La détection d'analogies potentielles sans mapping est-elle possible ?

Thierry Ripoll

Laboratoire de Psychologie Cognitive
UMR CNRS 6146 Université de Provence
29 AV, R. Schuman
13621 Aix-en-Provence
E-mail :
ripoll@newsup.univ-mrs.fr

Joël Eynard

Laboratoire de Psychologie Cognitive
UMR CNRS 6146 Université de Provence
29 AV, R. Schuman
13621 Aix-en-Provence

RÉSUMÉ : Une analyse critique des modèles classiques du raisonnement par analogie nous a conduit à remettre en question une hypothèse trop rarement discutée et qui a valeur de postulat. Selon cette hypothèse, le raisonnement par analogie consiste essentiellement à mettre en correspondance les éléments des deux situations analogues qui jouent un rôle équivalent au sein des deux structures comparées. Si cet alignement structural terme à terme est probablement le meilleur moyen d'expliciter et de justifier une analogie, rien n'indique qu'il contribue à la découverte et à l'identification rapide d'analogies créatives. Dans les deux expériences relatées dans cet article, nous montrons au contraire que lorsque les sujets peuvent extraire de la source une propriété globale (ici, la thématique d'une phrase), ils sont capables de traiter la cible de manière moins analytique et de détecter très rapidement des analogies sans recourir à un quelconque alignement terme à terme de leurs propriétés locales.

MOTS-CLES : analogie, mapping,, propriétés globales et locales.

1 Introduction

Depuis une vingtaine d'années, de nombreux modèles computationnels du raisonnement par analogie ont été proposés et ont fourni des voies d'approche très heuristiques d'un type d'inférence qui a souvent résisté à toute forme de description formelle [FFG 89] ; [G 94] ; [HT 89] ; [HH 97] ; [KLD 94]. Par ailleurs, ces modèles ont contribué de manière substantielle à enrichir notre compréhension d'activités cognitives complexes faisant intervenir d'une manière ou d'une autre le concept de similitude : compréhension de métaphores, compréhension de mots composés, catégorisation, inférences en résolution de problèmes, traitement de similitudes visuelles... Au-delà de ce succès scientifique indéniable, quelques auteurs, en particulier [HT 94], ont proposé une analyse critique de ces modèles en s'attaquant à leur fondement épistémologique.

Dans cette contribution, nous ferons une analyse critique de propriétés plus techniques et fonctionnelles, lesquelles propriétés ont néanmoins une incidence très grande sur notre manière de concevoir le raisonnement par analogie. Après avoir rappelé les propriétés fondamentales des modèles actuels, nous décrirons une approche alternative complémentaire de l'approche dominante en psychologie et présenterons des données empiriques nouvelles qui soutiennent l'approche alternative proposée ici.

2 Une conception analytique et séquentielle du raisonnement par analogie.

Les modèles dominants (SME, ACME, SIAM, LISA, IAM...), outre certaines différences techniques parfois importantes, partagent au moins deux propriétés cruciales que nous analyserons successivement : le caractère extrêmement analytique des processus impliqués dans le raisonnement par analogie et la séquentialité des phases du raisonnement par analogie.

2.1 Caractère analytique du processus analogique.

Rappelons que pour la plupart des auteurs dans le domaine, le processus essentiel à toute forme de raisonnement par analogie implique une comparaison de la source (la situation connue) et de la cible (la situation peu ou mal connue). Cette comparaison, appelée par certains auteurs « mapping », par d'autres « alignement de structures », consiste à identifier les correspondances structurales qui existent entre deux situations analogues. Bien que cette phase de mapping soit considérée comme le cœur de l'analogie, nous développerons un ensemble d'arguments théoriques et empiriques suggérant que le transfert analogique, c'est à dire l'exploitation effective d'une connaissance source pour la résolution (au sens large de ce terme) d'une cible, n'implique pas nécessairement qu'un mapping, tel que les modèles l'appréhendent, ait été réalisé.
Avant de préciser le cadre théorique alternatif qui sous-tend notre approche, nous rappellerons brièvement comment les modèles computationnels proposés en psychologie cognitive simulent le processus de mapping ([RC 01] pour un exposé détaillé de ces modèles).
Point important dans le contexte de la présente recherche, le processus de comparaison est strictement analytique, faisant intervenir un processus de type local puis global (local-to-global processing). Ainsi, l'ensemble de ces modèles, à quelques nuances techniques près, procède en deux temps. Ils commencent par élaborer un très grand nombre de mises en correspondance locales entre les éléments de la source et de la cible (entre objets, entre prédicats d'ordre équivalent,…) sur la base de critères structuraux et sémantiques. Au terme de cette phase, de très nombreux appariements locaux inconsistants coexistent avec des appariements locaux qui demeureront une fois l'analogie établie. En quelque sorte, lors de cette phase initiale, le modèle génère beaucoup plus de correspondances possibles que celles qui sont effectivement compatibles avec l'analogie traitée. Lors d'une deuxième phase, les modèles exploitent un ensemble de contraintes structurales pour constituer des ensembles plus vastes de mises en correspondance (correspondances dites globales). Pour l'essentiel, ces contraintes font intervenir un nombre minimal de règles (systématicité, connectivité parallèle, correspondance bi-univoque) qui garantissent que la combinaison des correspondances locales identifiées lors de la première phase constituera, au moins sur le plan formel, une interprétation globale satisfaisante de l'analogie. Pour que l'interprétation globale finale de l'analogie ait quelque pertinence, certains modèles

associent aux contraintes structurales, des contraintes sémantiques, voire pragmatiques dans le cas du modèle ACME [HT] ou LISA [HH 97].

Le point crucial ici est que les similitudes globales ne peuvent être appréhendées qu'à l'issue d'un processus analytique de comparaison terme à terme des propriétés locales de la source et de la cible. À aucun moment, le modèle n'a accès aux propriétés globales communes à la source et à la cible susceptibles de guider le processus d'alignement de structure. En quelque sorte, pour reprendre les propos de Gentner, le modèle est initialement aveugle à l'analogie qu'il va découvrir. Pour les auteurs qui défendent cette approche, l'antériorité des correspondances locales est essentielle pour préserver le caractère heuristique de l'analogie en ce sens que la découverte de l'analogie émerge d'une représentation initiale qui ne permet pas de faire apparaître la similitude globale sous-jacente. En quelque sorte, le processus de comparaison se développe par satisfaction de contraintes multiples (structurales essentiellement, mais aussi sémantiques et pragmatiques pour certains modèles) sans être guidé par une quelconque connaissance préalable de la propriété globale commune à la source et à la cible : "In the first stage, SME[1] begins blind and local by matching all identical predicates and subpredicates in the two representations [GM 97, p. 47]. En clair, il semble que le modèle ignore réellement l'existence d'une analogie profonde et globale au moment où débute le processus d'appariement et découvre après-coup la similitude formelle qui unit deux cas analogues.

2.2 Séquentialité des phases du mapping.

Classiquement, on admet que le raisonnement par analogie se déroule en quatre phases : 1- encodage de la source, 2- encodage de la cible, 3- mapping source-cible, 4- transfert de la source vers la cible. Dans le cas d'analogies spontanées, il faut ajouter à ces quatre phases une phase de rappel en mémoire (retrieval ou reminding) de la situation source. On remarquera que cette séquentialité stricte est en partie reliée au caractère très analytique du processus analogique. Dans la mesure où il ne peut y avoir d'appréhension globale de l'analogie, le mapping, identifié comme un processus analytique de comparaison terme à terme, constitue l'unique moyen d'identification de la similitude structurale globale existant entre deux situations analogues. Dès lors, il y a nécessairement antériorité du mapping par rapport au transfert : le transfert analogique, et plus généralement tout impact de la source sur la cible, n'intervient qu'à l'issue du mapping.

3 Quelques limites théoriques de cette approche.

Ces deux caractéristiques des modèles actuels de l'analogie (caractère analytique du processus inférentiel et séquentialité des phases de l'analogie), même si elles sont parfaitement conformes à une vision assez normative et formelle de ce qu'est une analogie, ne vont pas sans poser quelques redoutables problèmes théoriques et computationnels.

3.1 Coût computationnel élevé

[1] SME : Structure Mapping Engine.

Le premier problème concerne le coût computationnel élevé qu'implique ce type d'approche. De l'avis même de certains concepteurs des modèles dominants de l'analogie, en particulier [HH 97], les modèles actuels supposent une capacité de traitement non compatible avec les limitations connues de la mémoire de travail humaine (MDT) : "A third limitation of current models is related to the fact that they are permised on unrealistic assumptions about working memory capacity... for example, both ACME and SME can map analogies of virtually any size of complexity with roughly equal facility." (*ibid.,* p. 431). La surpuissance des modèles actuels de l'analogie (exception faite de LISA et de IAM[2]) est néanmoins théoriquement nécessaire pour parvenir à traiter le très grand nombre de mises en correspondances locales identifiées lors de la première étape du mapping. Dans la mesure où le modèle n'est jamais guidé par une représentation même grossière de l'analogie qu'il doit identifier, il doit nécessairement envisager un ensemble très vaste de mises en correspondances locales possibles.

3.2 Faible plausibilité psychologique.

La plausibilité psychologique[3] de ce type d'approche est faible pour au moins deux raisons liées à la séquentialité des phases de l'analogie.

Du fait de la séquentialité stricte des modèles de l'analogie, l'encodage de la cible, et donc la représentation qu'en élaborent les sujets *avant le mapping*, n'est pas influencé par l'encodage préalable de la source. Une telle hypothèse pose des problèmes évidents, théoriquement et empiriquement. Théoriquement, puisqu'il s'agit d'admettre que l'activité cognitive impliquée par le traitement d'une information (la cible) au temps (t+1) est indépendante de l'état cognitif du sujet au temps (t), l'état cognitif du sujet au temps (t) étant nécessairement déterminé par le traitement préalable de la source. Une telle hypothèse présente un fort degré d'incompatibilité théorique avec l'ensemble de théories relevant de domaines très différents qui admettent que toute modification de l'état interne, engendrée par le traitement d'un stimulus quelconque au temps t, est susceptible de contraindre l'activité cognitive du sujet au temps t+1.

La seconde propriété de ces modèles qui les rend peu plausibles psychologiquement est que le transfert analogique ne peut intervenir qu'au terme du mapping, c'est à dire qu'après que le modèle a identifié l'ensemble des mises en correspondances locales possibles entre la source et la cible. Étrangement pourtant, il n'y a eu aucune expérience permettant de vérifier directement que les sujets procédaient bien ainsi, ni même qu'ils étaient capables de déterminer à quel élément de la source correspondait chacun des éléments de la cible. Au contraire, des données empiriques récemment obtenues [RBC 03] montrent que le transfert peut éventuellement avoir lieu alors que les sujets ne peuvent explicitement indiquer les correspondances locales sous tendant l'analogie qu'ils traitent.

De notre point de vue, il y a en l'état actuel une confusion théorique entre la définition du concept d'analogie (un isomorphisme associé à un ensemble de correspondances biunivoques que le processus de mapping permet effectivement de révéler) et l'activité cognitive d'un sujet raisonnant par analogie. Très concrètement, s'il est clair qu'une analogie peut toujours être identifiée, a posteriori, par un ensemble de correspondances entre les éléments de la source et de la cible, il n'y

[2]IAM : Incremental Analogical Engine labor par Keane, Ledgeway, et Duff (1994).

[3] Evidemment, ce manque de plausibilit psychologique est probl° matique dans la mesure o ces mod kes ont pour vocation de simuler l activit r elle de sujets humains. Il ne s agit pas de mod les d Intelligence Artidficielle.

a pas de nécessité logique, et encore moins psychologique, à supposer que la découverte d'une analogie requiert l'identification préalable des correspondances terme à terme [RBC 03]. Par conséquent, et contrairement à ce qui apparaît comme un postulat, le mapping n'est ni une condition nécessaire, ni une condition suffisante au transfert analogique. L'objectif essentiel de notre approche expérimentale est précisément de montrer que les sujets peuvent parvenir à détecter des analogies profondes sans aligner les propriétés locales de la source et de la cible.

3.3. Un pouvoir heuristique limité.

Si le processus sous tendant le raisonnement par analogie est conçu comme un processus de type local-global, c'est parce que, selon les auteurs dans le domaine, il confère un réel caractère heuristique et créatif à l'analogie. Le modèle découvre une analogie profonde qu'il ignorait initialement et qui se révèle au cours et grâce au processus analytique d'appariement. Néanmoins, ce point de vue optimiste peut aisément être contesté [CFH 94] ; [G 97] ; [I 97] dans la mesure où l'analogie préexiste déjà dans le codage de la source et de la cible, lequel codage est évidemment déterminé par les concepteurs de modèles. Le gain de créativité obtenu du fait que le modèle n'a pas initialement accès à une perception globale de l'analogie est considérablement réduit dans la mesure où le codage des situations analogues révèle tout simplement la connaissance que le concepteur a de l'analogie qu'il soumet au modèle. L'analogie est en quelque sorte résolue avant d'être traitée par le modèle.

4 Vers une approche théorique alternative

Il nous semble que les modèles actuels de l'analogie ont confondu deux aspects très différents de la pensée analogique : l'identification ou la découverte d'une analogie et sa validation ou justification a posteriori. On peut admettre que toute tentative de justification d'une hypothèse analogique doive faire intervenir un processus d'alignement opérant sur les propriétés locales des situations analogues comparées. Néanmoins, l'identification initiale d'une analogie ne fait pas nécessairement intervenir un tel processus. Nous faisons, au contraire l'hypothèse, que dans la plupart des analogies créatives, les sujets exploitent des propriétés globales leur permettant d'identifier des analogies potentielles avant même de pouvoir les justifier par un raisonnement rigoureux. L'histoire des sciences semble confirmer largement ce point : un grand nombre d'analogies créatives ayant été conçues avant même que leur auteur ait pu envisager les correspondances analytiques qui les justifiaient [P 05]. Dans ce contexte, le mapping n'est plus une condition nécessaire au raisonnement par analogie [RC 02]. Il intervient uniquement dans la perspective d'une validation a posteriori d'une hypothèse analogique que les sujets ne peuvent initialement justifier. L'avantage d'une telle approche est double. D'une part, elle permet une grande économie computationnelle dans la mesure où l'alignement terme à terme de propriétés locales, coûteux computationnellement, devient simplement optionnel. D'autre part, elle conduit à envisager l'analogie comme un processus à double composante, l'une faisant intervenir des propriétés globales susceptibles de guider les sujets vers la découverte d'analogies non justifiées au moment de leur identification, l'autre faisant intervenir un processus analytique de

comparaison, susceptible de produire une évaluation rigoureuse de l'hypothèse analogique préalablement faite.
Cette conception de l'analogie fait écho à l'hypothèse du traitement à profondeur variable développée par [K 92] puisque, dans notre perspective, un raisonnement "fin" de nature analytique est guidé par un raisonnement "caricatural" effectué sur des données plus grossières, faisant essentiellement intervenir les propriétés globales des situations analogues comparées. Ce n'est que progressivement, et si cela est nécessaire, que le sujet établira une comparaison plus complète (mapping) s'appuyant sur une partie ou l'ensemble des propriétés locales des stimuli comparés. Mais même dans le cas où la recherche de correspondances locales est nécessaire, les propriétés globales peuvent jouer un rôle important en contraignant le niveau d'accessibilité des propriétés locales impliquées lors du mapping.
Dans les expériences présentées ci-dessous, notre objectif était de montrer que les sujets sont effectivement capables d'appréhender très rapidement des analogies potentielles sans avoir pourtant identifié les correspondances locales les sous-tendant. Fondamentalement, nous avons essayé de dissocier le processus analytique de mapping d'un processus de nature plus holistique permettant l'identification ou la découverte rapide d'analogies potentielles. En tant que tel, notre objectif est plutôt modeste. Nous montrons simplement que l'identification d'analogies peut impliquer d'autres types de processus que ceux qui sont classiquement décrits dans la littérature. Le problème demeure entier de décrire finement ces processus et les représentations sur lesquelles ils opèrent.

5 Approche empirique

Notre objectif expérimental est de montrer que les sujets sont capables de détecter des analogies, sans avoir recours à un alignement structural terme à terme, dès lors qu'ils peuvent extraire de la source une propriété globale leur permettant d'identifier au moins grossièrement l'existence d'une similitude profonde entre la source et la cible. Le matériel verbal offre aux sujets de telles opportunités. En effet, la compréhension d'une phrase s'accompagne d'une importante activité inférentielle et peut en particulier donner lieu à l'élaboration d'une propriété globale capable d'intégrer une grande partie de l'information contenue dans la phrase : la propriété thématique [GST 94] Selon ces auteurs, la compréhension de la phrase « cette femme se met des litres de parfum alors qu'elle ne se lave pas » n'est achevée que si le sujet a pu en extraire une propriété thématique du type « le superficiel avant l'essentiel». Le matériel utilisé dans nos expériences est constitué de phrases sources porteuses d'une propriété thématique forte. La tâche à laquelle sont confrontés les sujets est une tâche de découverte d'analogie potentielle. Après la lecture de la source, les sujets sont confrontés à une cible sans structure : un triplet de mots susceptible dans certains cas de donner lieu à une phrase analogue à la source. Il s'agit d'une tâche jamais abordée jusqu'à présent mais qui permet de placer les sujets dans une situation extrême où la source est parfaitement bien identifiée alors que la cible présente un défaut total de structure. Les sujets doivent très rapidement évaluer si la propriété saillante inférée de la lecture de la source est susceptible d'être exprimée avec les trois mots disponibles dans le triplet proposé. Dans ce paradigme expérimental, la source est susceptible de conduire à un enrichissement remarquable de la représentation de la cible puisque les relations structurales entre les mots du triplet sont entièrement dépendantes de la connaissance préalable de la source : il s'agit là d'un cas de « pure

carry over ». Ainsi dans le cas où les sujets lisent la source donnée en exemple plus haut, le triplet de mots proposés est : ville, pauvreté, feu d'artifice. Dans ce cas, la phrase analogue construite pourrait être : cette ville a organisé un feu d'artifice alors qu'elle est d'une grande pauvreté. Parallèlement à cette tâche de découverte d'analogie potentielle, les sujets sont confrontés à une tâche plus classique d'appariement terme à terme. La comparaison des performances pour ces deux types de tâche permet de clairement dissocier deux composantes différentes et souvent confondues du raisonnement par analogie : la composante analytique et la composante holistique.

5.1 Expérience I

5.1.1 hypothèses

Pour valider l'hypothèse selon laquelle il est possible d'identifier des analogies potentielles sans nécessairement réaliser de mapping, nous avons élaboré un paradigme permettant de montrer que les sujets mettent moins de temps pour détecter une analogie potentielle entre une source et une cible que pour réaliser un appariement explicite entre un élément de la cible et son correspondant dans la source. Dans la situation dite de « choix » les sujets doivent lire une phrase source puis choisir, entre deux triplets de mots cibles, celui qu'ils préfèreraient utiliser pour parvenir à construire une phrase analogue. Les deux triplets ne diffèrent que par un élément appelé « élément variable ». Par exemple, après la phrase source : « cette femme se met des litres de parfum alors qu'elle ne se lave pas. » les sujets doivent choisir entre le triplet A (ville, pauvreté, feu d'artifice) et le triplet B (ville, pauvreté, travail). Un des deux triplets est potentiellement plus analogue (le triplet A dans notre exemple) et nous nous attendons à ce que les sujets le choisissent massivement[4]. Les modèles classiques supposent que, pour choisir le bon triplet, les sujets aient déterminé à quel élément de la source correspond chacun des éléments de la cible. Cela implique qu'ils aient au moins réussi à apparier l'élément variable du bon triplet avant d'opérer leur choix. C'est justement cet alignement que nous demandons explicitement de réaliser à d'autres sujets, placés eux dans la situation dite d'« appariement ». Sur l'exemple précédent, on demande à ces sujets de déterminer à quel élément de source correspond « feu d'artifice », à savoir « parfum ». Nous nous attendons à ce que les sujets mettent plus de temps pour réaliser cette tâche d'appariement que la tâche de choix.
Nous faisons de plus l'hypothèse que l'introduction d'un délai entre la source et la cible affectera davantage la performance des sujets en situation d'appariement qu'en situation de choix, si ils utilisent effectivement, en situation de choix, une propriété globale extraite de la source pour traiter la cible. En effet, « l'information centrale abstraite » est moins affectée par l'oubli que les éléments particuliers de la source nécessaires au mapping exigé en condition d'appariement [PK 70]. D'ailleurs, nous nous attendons aussi à ce que l'introduction du délai fasse chuter de manière significative la fréquence de réponses correctes en condition appariement, et pas en condition choix. Ces observations nous permettraient, d'une part, de valider l'hypothèse selon

[4] Il n y a pas ici de bonne ou de mauvaise r ponse, mais une r ponse plus compatible. Lorsqu on donne tout le temps n cessaire aux sujets pour identifier le triplet ad quat, 100 % des sujets indique le triplet que nous avons appel triplet compatible.

laquelle ce sont bien des processus distincts qui sont à l'œuvre dans les deux tâches, d'autre part, de confirmer la nature globale de l'information utile extraite de la source pour traiter la cible.

5.1.2 Méthode

a) Sujets : 32 étudiants inscrits en DEUG de psychologie.
b) Matériel : le matériel est constitué de 10 items. Nous avons fait en sorte qu'il n'y ait entre l'élément variable du triplet le plus analogue et son correspondant dans la phrase de départ ni similitude sémantique, ni indice syntaxique ou morphosyntaxique permettant de les rapprocher et donc de guider le choix.
c) Procédure : l'expérience est pilotée par ordinateur. La phrase source s'affiche à l'écran durant 10 secondes, puis apparaît immédiatement la cible (délai immédiat). Dans la condition délai différé, les sujets réalisent des opérations arithmétiques pendant quelques secondes entre la disparition de la source et l'apparition de la cible. Dans tous les cas, le chronomètre est déclenché lors de l'apparition du triplet de mots. Le sujet clique sur un bouton affiché à l'écran dès qu'il est prêt à répondre, arrêtant ainsi le chronomètre, puis donne verbalement sa réponse à l'expérimentateur (A ou B en situation de choix, un mot de la source en situation d'appariement).
d) Plan expérimental : les sujets ont été aléatoirement répartis en deux groupes. Un groupe a réalisé la tâche de choix, l'autre la tâche d'appariement. Tous les sujets ont répondu en situation de délai immédiat et en situation de délai différé mais sur des items différents.

5.1.3 Résultats

On constate d'abord (tableau 1) que la performance des sujets est meilleure en condition choix qu'en condition appariement (χ^2= 17,871, $p < .0001$). Par ailleurs, cette différence s'accroît lorsque le délai phrase source-triplets augmente. Ce phénomène s'expliquant par le fait que l'effet du facteur délai ne se manifeste clairement qu'en condition appariement (χ^2= 5.925, $p < .02$)[5]. En condition choix, les performances ne diffèrent pas de manière significative en fonction du délai temporel (χ^2= 1,082, $p > .10$)

Choix		**Appariement**	
Délai immédiat	**Délai différé**	**Délai immédiat**	**Délai différé**
86,25%	78,75%	71,25%	51,25%

Tableau 1 *Pourcentage de réponse correcte dans la tâche de choix et dans la tâche d'appariement, selon que les sujets sont en condition délai immédiat ou délai Différé.*

D'autre part, les sujets ont mis plus de temps en moyenne, pour réaliser la tâche d'appariement (12,72 s) que pour réaliser la tâche de choix (8,75 s, $F(1,30) = 5.848$, $p <.02$. De même, ils sont

[5] Les indices *F* et χ sont des indices statistiques permettent de calculer la significativit *p* d un r sultat empirique.
On consid re que lorsque $p < .05$, l effet du facteur n est pas imputable au hasard.

plus lents pour répondre en condition délai différé (12,15 s) qu'en condition délai immédiat (8,9 s), $F(1,30) = 16{,}898$, $p < .02$. Mais surtout, on observe (Fig.2) que l'écart entre les temps de réponse en choix et en appariement s'accentue lorsqu'on introduit un délai entre la source et la cible. Cette interaction entre le facteur tâche et le facteur délai est significative, $F(1,30) = 4.462$, $p < .05$.

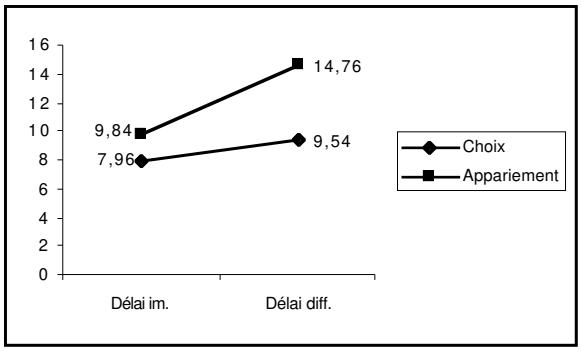

Fig.2 – *Temps de réponse moyen selon la tâche réalisée (Choix ou Appariement) et le délai (immédiat ou différé).*

5.1.4 Discussion

Ces résultats montrent clairement que les sujets sont capables d'appréhender de manière très efficace des similitudes profondes alors même qu'ils sont incapables, dans le même temps, d'identifier les correspondances terme à terme qui les sous-tendent. Ce constat est étayé à la fois par l'analyse des temps de réponse et par l'analyse des pourcentages de réussite.

Nous pensons que cette capacité est directement liée au fait que le matériel offre aux sujets l'opportunité d'accéder à un niveau de similitude structurale plus holistique que celui qui est pris en compte dans les approches plus classiques. Même s'il nous est pour l'instant difficile de caractériser de manière précise une propriété globale comme la thématique, nous pouvons toutefois avancer ici qu'elle est susceptible d'intégrer une grande partie de l'information locale accessible au niveau de la source sans en conserver le détail. La thématique permet ainsi au sujet qui est parvenu à l'extraire de mettre en relation la source et la cible en faisant l'économie d'une comparaison exhaustive des objets et des relations.

Par ailleurs, l'existence d'une interaction forte entre le facteur délai et le facteur tâche (choix ou appariement) suggère que les processus mis en œuvre, ainsi que les propriétés des stimuli traitées par les sujets pour résoudre ces deux tâches, ne sont pas de même nature. Parce que les propriétés locales des stimuli tendent à devenir plus rapidement inaccessibles que les propriétés globales, la performance dans la tâche de mapping se dégrade plus rapidement avec l'accroissement du délai que la performance dans la tâche de choix.

Si comme le soutiennent les modèles classiques, l'identification réussie d'une analogie potentielle avait requis un appariement préalable, nous aurions ni obtenu l'interaction entre les deux facteurs manipulés, ni observé que les performances dans la tâche de mapping sont inférieures aux performances dans la tâche de choix. En effet, si l'appariement avait été impliqué

dans la tâche de choix, les performances dans les tâches de choix et d'appariement auraient présenté un pattern similaire (covariation). Il semble donc que l'exploitation de la thématique ne relève pas d'un mapping tel qu'il est classiquement envisagé mais d'un autre calcul de similitude, qui ne l'exclut pas mais le précède. Ce dernier point est examiné de manière plus précise dans la deuxième expérience.
Auparavant, nous devons répondre à deux objections méthodologiques importantes que l'on pourrait adresser à cette recherche. La première objection est qu'il est possible que les sujets aient choisi le bon triplet sur la base d'indices de nature sémantique prélevés uniquement sur l'élément variable des triplets compatibles et incompatibles (feu d'artifice et travail dans notre exemple). Si tel était le cas, les sujets auraient choisi le bon triplet sur la base d'une similitude locale et non sur la base d'une propriété globale commune au triplet et à la source. Cette objection a été levée dans une expérience contrôle où les sujets devaient se prononcer sur la compatibilité entre la source et l'un ou l'autre des deux éléments variables du triplet. Ces résultats montrent qu'il est impossible de choisir le bon triplet sur la base du seul élément variable. La deuxième objection est que les éléments du triplet compatible présenteraient davantage de similitudes sémantiques avec la source que les éléments du triplet incompatible. Dans cette éventualité, les sujets n'auraient pas extrait une propriété globale mais auraient fondé leur choix sur la base d'un calcul portant sur les similitudes sémantiques de surface entre les mots du triplet et les mots de la phrase source. Nous avons donc demandé à d'autres sujets, dans une seconde expérience contrôle, d'évaluer la similitude sémantique entre les mots de chaque triplet et les mots de la source. Les résultats montrent que les mots du triplet compatible ne sont pas plus proches sémantiquement de la source que ne le sont les mots du triplet incompatible. Par conséquent, ce ne sont pas des indices sémantiques de surface qui ont permis aux sujets d'identifier le bon triplet. L'interprétation de ces résultats en terme de traitement holistique précoce résiste à ces objections et demeure la seule explication convaincante que nous puissions proposer pour rendre compte de ces résultats.

5.2 Expérience II

5.2.1 Hypothèses

L'objectif de cette expérience est de montrer que le processus permettant l'extraction et l'exploitation d'une propriété globale dans la tâche de choix coexiste avec le processus plus classique de mise en correspondance décrit par les modèles de l'analogie. Mais surtout, il s'agit aussi de montrer que ce processus holistique précède le processus analytique de comparaison.
Pour cela, nous avons demandé à des sujets d'évaluer à deux moments différents (2,5 et 7 s) des analogies potentielles entre une phrase source et un triplet cible de mots isolés. Nous avons fait l'hypothèse que lorsque le temps de réponse imposé est très court (2,5 s), les sujets ne peuvent pas se lancer dans une comparaison analytique coûteuse de la source et du triplet. Dans ce cas, les sujets exploiteront préférentiellement les propriétés globales (la propriété thématique) des sources pour résoudre leur tâche. En revanche, lorsque le temps de réponse est long (7,5 s), les sujets, avant de donner leur réponse, pourront adopter une attitude analytique consistant à comparer terme à terme les éléments du triplet et ceux de la source. Il devrait en résulter que les sujets manifestent une sensibilité différente aux propriétés locales et globales selon que le temps de

traitement autorisé est court ou long. Lorsque le délai est court, les sujets vont évaluer l'analogie potentielle en tenant essentiellement compte des similitudes globales qu'ils auront perçues entre la phrase source et le triplet alors que lorsque le délai est court, les sujets évalueront ces analogies à partir de l'alignement qu'ils seront parvenus à réaliser entre les termes de la phrase source et ceux du triplet.

5.2.2 Méthode

a) Sujets : 40 étudiants de 1ère année de psychologie.
b) Matériel : le matériel est constitué de 8 items expérimentaux et de 8 items contrôle. Chaque item expérimental est constitué d'un triplet cible (exemple : trésor , pirate, coffre) et de deux types de phrase source. Le premier type de phrase source (appelé T+ pour thématique proche) est construit de telle sorte qu'il est possible de fabriquer une phrase exprimant une thématique analogue avec les mots du triplet cible. Néanmoins, la construction d'une phrase analogue avec le triplet de mots demeure particulièrement difficile dans la mesure où l'ordre d'apparition des mots dans le triplet diffère systématiquement de l'ordre d'apparition des mots jouant le même rôle dans la phrase source. Ainsi avec la phrase source T+ suivante (le chat qui entend le bruit de l'ouvre-boîte croit déjà sentir l'odeur des boulettes), la phrase construite avec le triplet donné en exemple pourrait être : le pirate qui a aperçu le coffre imagine déjà le trésor qu'il contient. De surcroît, bien que ces deux phrases soient analogues, leurs prédicats demeurent sémantiquement assez différents : « sentir » dans la source et « imagine » dans la cible. Le second type de phrase (appelée T- pour thématique éloignée) est construite de telle sorte qu'il suffit de remplacer terme à terme trois de ses mots clés par les mots du triplet pour obtenir une phrase correcte ayant un sens, mais exprimant une thématique différente de celle de la source (exemple de phrase source T- : pour cacher sa timidité, cette adolescente s'est procuré des habits extravagants). Dans ce cas, la phrase construite à partir du triplet pourrait être : pour cacher son trésor, ce pirate s'est procuré un coffre. La thématique de la source serait « exhiber pour mieux cacher» alors que la thématique de la cible serait « cacher quelque chose ». Concernant les éventuelles similitudes sémantiques et les indices syntaxiques ou morphosyntaxiques, nous avons pris les mêmes précautions que dans la première expérience. Dans les items de contrôle, la source et la cible n'entretiennent aucune relation de similitude de telle sorte qu'il est fortement improbable de construire avec les mots du triplet une phrase présentant une quelconque similitude avec la phrase source.
c) Procédure : l'expérience est pilotée par ordinateur. La phrase source s'affiche en haut de l'écran durant 8 s au terme desquelles la phrase source disparaît. Le triplet cible s'affiche alors durant 2,5 s ou 7 s. Le sujet a pour consigne d'évaluer sur une échelle de 1 à 10 dans quelle mesure le triplet cible lui permettrait de fabriquer une phrase analogue.
d) Plan expérimental : les sujets ont été aléatoirement répartis en deux groupes. Un groupe avait 2,5 s pour répondre, l'autre 7 s. Chaque sujet a été confronté à tous les items et aux deux types de source.

5.2.3 Résultats

Les sujets ont évalué différemment le triplet cible selon qu'il était précédé d'une source T+ (6,175), T- (5,938), ou contrôle (3,050), F (2, 76) = 119,795, p <.0001. Globalement, l'évaluation ne semble pas différer entre les phrases T+ et T-. Cependant, une analyse plus fine des résultats

montre qu'en condition temps de réponse court, les triplets cible précédés de la source T+ ont été plus fortement évalués (6,225) que lorsqu'ils étaient précédés de la source T- (5,369), F (1,19) = 9,160, p <.01. En revanche, lorsque le temps de réponse autorisé est important, l'évaluation des phrases T+ et T- ne diffère pas significativement. Il en résulte (Fig.3) une interaction entre le facteur type de source et le facteur temps de réponse (F (2,76) = 4,552, p <.02) : l'évaluation des triplets précédés d'une source T- s'accroît de manière significative quand le délai augmente alors que l'évaluation des triplets précédés d'une source T+ ne varie pas en fonction du temps de réponse.

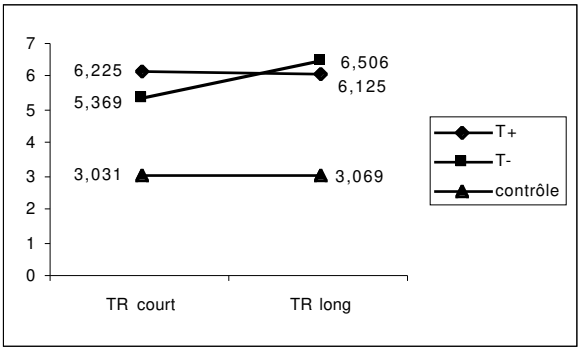

Fig.3 – *Evaluation moyenne en fonction du Temps de Réponse (court, long) et du Type de Source (T+, T-, contrôle).*

5.2.4 Discussion

Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle l'exploitation des propriétés locales et l'exploitation de la thématique mobilisent des processus de nature très contrastée, intervenant à des moments différents du raisonnement par analogie. L'exploitation de la thématique s'effectue selon un processus rapide qui permet au sujet de donner, en moins de 2,5 s, une évaluation remarquablement efficace du degré d'analogie potentielle existant entre une source et un triplet de mots. Il est remarquable que les sujets évaluent plus fortement les phrases T+ que les phrases T- alors même que les phrases T- permettent de transférer sans difficulté les prédicats de la phrase source vers le triplet de mots. Cela signifie qu'initialement, les sujets sont avant tout sensibles à la compatibilité thématique qui est plus élevée pour les triplets T+ que pour les triplets T-. Les résultats montrent, en revanche, que lorsque le temps accordé aux sujets pour répondre est plus important, ces derniers deviennent sensibles à l'existence de relations locales directement transférables de la source vers le triplet. La comparaison analytique de la source et de la cible devient alors possible et l'évaluation des sujets semble largement déterminée par la présence de correspondances locales qu'ils n'ont probablement pas pu identifiées lorsque le temps de réponse imposé était trop court. Il semble donc que les processus analytiques et holistiques permettant l'identification d'une analogie potentielle puissent intervenir simultanément avec cependant une nette antériorité des processus holistiques.

6. Conclusion

Les résultats que nous avons obtenus montrent, d'une part, que l'exploitation d'une propriété globale comme la thématique et l'exploitation des relations locales mobilisent des processus de nature différente, et d'autre part, que les deux modes de traitement peuvent coexister au cours de la résolution d'une même tâche. Une propriété comme la thématique, dont l'inférence est nécessaire à une compréhension en profondeur du sens de la phrase source, offre, de par son caractère intégratif, la possibilité de négliger les relations locales et d'opérer un traitement holistique précoce qui pourrait jouer un rôle crucial dans la découverte d'analogies.
Plus généralement, nous pensons que ces résultats révèlent une capacité surprenante des sujets à identifier des analogies potentielles alors même que l'information présente dans la cible est fortement réduite. Cette capacité semble très reliée à la possibilité qu'ont les sujets d'extraire des propriétés globales communes à la source et à la cible susceptibles de les guider dans l'identification d'une analogie qu'ils ne peuvent encore justifier au moment où ils la découvrent. Si la plupart des recherches conduites en psychologie cognitive ont mis jusqu'à présent l'accent sur le processus analytique de comparaison, nous avons ici mis en évidence des processus plus précoces, économiques sur le plan computationnel et capables d'orienter de manière heuristique le sujet vers la découverte d'analogies fécondes. Évidemment, si l'analogie s'arrêtait à ce niveau de traitement, beaucoup de nos intuitions analogiques nous conduiraient vers de mauvaises pistes. C'est l'intervention d'un processus analytique de comparaison systématique qui garantit une certaine validité et pertinence aux analogies dont on a fait l'hypothèse. La distinction claire entre processus de découverte analogique et processus de justification ou de vérification de la validité d'une analogie nous paraît être, à ce stade de la recherche dans le domaine, un pré-requis fondamental à toute tentative de modélisation complète du processus analogique. Cette voie alternative de traitement d'analogies ayant été identifiée, le problème demeure entier de spécifier la nature des processus et des représentations qui rendent possible la détection d'analogies alors même que l'alignement terme à terme n'a pas été réalisé.

Références

[CFH 94] Chalmers, D.J., French, R.M., & Hofstadter, D.R. High-level perception, representation, and analogy: A critique of artificial intelligence methodology, *J. Expt. Theor. Intell, 4,* 185-211.

[FFG 89] Falkenhainer B., Forbus, K.D., & Gentner, D. The structure-mapping engine: Algorithm and examples. *Artificial Intelligence, 41,* 1-63.

[GM 97] Gentner, D., & Markman, A.B. Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist, 52,* 45-56.

[G 97] Gineste, M.D. *Analogie et cognition.* Paris, Presses Universitaires de France.

[G 94] Goldstone, R.L. Similarity, Interactive Activation and Mapping. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 20,* (1), 3-28.

[GST 94] Graesser, A.C., Singer. M., & Trabasso, T. Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review, 3,* 371-395.

[K 92] Kayser, D. Profondeur variable et sciences cognitives. *In* D. andler (Ed). *Introduction aux sciences cognitives,* pp.195-218, Editions Gallimard.

[HM 94] Hofstadter, D., & Mitchell, M. The copycat project: a model of mental fluidity and analogy-making. *In* K.J. Holyoak & J.A. Barnden (Eds.). *Advances in connectionnist and neural computation theory ,* vol. II, NJ, Ablex, 31-112.

[HT 89] Holyoak, K.J., & Thagard, P. Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science, 13,* 295-355.

[HH 97] Hummel, J.E., & Holyoak, K.J. Distributed representations of structure: A theory of analogical access and mapping. *Psychological Review, 2,* 427-466.

[I 97] Indurkhya, B. Metaphor as change of representation: an artificial intelligence perspective. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence, 9,* 1-36.

[KL 94] Keane, M.T., Ledgeway, T., & Stuart, D. Constraints on analogical mapping: A comparison of three models. *Cognitive Science, 18,* 387-438.

[P 05] Poincaré, H. *La valeur de la science.* Flammarion.

[PK 70] Posner, M. I., & Keele, S. W. Retention of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology, 83 (2),* 304-308.

[RC 01] Ripoll, T., & Coulon, D. Le raisonnement par analogie: une analyse descriptive et critique des modèles de l'appariement. *L'Année Psychologique, 101,* 289-323.

[RC 02] Ripoll, T., & Coulon, D. Le mapping est-il une condition nécessaire au transfert analogique ? *L'Année Psychologique*, 619-656.

[RBC 03] Ripoll, T., Brude, T., & Coulon, D. Does analogical transfer involve a term-to term alignment ? *Memory and Cognition.*