, plus le nombre de modèles possibles est élevé, plus ce problème est difficile. Un problème à deux modèles est donc plus difficile qu'un problème à un modèle.

Considérons les problèmes suivants utilisés par Byrne et Johnson-Laird [Byrne & Johnson-Laird, 1989] :

Problème 1

1. A est à droite de B
2. C est à gauche de B
3. D est devant C
4. E est devant A

Problème 2

1. B est à droite de A
2. C est à gauche de B
3. D est devant C
4. E est devant B

La question, pour chaque problème, est: "quelle est la relation entre D et E?" Pour le problème 1, le sujet peut construire le modèle suivant:

C	B	A
D		E

et conclure provisoirement que "D est à gauche de E". La procédure de falsification est alors déclenchée. Mais elle ne conduit pas à la construction d'un modèle alternatif; car un seul modèle est compatible avec ces prémisses. La conclusion est donc définitivement conservée. Par contre pour le problème 2, la procédure de falsification entraîne la construction de deux modèles:

Modèle 1

C	A	B
D		E

Modèle 2

A	C	B
	D	E

Malgré la présence de deux modèles, la conclusion est la même: "D est à gauche de E". En vertu du nombre de modèles associé à chaque problème, la théorie des modèles mentaux prédit que le problème 2 est plus difficile que le problème 1.

Byrne et Johnson-Laird prétendent que leur théorie et les théories des règles d'inférence (qui correspondent à l'approche propositionnelle), en particulier celle proposée par Hagert [Hagert 1984], conduisent à des prédictions opposées pour les problèmes 1 et 2. Selon les théories des règles d'inférence (voir par exemple [Rips 1983] et [Braine et al., 1984], l'individu dispose d'un certain nombre de règles mentales qu'il applique à la forme logique des prémisses. Plus le nombre de règles à appliquer est important, plus le problème devient difficile à résoudre. Byrne et Johnson-Laird soutiennent que, d'après une telle théorie, le problème 1 est plus difficile que le problème 2, car le premier exige d'effectuer un pas d'inférence supplémentaire [Byrne & Johnson-Laird, 1989]. En effet, dans le problème 2, la seconde prémisse donne la relation entre C et B, auxquels D et E sont directement reliés. En revanche, dans le premier problème, aucune des prémisses ne donne la relation entre A et C, auxquels D et E sont directement reliés. Il faut d'abord inférer cette relation (par une règle de transitivité) pour ensuite inférer la relation entre D et E.

Byrne et Johnson-Laird ont testé expérimentalement ces prédictions opposées. Les résultats semblent confirmer leur hypothèse puisque 70% des réponses furent correctes pour le problème 1 et seulement 46% pour le problème 2.

3. Discussion

Avant de présenter les deux critiques que nous formulerons à l'encontre de [Byrne & Johnson-Laird, 1989] nous présenterons brièvement la manière dont Sperber et Wilson caractérisent la notion de pertinence [Sperber & Wilson, 1989]. Selon eux, l'individu traite l'information dans un certain contexte, de telle sorte que le contexte, à l'issue de ce traitement, s'en trouve modifié. Ils appellent cette modification du contexte un "effet contextuel". Cette notion correspond intuitivement à l'idée d'accroissement de la connaissance. Selon Sperber et Wilson, une information est d'autant plus pertinente que ses effets contextuels sont importants et que l'effort cognitif nécessaire à son traitement est faible. D'après les auteurs, l'individu tente toujours de "maximiser" la pertinence de l'information qu'il traite, c'est-à-dire d'augmenter les effets contextuels en minimisant l'effort de traitement.

La première critique concerne l'argumentation que développent Byrne et Johnson-Laird pour réfuter la théorie des règles. La première prémisse du problème 2 fait naître, dans le contexte des autres prémisses, une indétermination sur la relation entre A et C : A peut être à droite ou à gauche de C. Selon Byrne et Johnson-Laird, cette indétermination entraîne la construction de deux modèles mentaux. Mais, comme le remarquent les

auteurs, cette prémisse est inutile puisqu'elle n'apporte aucun élément permettant d'inférer la relation entre D et E. D'après l'argumentation que les auteurs attribuent aux partisans de la théorie des règles, comme il s'agit d'une prémisse superflue, le sujet n'a pas besoin de lui appliquer une règle d'inférence. Il ne prendra donc pas en compte cette prémisse pour dériver la conclusion. En somme, si le sujet construit des modèles mentaux, la prémisse inutile influence le processus inférentiel et si le sujet utilise des règles d'inférence cette prémisse n'a strictement aucun effet.

Cette conclusion est difficile à accepter. Le fait de prendre en compte ou non une prémisse ne dépend pas du type de mécanisme inférentiel mis en jeu (règles ou modèles) mais dépend principalement de l'intérêt et du crédit que le sujet accorde à l'information communiquée par l'expérimentateur. On ne peut affirmer que si le sujet utilise des règles, il évitera d'utiliser cette prémisse. Même s'il ne peut rien en déduire, il peut essayer de lui appliquer une règle d'inférence. Cette démarche augmente nécessairement l'effort de résolution et rend le problème plus difficile. Il devient ainsi possible de défendre les théories des règles contre les attaques de [Byrne & Johnson-Laird, 1989]. En effet, pour une théorie des règles, la difficulté d'un problème ne dépend pas seulement du nombre de pas inférentiels effectifs, mais dépend aussi du nombre de fois que le sujet tente d'appliquer une règle d'inférence. Quelle est la position du sujet lorsqu'il aborde ce problème? Il se trouve simplement dans le contexte d'une tâche de raisonnement. Il sait donc qu'il va devoir utiliser les informations que lui transmet l'expérimentateur pour inférer une ou plusieurs informations nouvelles. Le sujet s'attend donc à ce que les prémisses lui permettent de produire une information susceptible de répondre à la question que posera l'expérimentateur. Plus précisément, il est en droit d'attendre que chaque prémisse participe à la production de la conclusion. Dans ce cas, il ne peut être amené à penser que la première prémisse est superflue. Il tentera de l'utiliser pour en tirer une nouvelle information et ce, quel que soit le mécanisme inférentiel mis en œuvre (modèles ou règles). L'expérience menée par Byrne et Johnson-Laird ne teste donc pas les prédictions des deux théories mais teste simplement le rôle d'une prémisse inutile sur le processus inférentiel. C'est donc cette question que nous proposons d'étudier par la suite; notre objectif est ainsi de décrire les conditions qui font que cette prémisse influence le déroulement du raisonnement.

La seconde critique porte sur la procédure de falsification. D'après [Byrne & Johnson-Laird, 1989], il semble que la procédure de falsification se déclenche automatiquement et réussit chaque fois que la mémoire de travail permet le stockage de tous les modèles possibles. Selon eux, le sujet "idéal" ou encore le "bon

raisonneur" est donc celui qui construit tous les modèles des prémisses. Pour le problème 2, la procédure de falsification doit conduire les sujets à construire deux modèles. Mais, ceux dont la mémoire de travail est insuffisante ne construisent qu'un seul modèle; ils n'en arrivent pas moins à la conclusion correcte. D'après la théorie des modèles mentaux, ces sujets auraient donc commis une erreur et n'auraient accédé à la conclusion que de manière accidentelle, car le modèle alternatif aurait très bien pu falsifier la conclusion initiale. Néanmoins si l'on se réfère à la théorie de la pertinence, leur comportement, du point de vue de l'effort cognitif, est plus efficace que celui des sujets construisant les deux modèles. En effet, ils parviennent à la même conclusion pour un effort de traitement moindre.

Cette réflexion nous a conduit à remettre en cause le caractère automatique de la procédure de falsification lorsqu'un seul modèle suffit à produire la conclusion correcte. D'après la manière dont Byrne et Johnson-Laird conçoivent le traitement du problème 2, il apparaît qu'une prémisse inutile agit sur le processus inférentiel de la même manière qu'une prémisse nécessaire à la conclusion: quelle que soit l'utilité de la prémisse, la procédure de falsification est déclenchée.

Considérons maintenant le problème 3 ci-dessous:

1. C est à gauche de B
 2. D est devant C
 3. E est devant B
 4. B est à droite de A.
- (Quelle est la relation entre D et E?)

Ce problème comporte les mêmes prémisses que le problème 2. La seule différence réside dans l'ordre de présentation. La prémisse inutile se trouve cette fois en dernière position. D'après la théorie des modèles mentaux, ce problème se situe au même niveau de difficulté que celui du problème 2: le sujet construit un premier modèle et tente de falsifier la conclusion tirée de ce modèle en construisant un modèle alternatif.

Comparons plus étroitement les deux problèmes. Quand le sujet aborde le problème 2, la prémisse inutile est en première position. Il ne peut savoir que cette prémisse est superflue, il est donc enclin à supposer que cette prémisse, donnée par l'expérimentateur, lui permettra d'inférer une nouvelle information. Lorsque l'expérimentateur lui transmet cette prémisse, il ne lui communique pas seulement son contenu informationnel mais il lui communique également le fait que cette prémisse est pertinente, conformément au principe de pertinence énoncé par Sperber et Wilson ("*tout acte de communication ostensible communique la présomption de sa propre pertinence optimale*", [Sperber & Wilson, 1989, p. 237]). Le sujet n'hésitera donc pas à traiter

cette prémisse. Lorsqu'il lit la seconde prémisse, il ne peut inférer aucune information nouvelle en raison de l'indétermination de la relation entre A et C; on peut donc supposer qu'il tentera de conserver cette prémisse en mémoire lors du traitement des autres prémisses afin d'inférer une nouvelle information qui pourra lui permettre de résoudre l'indétermination. Sur le plan de l'effort cognitif, la conservation de cette prémisse en mémoire pendant le traitement des autres prémisses sera particulièrement coûteuse. D'une part, le sujet ne parviendra pas à élaborer une représentation unifiée en raison de l'indétermination. D'autre part, il devra peut-être fournir une grande quantité d'efforts pour lever cette indétermination. Sur le plan des effets contextuels, cette prémisse ne véhicule aucune information permettant de répondre à la question. De plus elle peut inciter le sujet à rechercher une information (la relation entre A et C) à laquelle il ne peut accéder et qui n'a aucun lien avec la relation que l'expérimentateur lui demandera d'inférer dans la question (la relation entre D et E). Cette prémisse n'est donc pas pertinente (au sens de Sperber et Wilson) pour répondre à la question. En résumé, le problème 2 est difficile car l'information non pertinente transmise par la première prémisse entrave le traitement des autres prémisses.

Confronté au problème 3, le sujet peut d'abord lire les trois premières prémisses, qui elles sont pertinentes, et inférer la relation entre D et E avant de prendre connaissance de la prémisse non pertinente. Jusqu'à la troisième prémisse, aucune relation indéterminée ne perturbera le processus d'intégration des informations. De plus, le sujet, sachant qu'il effectue une tâche de raisonnement, sera parvenu à une nouvelle information susceptible de satisfaire ses attentes cognitives avant de prendre connaissance d'une information pouvant l'inciter à rechercher une information inaccessible. Il sera donc moins sensible à l'indétermination tant sur le plan de l'effort cognitif que sur le plan des effets. Il est possible que ce phénomène s'accroisse si la question vient au début du problème. En effet, après avoir traité la troisième prémisse, le sujet saura qu'il est en possession de la réponse et ne prendra peut-être pas la peine de lire la prémisse non pertinente. De façon générale, le problème 3 devrait permettre au sujet d'effectuer un traitement des informations plus efficace que dans le problème 2.

En résumé, nous sommes en présence de deux hypothèses qui mènent à des prédictions différentes. Selon la théorie des modèles mentaux, le sujet tente d'élaborer une représentation complète des problèmes en construisant tous les modèles. La théorie prédit que les problèmes 2 et 3 sont de difficulté équivalente. Elle prédit aussi que le problème 1 (un modèle) est plus facile que le problème 3 (deux modèles). Selon l'hypothèse alternative, la difficulté du problème 2 ne

vient pas du déclenchement de la procédure de falsification qui conduit à la construction de deux modèles, mais résulte de la position défavorable de la prémisse non pertinente. Si un traitement efficace prévaut sur la recherche d'une représentation exhaustive, le problème 3 doit être plus facile que le problème 2. De plus, lorsque la question est posée avant, le problème 3 devrait être plus facile que lorsque la question est posée après.

4. Expérience

Nous avons réalisé une expérience au cours de laquelle les sujets ont dû résoudre les 3 problèmes précédents. Une partie des sujets a eu connaissance de la question avant les prémisses. L'autre partie a eu connaissance de la question après les prémisses comme dans l'étude de [Byrne & Johnson-Laird, 1989].

4.1. Méthode

Sujets — 181 élèves de seconde, âgés de 14 à 16 ans, répartis en sept classes.

Plan expérimental — Les sujets devaient résoudre quatre problèmes: un problème d'entraînement et les trois problèmes 1 (où toutes les prémisses sont pertinentes), 2 (où la prémisse non pertinente est en première position) et 3 (où la prémisse non pertinente est en dernière position). Quatre classes, soit un ensemble de 102 sujets, ont eu connaissance de la question après les prémisses. Trois autres classes, soit un ensemble de 79 sujets, ont eu connaissance de la question avant les prémisses.

Matériel et Procédure — Les sujets ont reçu un nombre restreint de problèmes (3 problèmes test et un problème d'entraînement) pour éviter la mise en place de stratégies et de routines qui apparaissent lorsqu'ils doivent résoudre un grand nombre de problèmes [Quinton & Fellows 1975; Wood et al., 1974]. Nous avons contrebalancé l'ordre de présentation des problèmes de telle sorte que chaque problème puisse être présenté en première position, en deuxième position et en troisième position. Les sujets ont été testés en groupe. Un groupe correspond à une classe d'élèves. En même temps que l'expérimentateur lisait les prémisses à haute voix, elles apparaissaient sur un écran. Dans la condition "question après", les prémisses, après avoir été présentées, disparaissaient pour laisser place à la question. Dans la condition "question avant", la question, présentée avant les prémisses, disparaissait au moment de l'arrivée des prémisses. Chaque problème concernait un domaine d'objets familiers. Les termes, dans chaque problème, commençaient par des lettres différentes. Les sujets

disposaient d'une feuille de papier pour écrire leurs réponses. Les quatre problèmes utilisés furent :

Problème d'entraînement

L'orange est à droite du citron.
La pomme est devant l'orange.
L'abricot est devant le citron.

(Quelle est la relation entre la pomme et l'abricot?)

Problème 1

Le cidre est à droite de l'eau.
le lait est à gauche de l'eau.
le soda est devant le lait.
la bière est devant le cidre.

(Quelle est la relation entre le soda et la bière?)

Problème 2

Le yaourt est à droite du beurre
la confiture est à gauche du yaourt
le sucre est devant la confiture
le miel est devant le yaourt.

(Quelle est la relation entre le sucre et le miel ?)

Problème 3

Le sel est à gauche du poivre
l'huile est devant le sel
le vinaigre est devant le poivre
le poivre est à droite de la moutarde.

(Quelle est la relation entre l'huile et le vinaigre?)

Tableau 1 — Conditions “question après” fréquences et pourcentages correctes (4 classes : 102 sujets)

Ordre des problèmes	1-2-3 (N =26)	3-1-2 (N=27)	2-3-1 (N=24)	1-3-2 (N=25)	Total (N=102)
Pb1: Boissons	13 (50%)	9 (33%)	11 (46%)	14 (56%)	47 (46%)
Pb2: Aliments	10 (38%)	9 (33%)	8 (33%)	8 (32%)	35 (34%)
Pb3: Ingrédients	15 (58%)	21 (78%)	12 (50%)	12 (48%)	60 (59%)

Tableau 2 — Conditions “question avant” fréquences et pourcentages correctes (4 classes : 79 sujets)

Ordre des problèmes	1-2-3 (N =29)	3-1-2 (N=24)	2-3-1 (N=26)	Total (N=79)
Pb1: Boissons	17 (59%)	12 (50%)	14 (54%)	43 (54%)
Pb2: Aliments	11 (38%)	12 (50%)	11 (42%)	34 (43%)
Pb3: Ingrédients	17 (59%)	17 (71%)	13 (50%)	47 (59%)

4.2. Résultats et discussion

Les tableaux 1 et 2 présentent les fréquences et les pourcentages de réponses correctes en fonction de l'ordre de présentation des problèmes. Concernant la différence de performance entre les trois problèmes, la comparaison est intra-sujets. La prédiction de l'hypothèse alternative portait sur la différence de performance entre le problème 2 et le problème 3, le premier devant être plus difficile que le second. Conformément à notre prédiction, la performance du problème 3 est supérieure à celle du problème 2 quelle que soit la position de la question (question après, McNemar $\chi^2 = 11.76$, $p < 0.05$; question avant, McNemar $\chi^2 = 4$, $p < 0.05$). Concernant les problèmes 1 et 2, la différence va dans le sens d'une plus grande difficulté du problème 2 par rapport au problème 1 conformément aux résultats obtenus par [Byrne & Johnson-Laird, 1989]. Mais cette différence de performance n'est pas significative (question après,

McNemar $\chi^2 = 2.42$, $p > 0.05$; question avant, McNemar $\chi^2 = 2.06$, $p > 0.05$). La différence de performance entre le problème 1 et le problème 3 n'est pas non plus significative (question après, McNemar $\chi^2 = 2.94$, $p > 0.05$; question avant McNemar $\chi^2 = 0.3$, $p > 0.05$). Ce résultat contredit la prédiction de la théorie des modèles mentaux d'après laquelle le problème 3 doit être plus difficile que le problème 1. La différence est même inverse à celle prédite. Concernant la position de la question, la performance augmente pour les problèmes 1 et 2 lorsque la question vient avant les prémisses; mais cette augmentation n'est pas significative (pour le premier problème, $\chi^2 = 1.24$, $p > 0.05$; pour le deuxième problème, $\chi^2 = 1.45$, $p > 0.05$). Contrairement à ce que nous attendions et à ce que nous avons pu observer dans deux expériences pilotes, le fait de poser la question avant les prémisses dans le troisième problème, n'améliore pas la performance ($\chi^2 = 0.04$, $p > 0.05$). Concernant l'ordre de présentation des problèmes, dans les deux conditions (question avant,

question après), il n'y a pas de différence significative de la performance pour les problèmes 1 et 2 quelle que soit leur position. Il n'y a pas non plus de différence pour le problème 3, sauf si l'on compare la performance entre ce problème en première position et en seconde position dans la condition "question après" ($\chi^2 = 5.29$, $p < 0.05$).

5. Discussion générale

Selon l'interprétation forte de la théorie des modèles mentaux, si le nombre de modèles compatibles avec les prémisses d'un problème n'excède pas la capacité de la mémoire de travail, le sujet construira tous les modèles même si certains d'entre eux s'appuient sur des prémisses non pertinentes. Les résultats obtenus dans l'expérience s'opposent à cette hypothèse et réfutent l'idée que la difficulté d'un problème est proportionnelle au nombre de modèles qu'il est possible de construire. La position d'une prémisse non pertinente est un élément important que Byrne et Johnson-Laird [Byrne & Johnson-Laird 1989] n'ont pas pris en compte. Lorsque la prémisse non pertinente est au début, le sujet ne peut savoir qu'elle est inutile. Il cherche donc à l'exploiter pour découvrir une nouvelle information et produit une certaine quantité d'effort pour la traiter et la conserver en mémoire de travail. Lorsque cette prémisse est en dernière position, la représentation des trois premières prémisses n'est pas rendue difficile et le sujet peut obtenir une nouvelle information avant de lire la dernière prémisse.

On ne peut concevoir la différence de performance entre le problème 1 et le problème 2 comme une réfutation des théories des règles d'inférence. La difficulté du problème 2, comme nous l'avons signalé, ne dépend pas d'un mécanisme inférentiel particulier. Elle vient de l'antagonisme entre l'indétermination créée par la prémisse non pertinente et la nécessité de répondre à une question sans rapport avec cette indétermination. La recherche d'une représentation exhaustive obtenue par la construction de tous les modèles, n'est pas le chemin que le sujet suit systématiquement lorsqu'il raisonne. Il peut s'arrêter à une représentation partielle des prémisses, non à cause d'une limitation de sa mémoire de travail mais parce que cette représentation lui permet de donner une réponse correcte au problème. Le sujet essaie donc de répondre à la question tout en limitant ses efforts de traitement. Les résultats expérimentaux obtenus montrent que la recherche d'un modèle alternatif ne repose pas seulement sur la capacité de la mémoire de travail. Elle dépend aussi de l'efficacité du traitement qui conduit le sujet à limiter la portée des informations non pertinentes.

Les résultats ne réfutent pas la théorie des modèles mentaux, mais contredisent l'idée admise par Byrne et Johnson-Laird que le sujet déclenche automatiquement la procédure de falsification. La plupart des prédictions de la théorie s'appuient sur cette procédure de

falsification, mais sa nature reste encore inconnue comme l'affirment les auteurs eux-mêmes:

[...] how are the alternatives generated, and how is the search for them terminated? we do not know. The search could be terminated at random, or it might be based on a simple deterministic procedure. It could be terminated whenever a certain number of alternatives have been examined. We suspect that none of these approaches is right, and that people try to negate putative conclusions [...], and that the capacity of working memory is the main factor in terminating searches" [Johnson-Laird & Byrne, 1991, pp. 213-214].

Notre recherche montre donc que le déclenchement de la procédure de falsification, si elle existe, dépend aussi des facteurs qui conduisent le sujet à maximiser la pertinence de l'information qu'il traite. Les défenseurs de la théorie des modèles mentaux pourraient tenter d'expliquer la difficulté plus grande du problème 2 par rapport au problème 3 en supposant que ce dernier facilite le déclenchement de la procédure de falsification. Mais alors ils doivent prendre en compte le fait qu'un problème à deux modèles (problème 3) peut être aussi facile qu'un problème à un modèle (problème 1). Faire cette hypothèse contraindrait donc les partisans de la théorie à abandonner la prédiction générale d'après laquelle la difficulté d'un problème est proportionnelle au nombre de modèles compatibles avec ce problème.

Certains travaux récents des partisans de la théorie des modèles mentaux peuvent s'accorder avec une position pragmatique. Ces travaux mènent à une interprétation révisée de la théorie, que nous avons appelée interprétation faible. Schaeken, Johnson-Laird et d'Ydewalle [Schaeken et al., 1995; Schaeken & Johnson-Laird, 1995], qui étudient le raisonnement temporel, défendent l'idée que le sujet est capable d'effectuer un traitement sélectif de l'information s'il a la possibilité d'utiliser la question comme guide dans la construction des modèles

[...] when reasoners have immediate access to all the premises and the question, they can construct models from just those premises that are relevant to its answer" [Schaeken & Johnson-Laird, 1995, p. 20].

Ils font référence à des travaux non encore publiés qui montrent que si le sujet prend connaissance de la question au début et dispose de tout le temps qu'il souhaite pour lire les prémisses, il a alors tendance à ignorer les prémisses non pertinentes (cf. [Schaeken & Johnson-Laird, 1995] pour une présentation de ces résultats).

En conclusion, la théorie des modèles mentaux est probablement la théorie la plus adaptée pour décrire le raisonnement spatial. D'abord, un modèle mental permet au sujet d'intégrer l'information transmise par les prémisses dans une structure représentationnelle unique. Il est plus aisé de retenir l'information au sein d'un modèle mental que de morceler l'information dans la mémoire de travail par des propositions indépendantes. De plus, il semble plus facile de dériver une nouvelle information à partir d'un modèle mental que d'utiliser des règles d'inférence complexes telles que celles proposées par Hagert [Hagert, 1984]. Néanmoins les prédictions fondées sur la procédure de falsification doivent être reconsidérées en fonction de la capacité du sujet à traiter les informations de façon pertinente. Ainsi notre approche fondée sur la théorie de la pertinence ne critique pas la théorie des modèles mentaux sur la nature de la représentation comme pourrait le faire un partisan de l'approche propositionnelle. Elle la critique sur l'absence de considération pragmatique qui conduit à concevoir la procédure de falsification comme un processus limité uniquement par la mémoire de travail. Cette démarche critique peut donc être généralisée à toute théorie du raisonnement (théorie des règles incluse) n'intégrant pas la dimension pragmatique en son sein.

Les travaux présentés ici peuvent dans un proche avenir donner lieu à deux voies de recherche. Premièrement, afin d'étayer l'hypothèse proposée, il est souhaitable de recueillir un plus grand nombre de données empiriques en étudiant d'autres relations, comme les relations temporelles (A s'est déroulé avant B, B s'est déroulé en même temps que C...) ou les relations comparatives (A est plus grand que B, B est aussi grand que C, D est plus petit que C...). De plus, il est souhaitable d'étendre l'analyse proposée pour le raisonnement relationnel à d'autres domaines de raisonnement (raisonnement propositionnel, raisonnement syllogistique) et d'étudier comment certains éléments comme la position des prémisses ou la pertinence des informations déterminent l'ordre de construction des modèles. Il serait notamment utile d'identifier quels sont les éléments qui guident le sujet dans la construction et le choix du premier modèle. Deuxièmement, la théorie des modèles mentaux est actuellement l'approche dominante chez les psychologues, mais ses défenseurs se souciaient jusqu'à maintenant peu des phénomènes pragmatiques. Il est donc souhaitable d'étudier comment la théorie des modèles mentaux peut intégrer en son sein des éléments issus d'approches pragmatiques comme la théorie de la pertinence. Il peut notamment être utile d'étudier l'influence des facteurs pragmatiques sur le déclenchement de la procédure de falsification. A titre d'illustration, considérons le cas limite d'un ensemble d'énoncés compatible avec un très grand nombre de modèles:

A est à gauche de G,
B est à gauche de G,
C est à gauche de G,
D est à gauche de G,
E est à gauche de G,
F est à gauche de G.

Confronté à cette description il est beaucoup plus judicieux de retenir que les éléments A, B, C, D, E, F se trouvent à gauche de G sans aucune relation spécifiée entre chacun d'eux, plutôt que de construire la totalité des modèles compatibles avec la description. Il est probable qu'un test expérimental montre en effet que les sujets évitent de construire tous les modèles et aient bien conscience que le problème est fondamentalement indéterminé. Dans le cadre de la théorie des modèles mentaux, il peut donc être intéressant d'étudier les conditions qui poussent un individu à abandonner la recherche exhaustive des modèles. La théorie de la pertinence offre une piste de réponse. On peut supposer que le sujet construira un modèle alternatif si les effets qu'il peut en escompter sont supérieurs au coût cognitif engendré par la construction du modèle.

Un ajustement théorique intégrant la dimension pragmatique permettrait de dépasser les querelles parfois stériles qui opposent les partisans de la théorie des modèles mentaux à ceux de la logique mentale (théorie des règles) et d'ouvrir des voies de recherches centrées moins sur la réfutation de la position adverse que sur l'étude des phénomènes cognitifs.

Références bibliographiques

- [Braine et al., 1994] Braine, M.D.S., Reiser, B.J. & Rumin, B. (1984). Some empirical justification for a theory of natural propositional logic. Dans G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, Vol. 18. New York: Academic Press.
- [Byrne & Johnson-Laird, 1989] Byrne, R.M.J. & Johnson-Laird, P.N. (1989). Spatial reasoning. *Journal of Memory and language*, 28, 564-575.
- [Clark, 1969] Clark, H.H. (1969). Linguistic processes in deductive reasoning. *Psychological Review*, 76, 387-404.
- [De Soto et al., 1965] De Soto, C.B., London, M. & Handel, S. (1965). Social reasoning and spatial paralogic. *Journal of Personality and Social Psychology*, 2, 293-307.
- [Ehrlich & Johnson-Laird, 1982] Ehrlich, K. & Johnson-Laird, P.N. (1982). Spatial descriptions and referential continuity. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 296-306.
- [Evans et al, 1993] Evans, J.St.B.T., Newstead, S.E., & Byrne, R.M.J. (1993). *Human reasoning. The Psychology of Deduction*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.

- [Grice, 1975] Grice, H.P. (1975). Logic and conversation. Dans P. Cole & J.M. Morgan (eds), *Syntax and Semantics 3: Speech Acts*. New York. Seminar Press.
- [Hagert, 1984] Hagert, G. (1984). Modeling mental models: experiments in cognitive modeling of spatial reasoning. Dans O'Shea, T. (Ed.) *Advances in Artificial Intelligence*. Amsterdam: North-Holland.
- [Huttenlocher, 1968] Huttenlocher, J. (1968). Constructing spatial images: a strategy in reasoning. *Psychological Review*, 75, 550-560.
- [Johnson-Laird, 1983] Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [Johnson-Laird & Byrne, 1991] Johnson-Laird & Byrne, R.J.M. (1991). *Deduction*. Hove, K: Lawrence Erlbaum Associates.
- [Oakhill & Garnharn, 1985] Oakhill, J.V. & Garnham A. (1985). Referential continuity, transitivity, and the retention of relational descriptions. *Language and Cognitive Processes*, 1, 149-162.
- [Oakhill & Johnson-Laird, 1984] Oakhill, J.V. & Johnson-Laird, P.N. (1984). Representation of spatial description in working memory. *Current Psychological Research and Reviews*, 3, 52-62.
- [Politzer, 1986] Politzer, G. (1986). Laws of language use and and formal logic. *Journal of Psycholinguistic Research*, 15,47-92.
- [Politzer & Noveck, 1986] Politzer, G. & Noveck. I.A. (1991). Are conjunction violations the result of conversational rule violations? *Journal of Psycholinguistic Research*, 20, 83-103.
- Potts, G.R. (1972). Information processing used in the encoding of linear orderings. *Journal of verbal Learning and Verbal behavior*, 16, 727-740.
- [Quinton & Fellows, 1975] Quinton, G. & Fellows, B.J. (1975). 'Perceptual' strategies in the solving of three-term series problems. *British Journal of Psychology*, 66, 69-78.
- [Rips 1983] Rips L.J. (1983). Cognitive processes in propositional reasoning. *Psychological Review*, 90, 38-71.
- [Schaeken & Johnson-Laird, 1995] Schaeken, W., Johnson-Laird, P.N. & d'Ydewalle (1995). Mental models and temporal reasoning. Article soumis à publication: *Cognition*.
- [Schaeken & Johnson-Laird, 1995] Schaeken, W. & Johnson-Laird, P.N. (1995). How people reason about temporal relations. A paraître dans *Proceedings of the 17th annual meeting Cognitive Science Society*.
- [Smith & Foos, 1975] Smith, K.H. & Foos, P.W. (1975). Effect of presentation order on the construction of linear orders. *Memory and Cognition*, 3, 614-618.
- [Sternberg, 1980] Sternberg (1980). Representation and process in linear syllogistic reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, 109, 119-159.
- [Sperber & Wilson, 1989] Sperber, D. & Wilson, D. (1989). *La pertinence, Communication et cognition*. Paris: Minuit. Publié initialement en anglais: *Relevance, Communication and Cognition*, Oxford: Blackwell (1986).
- [Sperber et al., 1995] Sperber, D., Cara, F. & Girotto, V. (1995). Relevance theory explains selection task. *Cognition*.
- [Trabasso et al., 1975] Trabasso, T., Riley, C.A. & Wilson E.G. (1975). The representation of linear order and spatial strategies in reasoning: a developmental study. Dans R. Falmagane (Ed.), *Psychological studies of logic and its development*. Hillsade, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- [Wood et al., 1974] Wood, D.J., Shotton, J.D. & Godden, D. (1974). An investigation of the relationships between problem solving strategies, representation and memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 26, 252-257.

