

## La structure pliée des espaces de représentation : théorie élémentaire

Arnaud Plagnol \*

*Résumé* : Un cadre conceptuel est défini afin d'aborder la description de l'univers représenté par un sujet (ou *espace de représentation*) avec l'objectif qu'il soit assez riche pour être pertinent dans de nombreux domaines comme la psychopathologie. Un système de représentation est développé à partir d'une analyse des relations entre représentations analogiques et représentations symboliques. Ce système est régi par un principe d'unification des représentations analogiques déployant *directement* un contenu. L'espace de représentation est construit à partir de *plis élémentaires*, c'est-à-dire de représentations analogiques pouvant être actualisées en mémoire de travail. Les plis élémentaires peuvent être enchaînés par des *structures symboliques* dans des *représentations unifiantes*. L'espace de représentation est *plissé* en raison de contraintes objectives et *plié* en raison de la finitude de la mémoire de travail. Plusieurs *degrés d'intégration* d'une représentation unifiante sont spécifiés. Quelques processus de *complexification* de l'espace de représentation sont décrits. La notion de *processus de défense* est définie dans ce cadre.

*Mots-clés* : représentation, espace, analogique, symbolique, mémoire de travail.

**Abstract: The folded structure of representational spaces: elementary theory.** A conceptual framework is defined to describe the structure of the universe represented by a subject (*representational space*). This construction is intended to be enough rich to be relevant in numerous fields as psychopathology. A system of representation is developed from an analysis of the relations between analogical and symbolic representations. This system is ruled by a principle of unification of analogical representations, which *directly* display a content. Representational space is constructed from *elementary folds* defined as analogical representations that can be actualized in working memory. Elementary folds can be connected by *symbolic structures* in *unifying*

---

\* Université de Lille 3, Equipe de Recherche en Psychologie Clinique de l'Université de Paris 8, IHPST-UMR 8590 du CNRS  
Adresse/correspondance : 31 Rue Bergère, 75009 PARIS  
Courrier électronique : APlagnol@aol.com

Je remercie B. Pachoud pour sa lecture attentive de cet article et ses conseils précieux.

*representations*. Representational space is *pleated* because of some objective constraints and *folded* because of the finite characteristics of working memory. Several *integration degrees* of a unifying representation are specified. Some processes of *complexification* are described. *Defences processes* are defined in this framework.

*Key Words*: representation, space, analogical, symbolic, working memory.

## INTRODUCTION

Quel univers est représenté par un sujet à partir de sa mémoire ? Cet univers ne coïncide pas avec le monde objectif et nous parlerons d'*espace de représentation* pour le désigner. L'espace de représentation est construit à partir du contenu des représentations mentales.

Le problème du contenu des représentations reste fort discuté en philosophie (Dretske, 1988 ; Fodor, 1990 ; Pacherie, 1993 ; Searle, 1995 ; Engel, 1996 ; Proust, 1997) : comment une entité peut-elle contenir autre chose qu'elle-même et le représenter ? En psychologie, des *modèles de situation* (van Dijk et Kintsch, 1983) ou des *modèles mentaux* (Johnson-Laird, 1983) ont été introduits afin de permettre la représentation effective d'un contenu. Appliqués à l'origine à la compréhension de texte ou à l'étude du raisonnement, les modèles de situation ou les modèles mentaux fournissent maintenant un cadre général pour conceptualiser la représentation d'une situation, quel que soit le domaine de cognition (Kintsch, 1988, 1998 ; M.-F. Ehrlich et al., 1993 ; Glenberg et al., 1994 ; Oakhill et Garnham, 1996 ; Zwaan et Radvansky, 1998 ; Wyer et Radvansky, 1999).

Cependant, des débats subsistent sur la nature précise des modèles de situation ou des modèles mentaux, notamment sur leurs composantes analogiques et/ou symboliques (e. g., Fincher-Kiefer, 2001).

Par ailleurs, la psychologie cognitive s'est d'abord préoccupée de situations simples, c'est-à-dire de situations pour lesquelles on suppose qu'un seul modèle doit suffire, même si certaines inférences sont nécessaires pour rendre cohérent ce modèle ou pour le mettre à jour (« updating »). Or, dans des contextes non expérimentaux, le domaine représenté se réduit rarement à une situation simple et un seul modèle ne peut suffire, en raison à la fois de contraintes objectives et de contraintes subjectives.

Des contraintes objectives à construire plusieurs modèles sont imposées par les contextes incluant des informations incompatibles. Par exemple, il existe de nombreux contextes où nous nous représentons des situations imaginaires incompatibles entre elles ou avec la situation réelle, sans mélanger ces situations : *pretense* (Leslie, 1987 ; Nichols et Stich, 2000), compréhension de récits de fiction (Potts et Peterson, 1985 ; Plagnol et al., 1996), raisonnement contrefactuel (R. M. J. Byrne et Tasso, 1999)... Des contraintes

subjectives sont liées à nos capacités finies : un modèle actualisé ne peut représenter qu'un fragment de l'univers.

La théorie du raisonnement de Johnson-Laird (Johnson-Laird, 1983 ; Johnson-Laird et Byrne, 1991 ; Goldvarg et Johnson-Laird, 2001) illustre ces contraintes : (a) différentes possibilités (physiques, déontiques, logiques...) peuvent être incompatibles et la construction de plusieurs modèles doit être envisagée dans un raisonnement, (b) des contraintes liées à la capacité finie de la mémoire de travail limitent à la fois la portée d'un modèle et le nombre de modèles qui peuvent être explicites au même instant. En compréhension de texte, les modèles de situation (van Dijk et Kintsch 1983 ; Kintsch, 1988, 1998) manifestent le même type de contraintes : (a) des propositions inconsistantes ne peuvent être représentées dans un même modèle, (b) seul un fragment limité de texte est activement traité, même si la mémoire de travail peut être étendue fonctionnellement par des structures de récupération d'informations en mémoire à long terme (Ericsson et Kintsch, 1995 ; Zwaan et Radvansky, 1998).

L'espace de représentation ne correspond donc à un modèle unique que dans des cas élémentaires de micro-univers artificiels. Pour surmonter les limites de la mémoire de travail, plusieurs auteurs ont envisagé la construction d'une série de modèles partiels (Gernsbacher et al., 1990 ; Glenberg et al., 1994 ; Oakhill, 1996 ; Zwaan et Radvansky, 1998). Cependant, à notre connaissance, aucune théorie systématique n'a encore été proposée pour décrire l'espace de représentation quand le domaine représenté est complexe. Cette restriction de la psychologie cognitive à des domaines relativement simples, utile pour sa validation empirique, a limité jusqu'à présent ses applications. Par exemple, si l'on veut utiliser de façon féconde le cadre cognitiviste en psychopathologie, il est nécessaire de dépasser les situations élémentaires de représentation afin de pouvoir aborder dans sa globalité l'univers dans lequel évolue un sujet, c'est-à-dire l'univers représenté par son système cognitif, tel qu'il reflète sa vie psychique (Plagnol, 2000).

Les limites des théories du contenu en psychologie semblent ainsi moins liées à une carence de données expérimentales qu'au cadre conceptuel permettant de les interpréter et d'en prédire de nouveaux types. L'objectif de cet article est d'introduire un cadre conceptuel permettant d'aborder la structure des espaces de représentation. Rappelons que la construction d'un cadre conceptuel est une phase essentielle de la logique scientifique : l'interprétation des données expérimentales dépend d'un tel cadre (Kuhn, 1962/1983). L'intérêt d'un nouveau cadre conceptuel doit d'abord être évalué en fonction de sa puissance descriptive, notamment quant à la possibilité de s'attaquer à des problèmes non traitables dans les cadres antérieurs sans aménagement *ad hoc*. Notre théorie sera donc *spéculative* au sens où notre but n'est pas ici de proposer une modélisation de données expérimentales sur la cognition humaine, mais de développer une construction cohérente de la notion d'espace de

représentation, compatible avec les résultats expérimentaux et suffisamment riche pour éclairer des contextes complexes. Pour montrer l'intérêt de cette théorie spéculative, nous poserons un triple défi :

1. Pouvoir rendre compte des métaphores spatialisantes constamment utilisées pour les mondes représentés, dans le langage naturel aussi bien que dans la philosophie la plus raffinée. Pour *placer la barre assez haut*, nous choisirons les métaphores de la *navigation* et du *chemin* dans la pensée (e. g., Platon, *Phédon* 99d, *Sophiste* 237ab) comme exemples que le cadre conceptuel introduit devra contribuer à *fonder*.
2. Disposer d'une théorie unifiée pour tout contenu et non d'un modèle traitant de situations élémentaires relatives à un micro-domaine spécifique. Le cadre conceptuel introduit devra pouvoir embrasser *tout* domaine d'un monde subjectif, de la représentation de l'espace matériel le plus concret à celle de la théorie mathématique la plus abstraite, en passant par la compréhension des récits de fiction ou par la navigation dans des fantasmes érotiques.
3. Aborder les principales contraintes qui déterminent la structure d'un monde subjectif, qu'il s'agisse des contraintes imposées par le monde objectif ou des contraintes proprement psychologiques liées à la finitude de la mémoire humaine. Parmi celles-ci, les contraintes psychopathologiques sont essentielles à prendre en compte, si l'on ne veut pas exclure d'emblée une dimension centrale des mondes subjectifs humains, mais, pour *fixer des bornes* à ce défi, il suffira ici que le cadre conceptuel introduit nous permette d'*atteindre* les notions cardinales d'*événement traumatique* et de *processus de défense*.

Une théorie valide des mondes subjectifs ne devrait-elle pas répondre à ce triple défi ? Il est clair qu'aucune théorie cognitive existante ne l'a réalisé pleinement. Pour *frayer un chemin* vers cet horizon, nous suivrons une méthode *a priori*, basée sur de multiples définitions construisant progressivement notre cadre conceptuel. Cette démarche, justifiée par la nécessité de relever notre défi, nous permettra de franchir hardiment, sans nous attarder, de nombreux obstacles qui mériteraient chacun une ample discussion mais nous feraient courir le danger d'*enlissement*.

La terminologie introduite par nos nombreuses définitions pourra parfois surprendre, mais, s'agissant de développer un nouveau cadre conceptuel avec sa propre cohérence interne, nous écarterons systématiquement les termes trop connotés (e. g., « modèle mental ») pour être ajustés à l'ensemble des autres termes introduits ici, même

si nous indiquerons des correspondances. L'annexe II contient un index de toutes les notions définies et un astérisque (\*) servira parfois à rappeler au lecteur que telle ou telle notion a bien été définie antérieurement.

Nous précisons d'abord certains problèmes sémantiques relatifs à la dualité entre représentations analogiques et représentations symboliques (section 1). A partir de notre analyse des rapports entre ces deux types de représentations, nous définirons un système sommaire de représentation (section 2). Sur la base fournie par ce système, nous proposerons une première construction des espaces de représentation (section 3), puis nous aborderons les contraintes objectives (section 4) et les contraintes subjectives (section 5) s'exerçant de façon générale sur un espace de représentation. Nous montrerons dans la section 6 que notre cadre conceptuel permet de préciser certaines contraintes sur la « navigation » dans un espace de représentation et de définir la notion de « chemin » en un sens rigoureux. Enfin, dans la section 7, nous parviendrons à la définition des notions d'« évènement traumatique » et de « processus de défense ».

## **1. REPRÉSENTATIONS ANALOGIQUES ET SYMBOLIQUES : PRINCIPE DE MÉDIATION**

L'objectif de cette section est de préciser les rapports entre représentations analogiques et représentations symboliques. Une étude approfondie de ces rapports nécessiterait une discussion des nombreuses théories sémantiques développées depuis Frege (1892/1971) quant au sens et à la référence des représentations symboliques, mais nous nous limiterons à définir quelques notions et à poser un principe nécessaire à notre construction des espaces de représentation en le justifiant très brièvement. Nous ne nous intéresserons qu'aux états « finaux » de représentation, c'est-à-dire susceptibles de parvenir à la conscience -- même si une faible proportion y parvient effectivement -- et non aux états intermédiaires de l'information générée par les stimuli de l'expérience.

### **1.1 Représentations analogiques**

Nous définirons une *représentation analogique* comme le déploiement structuré d'un ensemble d'éléments dans l'espace, la structure étant partiellement identique à celle de la situation représentée. Les représentations analogiques peuvent être ordonnées selon leur degré d'abstraction (Denis et de Vega, 1993). Les percepts issus directement de l'expérience (visuelle, tactile, auditive...) sont les représentations analogiques les moins abstraites. Les images mentales activables à partir de la mémoire sont aussi analogiques. Des représentations analogiques plus abstraites incluent des éléments symboliques, comme les modèles mentaux (Johnson-Laird, 1983). Enfin, les représentations analogiques les plus abstraites sont les

représentations *syntaxiques*, que nous définirons ici comme des déploiements de symboles sur des surfaces (e. g., dans un raisonnement formel). Quel que soit son degré d'abstraction, une représentation analogique est un co-déploiement structuré dans l'espace. L'espace peut même être considéré comme notre schème *a priori* de co-présentation (Kant, 1787/1976).

L'isomorphisme d'une représentation analogique avec la situation représentée n'est que partiel : une représentation totalement fidèle est impossible en raison du processus même de représentation (e. g., Glenberg et al., 1994). Cependant, l'isomorphisme est total pour une représentation analogique considérée *en elle-même* : ce n'est qu'en confrontant plusieurs représentations analogiques qu'un sujet peut s'apercevoir que chacune n'est que la représentation partielle d'un objet plus complexe. En ce sens, le contenu d'une représentation analogique coïncide avec la représentation elle-même et est immédiatement présent sans médiation d'autres représentations : nous admettons que les représentations analogiques sont *directes*.<sup>1</sup> (On peut dire aussi que le contenu est appréhendé par *acquaintance*, pour reprendre l'expression de Russell (1905)).

## 1.2 Représentations symboliques

Les représentations *symboliques* (ou « conceptuelles », « propositionnelles », « digitales »...) sont des représentations dont la forme est arbitraire relativement au contenu représenté. Les représentations langagières sont des représentations symboliques publiques.

Les représentations symboliques peuvent-elles fournir par elles-mêmes un contenu ? Qu'il s'agisse de sens ou de référence, Johnson-Laird a répondu négativement à cette question en mettant en avant la « symbolic fallacy » : des représentations symboliques, quelle que soit leur complexité, n'ont un sens ni par elles-mêmes, ni par traduction dans d'autres symboles, et nécessitent une médiation analogique pour référer au monde (Johnson-Laird, 1983 ; Johnson-Laird et al., 1984). De même, Glenberg (1997) et Barsalou (1999) ont souligné le « symbol grounding problem » : des symboles arbitraires ne peuvent trouver un sens qu'en se fondant sur des composantes analogiques. Par exemple, une position d'échiquier peut être codée symboliquement de façon alphanumérique mais ce codage n'est pas similaire à la position déployée avec les pièces : seule une représentation analogique peut déployer effectivement la position.

Nous admettons donc le principe sémantique suivant : *les représentations symboliques sont indirectes et n'ont de contenu effectif que par la médiation d'autres représentations (principe de*

---

<sup>1</sup> La présence d'un contenu immédiat n'implique pas que ce contenu a une réalité "extérieure". Ainsi, une hallucination visuelle est une représentation analogique dont le contenu est imaginaire.

*médiation*). Une représentation médiatrice peut être analogique (et directe) ou symbolique (et elle-même indirecte). Une représentation analogique est directe de par sa similitude à ce qu'elle représente ; une représentation symbolique, étant indirecte, n'a pas besoin d'être similaire à un contenu. Un codage symbolique n'est qu'une structure d'accès à un phénomène sans le représenter directement.

Il est toujours possible de procéder au codage symbolique d'une représentation analogique humaine. Par exemple, un codage symbolique de nos percepts est nécessaire (étant donné nos structures neuronales finies), mais suffisant pour rendre compte d'un vécu sensoriel continu (une image peut être numérisée). De même, il n'y a aucune objection à ce que les modèles mentaux soient stockés symboliquement (Johnson-Laird, 1983). Concernant les images mentales, Pylyshyn (1973, 1981) a soulevé une controverse bien connue en soutenant qu'elles sont réductibles à un codage symbolique, tout au moins pour le stockage à long terme (voir Denis, 1989, pp. 43-59), mais, selon Anderson (1978), cette controverse peut être indécidable empiriquement : des données expliquées par des représentations imagées peuvent toujours être aussi expliquées par des codages propositionnels équivalents quant à l'information contenue. Il est donc possible que des informations ne puissent être stockées à long terme sous forme analogique. Par contre, selon notre principe de médiation, il est nécessaire de pouvoir *déployer* des représentations analogiques en mémoire de travail pour *représenter effectivement* un contenu, même si le codage sous-jacent est symbolique.

### 1.3 Complexité symbolique et médiation

Afin de préciser les relations entre représentations analogiques et représentations symboliques, nous précisons ci-dessous la signification du principe de médiation relativement à un système symbolique. Nous définissons d'abord deux opérations :

- a. *L'abstraction* sera ici définie comme la formation d'unités symboliques à partir de représentations analogiques. Par exemple, à partir du percept d'un objet bleu, un symbole mental BLEU peut être formé. Cette opération est implémentable de multiples façons, notamment de façon connexionniste, même sans présupposer le stockage de concepts abstraits en mémoire à long terme (voir Hinzman, 1986).
- b. *La projection* sera définie comme le déploiement d'une représentation analogique à partir d'une ou plusieurs représentations symboliques. Les structures de la perception peuvent être utilisées pour une telle opération ainsi que Kosslyn (1994) l'a montré pour la projection d'images mentales. Glenberg propose que la compréhension du langage nécessite ce type d'opération

(Glenberg, 1997 ; Glenberg et Robertson, 2000). Barsalou (1999) admet également que l'usage du langage se fonde sur des « simulations » utilisant des représentations de type perceptif. En accord avec ces auteurs, nous admettrons que l'activation de représentations symboliques peut aboutir au déploiement de prototypes (voir Rosch, 1975). Nous définirons aussi une *focalisation* comme une projection à partir d'un symbole inclus syntaxiquement dans une représentation analogique. (L'effet d'une focalisation est analogue à l'effet d'un lien Hypertext sur le Web ou à celui d'un « fleshing out » dans la théorie des modèles mentaux de Johnson-Laird [e.g., Johnson-Laird et Byrne, 1991].)

### 1.3.1 Unités symboliques

Selon le principe de médiation, les unités symboliques ne représentent rien directement et peuvent être considérées comme des pointeurs (e. g., Glenberg et al., 1994) qui permettent de récupérer des informations en activant d'autres représentations, celles-ci étant analogiques ou symboliques. Par exemple, si l'on note NAPOLEON le symbole mental correspondant à Napoléon, NAPOLEON ne représente rien directement, mais sert de clef de récupération pour retrouver de l'information encodée sur Napoléon (e. g., un modèle mental « visualisant » un prototype de Napoléon et/ou des propositions le concernant).

### 1.3.2 Propositions élémentaires

L'existence de propositions mentales élémentaires est très largement admise en psychologie cognitive (e. g., Kintsch et van Dijk, 1978 ; Le Ny, 1979 ; Anderson, 1983). Ces propositions sont composées de symboles d'arguments et de symboles de prédicat ou de relation.

Selon le principe de médiation, les propositions mentales élémentaires sont construites par analyse de représentations analogiques. Par exemple, un sujet placé en face d'une maison bleue M peut analyser partiellement son percept par la proposition mentale M(BLEU), ce qui revient à abstraire une propriété (la couleur bleue) à partir d'un objet (la maison M). (Le percept est décomposé afin d'explicitier une propriété.) La structure d'une proposition élémentaire ne reflète donc pas la structure de la situation représentée mais l'analyse partiellement.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> D'un point de vue naïf : (a) un terme nominal représente un objet, (b) un terme verbal représente un concept ou une relation, (c) une phrase élémentaire -- i. e., une entité linguistique composée d'un (ou plusieurs) terme(s) nominal(aux) et un terme verbal -- représente une composition entre un (des) objet(s) et un concept (relation), et (d) une



Evoquons une objection : en apparence, une proposition mentale élémentaire peut être construite par combinaison syntaxique de symboles, sans procéder de l'analyse d'une situation donnée dans une représentation analogique. Par exemple, lisant la phrase « Le chat est bleu. », un lecteur pourrait combiner mentalement les unités symboliques BLEU et CHAT pour obtenir la proposition apparente CHAT(BLEU). Mais une telle combinaison reste purement formelle et dénuée de tout contenu tant qu'elle n'est pas projetée analogiquement dans une ébauche de chat bleu (voir Glenberg et Robertson, 2000).

Une unité symbolique (e. g., « P ») peut être attribuée à une proposition P. Une telle unité peut alors réactiver l'information analogique dont elle a été abstraite initialement, mais aussi d'autres fragments symboliques connectés à P (e. g., par partage d'arguments : Kintsch et van Dijk, 1978 ; Le Ny, 1979 ; Dopkins, 1997). Ces fragments symboliques peuvent à leur tour activer des fragments symboliques ou analogiques, mais seuls les fragments analogiques représenteront directement : même un réseau symbolique entier n'a aucun contenu sémantique par lui-même (Johnson-Laird et al., 1984 ; Glenberg et Robertson, 2000).

### 1.3.3 Complexes non élémentaires

Un langage peut comprendre des propositions non élémentaires qui comportent des connecteurs ou des quantificateurs. Qu'en est-il des représentations mentales qui leur sont associées ?

Murray (1997) suggère que les connecteurs sont des marques explicites de continuité/discontinuité du contenu représenté dans un texte, mais ne représentent rien par eux-mêmes. De même, dans la théorie des modèles mentaux de Johnson-Laird, les connecteurs et les quantificateurs ne sont pas des items représentationnels. Wittgenstein (1921/1961) avait déjà formulé des idées analogues. En suivant ces auteurs, nous admettons que les connecteurs et quantificateurs ne représentent rien directement par eux-mêmes.

Prenons l'exemple de la conjonction. « Et » peut indiquer la coprésence de deux états de choses dans une situation, c'est-à-dire marquer la coanalyse d'une représentation analogique. (Par exemple, devant une maison bleue à toit rouge, un sujet peut énoncer « Les murs sont bleus et le toit est rouge. ») Le symbole « et » ne représente donc rien par lui-même. Cependant, de nombreux états de choses peuvent être coexistants sans pouvoir être réunis dans une même représentation analogique. En effet, en raison de la finitude de la mémoire de travail humaine, nos représentations analogiques ne

---

proposition mentale a la structure de la phrase du langage correspondante. Au contraire, nous admettons que la structure d'une proposition élémentaire n'est pas issue d'une composition entre un(des) objet (s) et un concept (relation), mais de la décomposition d'une représentation analogique.

déploient chacune qu'un mince segment de monde possible. Le symbole de conjonction indique alors cette coexistence de deux états de choses, même si leur codéploiement est psychologiquement impossible ou inutile.

Des considérations analogues peuvent être formulées pour les autres connecteurs et pour les quantificateurs. Nous admettrons que leur usage reflète la structure du système de représentation humain en permettant de surmonter les limites de nos représentations analogiques par des mécanismes symboliques.

#### 1.3.4. *Explicitation des représentations symboliques*

Les représentations symboliques se rapportant à des entités abstraites peuvent sembler avoir un contenu en dehors de toute projection analogique. Certains processus mentaux paraissent opérer à un niveau purement symbolique, par exemple dans un raisonnement mathématique ou éthique. Un raisonnement formel est un cas par excellence de processus purement symbolique en apparence.

En fait, un processus mental peut rester purement symbolique en apparence, seulement parce que ce n'est pas forcément utile de déployer et représenter directement tout le contenu concerné. Par exemple des modèles mentaux peuvent rester implicites et développés (« *fleshed out* ») seulement si nécessaire (Johnson-Laird et Byrne, 1991). La compréhension d'un domaine procède par activation « en cascade » de fragments symboliques et de sous-modèles successifs, sans explicitation complète (Glenberg et al., 1994). Dans les cas ordinaires, une explicitation complète serait trop coûteuse cognitivement (Denis et de Vega, 1993). Par exemple, en compréhension de texte, l'explicitation de certains points dépend des buts du lecteur (Graesser et al., 1994).

Les niveaux successifs d'abstraction, les combinaisons symboliques, les projections analogiques partielles... conduisent à un degré de complexité tel que le système symbolique devient labyrinthique, avec des liens distendus relativement à l'expérience sensible. L'esprit humain n'est pas toujours strictement empiriste et nous fonctionnons souvent avec des modèles mentaux inchoatifs que nous serions bien en peine d'explicitier complètement (Glenberg et al., 1994).

Cependant, si l'on admet le principe de médiation, pour qu'une structure, abstraite ou non, soit effectivement présente, il est *a priori* nécessaire que ses éléments constitutifs et leurs relations soient codéployés analogiquement. Cette nécessité a été amplement confirmée par la psychologie expérimentale. Par exemple, Johnson-Laird (1983) a introduit les modèles mentaux parce que leurs composantes analogiques permettaient de rendre compte de la représentation de situations définies symboliquement. De tels modèles sont construits non seulement pour des textes narratifs (e. g., M.-F. Ehrlich et

Tardieu, 1993 ; Garnham et Oakhill, 1993), mais aussi pour des situations non-spatiales (Glenberg et al., 1994), et même pour le raisonnement formel (Johnson-Laird et Byrne, 1991).<sup>3</sup> De même, bien que les modèles de situation aient été définis initialement par leurs composantes symboliques (van Dijk et Kintsch, 1983), les travaux récents soulignent leurs composantes analogiques (e. g., Zwaan et Radvansky, 1998 ; Wyer et Radvansky, 1999 ; Fincher-Kiefer, 2001). Glenberg (1997) et Barsalou (1999) ont montré de façon détaillée la possibilité de développer la cognition symbolique à partir des représentations de type analogique et d'obtenir un système conceptuel complet.

Pour résumer cette section, les représentations analogiques sont directes et les représentations symboliques sont indirectes. Le recours à des représentations indirectes est imposé par les limites de nos représentations analogiques finies : les symboles permettent de coder des fragments analogiques pour éventuellement les réactiver et les redéployer. Un être divin qui aurait une représentation totalement déployée de l'univers entier n'aurait pas besoin de symboles, mais notre espace de représentation humain est conditionné par notre finitude que notre système symbolique s'efforce de compenser.

## 2. UN SYSTEME DE REPRESENTATION

Nous nous limitons ci-dessous à définir quelques notions indispensables pour construire les espaces de représentation. Nous nous appuyerons largement sur des modèles classiques de la mémoire (e. g., Anderson, 1983 ; Baddeley, 1986, 1992 ; Kintsch, 1988). Les notions définies et les hypothèses posées seront en accord avec ces modèles, mais la validité de notre système devra surtout être évaluée par ses possibilités quant à la construction d'un espace de représentation (section suivante).

### 2.1 Organisation générale

#### 2.1.1. Trame et nœuds

La *mémoire* sera définie ici comme l'ensemble des représentations. La *trame* sera l'ensemble des unités symboliques. Ces unités sont associées entre elles : la trame est un réseau de nœuds connectés par des liens de force variable qui reflètent les associations. La trame constitue en principe un tout unique, avec des nœuds transitoires (*trame à court terme*) et des nœuds stables (*trame à long terme*).

Toutes les unités symboliques ne sont pas dans le même état fonctionnel à un instant donné. La notion d'*activation* permet de

---

<sup>3</sup> Les représentations symboliques elles-mêmes ne peuvent nous être présentes que par des projections analogiques (d'où les représentations syntaxiques\*).

décrire l'évolution de l'état d'une unité. Chaque nœud a une valeur d'activation reflétant son poids relatif au sein du réseau. Nous supposons que la quantité totale d'activation reste constante (Anderson, 1983 ; Kintsch, 1988). Une proportion notable de l'activation totale est dévolue en permanence au traitement de l'expérience sensible. Le flux d'activation dans le réseau est fonction des stimuli sensoriels et des caractéristiques du réseau (notamment des forces des liens entre les nœuds). Le modèle sera assez abstrait pour rester compatible avec une activation par association directe (Ratcliff et McKoon, 1988) aussi bien qu'avec une activation par diffusion (Anderson, 1983).

Seule une partie du réseau est active à un instant donné. La *trame active* sera définie comme l'ensemble des unités ayant une valeur d'activation non nulle. La trame active comprend les nœuds transitoires de la trame à court terme et certains nœuds réactivés de la trame à long terme. A un instant donné, seules quelques unités de la trame à court terme sont fortement activées, constituant le *focus attentionnel* (d'après Cowan, 1993, 2000).

Nous admettrons pour simplifier qu'une représentation analogique n'existe que transitoirement et qu'aucune information n'est stockée à long terme sous forme analogique. Nous définirons les *plans actifs* comme les représentations analogiques déployées à un instant donné, soit par perception externe ou interne, soit par projection résultant de fragments réactivés de la trame à long terme. Pour fixer les idées, indiquons quelques plans actifs possibles : un percept externe ou interne, un modèle mental pour un fragment de récit, une projection d'un problème de mathématique, un fantasme érotique...

Nous admettrons qu'un premier plan actif correspond au « visuo-spatial sketchpad » de Baddeley (1986, 1992) et constitue un *plan de travail*, associé au focus attentionnel. Nous admettrons aussi qu'un *plan interférent* peut coexister avec le plan de travail. En effet, nous sommes capables de réfléchir à un problème tout en étant troublé par un fantasme ou en continuant à traiter l'environnement extérieur (e. g., en conduisant, voir Aasman et Michon, 1992). Les méthodologies de double-tâche (e. g. Baddeley, 1986, 1992) confirment cette expérience quotidienne. Par exemple, une expérience de Logie et al. (1994) suggère que la fixation d'images non pertinentes perturbe peu un calcul mental simple : de notre point de vue, selon le principe de médiation, seules les représentations analogiques étant directes, il est nécessaire d'admettre qu'au moins deux plans peuvent être actifs à un instant donné. Baddeley (1992) suggère d'ailleurs que le « visuo-spatial sketchpad » aurait au moins deux sous-composantes (l'une

visuelle, l'autre spatiale), ce qui nécessite un plan actif pour chaque sous-composante (quelle que soit sa nature).<sup>4</sup>

### 2.1.2 Création de nœuds

Nous admettons que les nœuds de la trame peuvent être créés par deux processus :

a. Lors de la projection analogique d'un fragment réactivé de la trame à long terme. Nous supposons qu'une projection analogique fournit non seulement un plan actif, mais une trame transitoire associée à ce plan. Selon Johnson-Laird (1983), une représentation propositionnelle est ainsi associée à la construction d'un modèle mental.

Soit par exemple la lecture de la phrase « Les oiseaux s'envolèrent et le chasseur s'éveilla. ». Nous admettons que les items lexicaux du texte (tel « les oiseaux », « le chasseur »...) activent chez le lecteur des nœuds-types en mémoire à long terme, ainsi que les fragments de trame auxquels ces nœuds-types sont associés, d'où la projection en plan de travail d'une scène de chasse prototypique, avec une trame associée constituée de nœuds-occurents pour ce chasseur, ces oiseaux, etc... Un nœud-occurrent est connecté au nœud-type correspondant.<sup>5</sup>

b. Lors de l'*analyse du plan de travail*. En effet, nous admettons que l'opération d'abstraction est basée sur un *processus d'analyse* qui évalue l'information en plan de travail.<sup>6</sup> Dans ce cas, un fragment du plan de travail réactive un nœud-type de la trame à long terme et cette réactivation suscite la création d'un nœud-occurrent. Par exemple, supposons qu'un fusil soit inclus dans la perception d'une scène de chasse : par analyse, ce fusil peut devenir explicite et l'activation du nœud-type FUSIL en mémoire à long terme suscite la création d'un nœud-occurrent pour le fusil de la scène. Brandimonte et Gerbino (1993) admettent ainsi que le contenu du « visuo-spatial sketchpad » est recodé à court terme sous forme verbale symbolique.

---

<sup>4</sup> Il reste théoriquement possible que le sujet ne dispose que d'un seul plan actif et "switch" rapidement entre deux contenus occupant tour à tour ce plan (e. g., tantôt le calcul mental, tantôt les images interférentes dans l'expérience de Logie et al., 1994 ; voir aussi Garavan, 1998). De toute façon, l'hypothèse de l'existence d'un plan interférent ne joue qu'un rôle marginal dans notre construction ultérieure. La tridimensionnalité de notre vision en relief est un argument pour admettre la possibilité d'un plan interférent (et un seul).

<sup>5</sup> Les notions de nœud-type et de nœud-occurrent sont relatives : un nœud-occurrent pour un élément de la scène peut être un nœud-type pour les occurrences ultérieures de cet élément.

<sup>6</sup> Dans une implémentation détaillée du système, le processus d'analyse pourrait impliquer à la fois la composante *subvocale répétitive* de la boucle phonologique et le contrôle exécutif central du modèle de Baddeley (1986, 1992), ou bien un *scanning* attentionnel comme celui suggéré dans Cowan (1993).

Nous supposons pour simplifier qu'un plan interférent ne peut être analysé, l'analyse exigeant des ressources cognitives importantes.

La trame à court terme est donc plus précisément constituée par l'ensemble des trames associées aux plans actifs. Les unités symboliques hautement actives du focus attentionnel sont un fragment de la trame associée au plan de travail et dépendent ainsi du processus d'analyse. La trame associée à un plan actif est un réseau de nœuds permettant de coder les principaux éléments du plan et de les réactiver ultérieurement, du moins si ces nœuds sont conservés après la disparition du plan. La conservation d'un nœud dépend de la force de ses connexions au reste de la trame. La mémoire à long terme est simplement l'ensemble des nœuds qui sont conservés mais qui n'appartiennent plus à la trame d'un plan actif.

### 2.1.3 Structure active et tension

La *structure active* sera définie comme l'ensemble organisé des plans actifs et de la trame active. La *mémoire de travail* désignera ici le plan de travail et sa trame associée.<sup>7</sup> La *mémoire interférente* désignera l'ensemble de la mémoire active en dehors de la mémoire de travail, c'est-à-dire : (a) les fragments symboliques actifs de la trame à long terme non projetés dans un plan, (b) le plan interférent (s'il existe) et la trame qui lui est associée.

La complexité de la structure active induit une répartition instable de l'activation : d'une part, les fragments symboliques interférents ne sont pas projetés dans un plan actif ; d'autre part, il peut coexister deux plans actifs non co-déployés (le plan de travail et le plan interférent). Nous admettrons qu'une *tension* est exercée sur la structure active en raison des fragments interférents. Intuitivement, plus la structure active est complexe, plus cette tension est élevée, et plus la répartition de l'activation est instable. Précisons cette notion de tension par quatre règles fonctionnelles : (a) la tension augmente si le nombre de nœuds interférents augmente, (b) la tension augmente si un plan interférent existe, (c) la tension décroît si le plan de travail et le plan interférent sont analogiquement compatibles (c'est-à-dire s'ils peuvent être unifiés en une seule représentation analogique), et (d) la tension est maximale si le plan de travail contient plusieurs fragments incompatibles (contradictaires).

Nous admettrons que le principe de base décrivant le flux associatif des représentations est un principe de minimalisation de la tension (*principe de solution*). La tension diminue si des fragments symboliques interférents sont déployés analogiquement ou si un fragment analogique interférent est unifié avec le plan de travail, mais ces possibilités sont limitées par la compatibilité analogique et les limites du plan de travail. De toute façon, des sources nouvelles

---

<sup>7</sup> Ceci correspond grossièrement au *visuo-spatial sketchpad* et au *phonological store* du modèle de Baddeley (1986, 1992).

de tension sont créées en permanence par les excitations externes et internes (douleur, faim, désir érotique... ) incompatibles avec le contenu du plan de travail.

## 2.2 Activation et désactivation des nœuds

Nous admettrons qu'un nœud de la trame peut être activé de trois façons : (a) lors de sa création par abstraction, (b) par excitation directe à partir de l'expérience externe ou interne, et (c) par association à un autre nœud actif.

Nous admettrons de plus un mécanisme spécifique pour les nœuds appartenant à la trame du plan de travail : l'activation de certains de ces nœuds peut être renforcée au détriment de celle des autres par un *mécanisme de concentration*. Un tel mécanisme est par exemple implémenté dans le modèle de « construction-intégration » de Kintsch (1988), le vecteur qui décrit l'état d'activation du réseau étant multiplié itérativement par la matrice qui décrit les connexions associatives. Dans notre système, ce mécanisme de concentration peut être lié au processus d'analyse qui évalue les informations en plan de travail. En effet, en rapport avec le focus attentionnel, le processus d'analyse doit permettre une concentration de l'activation sur les nœuds les plus pertinents du plan de travail et une désactivation des nœuds du plan de travail les moins pertinents.<sup>8</sup>

Nous admettrons qu'un nœud de la trame associée au plan de travail tend à se désactiver rapidement s'il ne reçoit plus d'excitation directe à partir d'un stimulus externe ou interne, et s'il n'est pas réactivé par le mécanisme de concentration. Un nœud désactivé peut néanmoins être conservé en mémoire à long terme.

Nous admettrons aussi qu'en dehors des nœuds de la trame de travail, tout nœud actif (*i. e.*, tout nœud interférent) tend à rester activé. En effet, une représentation symbolique étant indirecte, l'activation d'une unité symbolique a pour fonction de déclencher la projection analogique d'informations : cette activation doit donc être « clampée » aussi longtemps que ces informations n'ont pas été déployées et évaluées en plan de travail. (Tout au moins, la décroissance de la valeur d'activation doit être lente.) Cowan (1993) et Garavan (1998) suggèrent ainsi que des informations en dehors du focus attentionnel doivent rester disponibles.

Des projections analogiques avec évaluation en plan de travail sont donc nécessaires à la désactivation complète d'un fragment symbolique. Un nœud excité N peut éventuellement se décharger en activant d'autres nœuds, mais l'activation reçue initialement par N ne pourra se dissiper définitivement que *via* des projections analogiques dans le plan de travail (seul plan où les informations peuvent être évaluées). Une « décharge » partielle par projection dans un plan

---

<sup>8</sup> La *pertinence* d'un nœud pourrait être définie en fonction du nombre et du poids de ses associés.

interfèrent peut entraîner une baisse de tension dans la structure active mais fixe en même temps une quantité d'activation dans la trame interférente associée.

Deux mécanismes semblent s'opposer : d'une part un mécanisme de concentration de l'activation au niveau du plan de travail (qui tend à supprimer les informations non pertinentes), d'autre part un mécanisme de dispersion de l'activation en raison des représentations interférentes. Bien que non pertinentes, ces représentations interférentes restent actives et induisent une tension sur la structure active. Pourtant, ces deux mécanismes sont utiles : il est aussi nécessaire de pouvoir se concentrer sur un problème en réduisant l'accessibilité de l'information non pertinente (e. g., Gernsbacher et al., 1990 ; Palladino et al., 2001) que de maintenir actif un moyen de réactiver un problème non résolu. Un seul problème peut en effet être traité en mémoire de travail à un instant donné (e. g., Mynatt et al., 1993 ; Garavan, 1998). Dans la vie quotidienne, nous laissons à chaque instant irrésolus des problèmes que nous ne pouvons traiter sur le moment mais qu'il est nécessaire de pouvoir reprendre lorsque la mémoire de travail devient disponible. Par exemple, la conduite automobile implique de multiples interruptions et nécessite de multiples reprises de la tâche (Aasman et Michon, 1992). De même, les lecteurs d'un récit peuvent réactiver un but du récit resté non satisfait (Sue et Trabasso, 1993 ; Graesser et al., 1994 ; Zwaan et Radvansky, 1998).

### 3. L'ESPACE DE REPRÉSENTATION

Rappelons que par *espace de représentation*, nous entendons l'univers représenté à partir d'une mémoire.

#### 3.1 Plis élémentaires et modèles unifiants

A un instant donné T, le système de représentation ne fournit comme représentations analogiques que le plan de travail\*, et, éventuellement, un plan interférent\*. Or, seules les représentations analogiques représentent effectivement, donc seul un infime fragment d'univers est effectivement déployé à T.

Mais, dans de nombreux contextes, au-delà du contenu actuel de la mémoire de travail, il importe de préciser l'espace dans lequel peut évoluer virtuellement un sujet, même si cet espace n'a pas de réalité concrète. (Au sens où il n'est pas déployé dans un état mental effectif.) Par exemple, si nous évaluons les performances d'un chauffeur de taxi, nous nous intéresserons à l'espace urbain virtuel dans lequel il peut naviguer (e. g., Pailhous, 1970). Ou bien, lorsque des sujets ont mémorisé la structure spatiale d'un immeuble, ils disposent d'un espace virtuel dans lequel ils peuvent évoluer mentalement, espace virtuel qui ne doit pas être confondu avec leur modèle de la situation actualisée par la lecture d'une histoire se



déroulant dans cet immeuble (Morrow et al., 1987 ; Wilson et al., 1993 ; Rinck et Bower, 1995, 2000 ; Bower et Rinck, 2001).

D'une façon générale, un sujet « navigue » dans un environnement beaucoup plus large que le modèle mental de la situation actualisée à un instant donné. Zwaan et Radvansky (1998) distinguent ainsi modèle courant de la situation et modèle complet. Pour prédire le comportement d'un sujet, au-delà de l'espace actualisé, il importe donc de préciser l'espace virtuel de représentation défini par sa mémoire.

L'ensemble des représentations analogiques actualisables dans un plan actif\* constitue la base naturelle de construction d'un tel espace virtuel. Un *pli élémentaire* (ou *e-pli*) sera défini comme une représentation analogique pouvant être actualisée dans un plan actif. En dehors des percepts (qui n'existent qu'à un instant donné), les *e-plis* sont les projections\* que l'on peut obtenir à partir de la trame\*, en nombre potentiellement infini, dont seules quelques-unes seront effectivement actualisées dans des plans actifs. Les *e-plis* constituent les fragments minimaux de l'espace de représentation et sont comparables aux briques de base d'un jeu de type Lego<sup>R</sup>.

Certains plis élémentaires peuvent être unifiés. Par exemple, à partir des fragments analogiques d'un sujet se rapportant à une ville (images mentales, cartes mentales, modèles mentaux spatiaux...), on peut reconstituer une maquette unifiante tridimensionnelle de la ville telle que ce sujet la représente, même si cette maquette ne peut être déployée réellement qu'en dehors de son psychisme. Un *modèle unifiant* sera défini comme une représentation reconstituée à partir de plis élémentaires. S'il est reconstitué à partir de *plusieurs* plis élémentaires, un modèle unifiant est non déployable psychiquement dans son entier en un seul instant car il excède alors les limites d'un plan actif.

Deux types de modèles unifiants doivent être distingués :

- Une *représentation unifiante* sera par définition un modèle unifiant M qui peut être reconstitué à partir de la mémoire subjective elle-même, c'est-à-dire que les *e-plis* constituant M sont enchaînables effectivement par des fragments de la trame. Un *pli* sera une représentation unifiante *analogique* codéployant plusieurs *e-plis*. Le sujet peut « naviguer » dans un pli, comme s'il déplaçait une carte géographique, à la différence près que la carte est effectivement dépliée tandis qu'un pli reste virtuel. Une représentation unifiante *frayée* sera définie comme une représentation unifiante qui a été reconstituée effectivement au moins une fois.
- Une *pseudo-unification* sera définie comme un modèle unifiant M reconstitué par un observateur extérieur au sujet, celui-ci ne disposant pas d'un fragment symbolique lui permettant d'enchaîner les *e-plis* de M. Un *pseudo-pli*

sera défini comme une pseudo-unification analogique. Le sujet ne peut « naviguer » dans un pseudo pli. (Un pseudo pli est comparable à une carte routière en morceaux : une telle carte ne représente un espace unifié que si un observateur réunit les morceaux.)

### 3.2 Structures symboliques

Une *structure symbolique* sera définie comme un fragment de trame permettant d'enchaîner des e-plis dans une représentation unifiante. Un *chaînon* sera défini comme un fragment de structure symbolique enchaînant deux e-plis consécutivement dans une représentation unifiante. Nous avons admis que la trame est un tout unique, de telle sorte qu'il pourrait sembler que tout ensemble d'e-plis puisse être réuni dans une représentation unifiante. Cependant, un chaînon entre deux e-plis F et F' n'existe que s'il est possible que : (a) F soit actualisé dans un plan actif P, (b) certains symboles (S1, S2, S3,...) de la trame associée à P activent d'autres symboles (S'1, S'2,...) qui leur sont connectés, et (c) (S'1, S'2,...) soient projetés dans un nouveau plan actif P' qui actualise F'.

Si un chaînon unifie *analogiquement* deux e-plis, nous dirons que ce chaînon est un *A-chaînon*. La création d'un A-chaînon entre deux e-plis F et F' nécessite qu'un fragment analogique soit commun à F et à F'. Si le chaînon n'est pas un A-chaînon, nous dirons qu'il s'agit d'un *chaînon artificiel*. (Un chaînon artificiel n'est pas fondé sur un contenu effectif.)

Les structures symboliques sont donc des fragments de trame enchaînant les plis élémentaires. Dans leur théorie de la mémoire de travail à long terme, Ericsson et Kintsch (1995) utilisent la notion apparentée de *structures de récupération* : les structures de récupération sont des fragments de mémoire à long-terme organisant l'encodage et la récupération d'informations. Lorsque des éléments d'une structure de récupération sont actifs en mémoire à court terme, ils servent de clés d'accès au reste de la structure, permettant de l'activer rapidement, et tout se passe comme si la mémoire de travail était fonctionnellement étendue. Les schémas (e. g., Rumelhart, 1975) peuvent être considérés comme des cas particuliers de structures de récupération communément partagés. De notre point de vue, les structures symboliques sont des structures de récupération permettant d'enchaîner des plis élémentaires pour « naviguer » dans l'espace de représentation. (Comme on navigue à travers le Web par des liens Hypertext.)

Soit deux représentations unifiantes R et R'. L'*union* (RUR') peut être définie en identifiant les e-plis et les chaînons qui sont communs à R et R'. Si un e-pli est commun à R et R', (RUR') est elle-même une représentation unifiante ; si aucun e-pli n'est commun à R et R', (RUR') consiste en deux fragments séparés. L'*espace de représentation* peut maintenant être défini plus précisément comme l'union de toutes les représentations unifiantes. Nous définirons la

*toile* comme la trame obtenue avec toutes les structures symboliques en identifiant les chaînons communs. Une représentation unifiante est donc un fragment « continu » de l'espace de représentation et une structure symbolique est un fragment « continu » de la toile.<sup>9</sup> Notons que de nombreuses représentations unifiantes peuvent être construites avec les mêmes e-plis (comme beaucoup de villes peuvent être construites avec les mêmes éléments de Lego<sup>R</sup>), de telle sorte que des fragments de l'espace de représentation peuvent être incompatibles. Même les représentations spatiales d'un sujet sont parfois contradictoires (e. g., Moar et Bower, 1983).

L'espace de représentation ainsi défini varie au cours du temps. Il est évident que l'espace de représentation du nouveau-né diffère ordinairement de celui de l'adulte. Par exemple, Giraudo et Pailhous (1994) ont démontré l'importance des fluctuations de l'espace de navigation dans une cité pour des adultes natifs de cette cité. A chaque instant, l'ensemble des symboles, l'ensemble des e-plis, l'ensemble des structures symboliques et l'ensemble des constructions possibles changent en fonction des événements de l'expérience. Même sans événements extérieurs, l'espace de représentation évolue continuellement en fonction de l'activité psychique : chaque procédure mentale construit un nouveau fragment de l'espace de représentation en créant de nouvelles structures symboliques qui définissent de nouveaux enchaînements de fragments analogiques. Une *configuration* sera par définition l'espace de représentation à un instant donné. Si l'on admet que la famille des configurations indexée par le temps a quelques caractéristiques stables, au moins chez l'adulte, la considération d'un unique espace de représentation garde un sens. (Ainsi, l'espace de navigation dans la cité natale conserve une importante stabilité globale, malgré ses fluctuations, d'après Giraudo et Pailhous (1994).)

#### 4. PLISSAGE DE L'ESPACE DE REPRÉSENTATION

Envisageons d'abord quelques contraintes objectives exercées sur un espace de représentation, indépendamment de la finitude humaine.

A cette fin, nous ferons l'hypothèse d'un démon dont le plan de travail\* est aussi étendu et comporte autant de dimensions que

---

<sup>9</sup> "Continu" ne doit pas ici être entendu au sens mathématique. Par ailleurs, l'analogie avec un espace matériel peut aider à comprendre les concepts définis ci-dessus. La trame symbolique peut être comparée à un réseau routier. La toile serait alors le réseau des routes praticables. Une structure symbolique serait un fragment continu du réseau praticable. Une représentation unifiante serait l'espace visualisable à partir du trajet sur un tel fragment continu du réseau praticable. L'espace de représentation serait la réunion de tous les espaces visualisables à partir du réseau praticable. Une représentation unifiante frayée serait un morceau d'espace qui a effectivement été découvert au cours d'un trajet. Le Web offre aussi une analogie utile.

nécessaire. Un seul pli élémentaire\* suffit donc à ce démon pour avoir une représentation unifiante\* de l'espace matériel réel. De même, un seul pli élémentaire lui suffit pour avoir une représentation unifiante de tout domaine abstrait dont le nombre de dimensions est fini. L'univers du démon ne peut cependant être déployé en une seule représentation analogique s'il existe des contradictions entre différents fragments de cet univers.

En effet, une contradiction entre deux faits contraint à représenter ces faits dans des *mondes possibles* distincts. La notion de monde possible a été introduite en logique afin d'obtenir une sémantique apte à exprimer le sens des opérateurs modaux de nécessité et de possibilité (Kripke, 1963) et plusieurs logiques modales peuvent être définies selon les propriétés conférées à une relation d'«accessibilité» entre mondes possibles (e. g., Chagrov et Zakharyashev, 1997). S'agissant d'un espace mental, nous définirons les mondes possibles relativement les uns aux autres : les mondes possibles seront les fragments cohérents maximaux de l'espace de représentation. (Deux mondes possibles différents sont donc contradictoires.) Le contenu d'une représentation doit donc être relativisé au contexte d'un monde possible particulier pour éviter toute contradiction. Indiquons trois situations classiques impliquant la construction de plusieurs « mondes possibles » :

1. Nous avons besoin de pouvoir nous représenter des mondes fictionnels, parfois emboîtés, sans les confondre avec le monde réel et sans les confondre entre eux, par exemple lors d'une activité de simulation (Leslie, 1987 ; Nichols et Stich, 2000) ou lors de la lecture de récits de fiction (Plagnol, 1993 ; Plagnol et al., 1996).
2. Nous avons besoin de nous représenter les mondes représentés par nous-mêmes ou d'autres sujets, mondes souvent incompatibles. L'attribution d'une croyance à un sujet implique de relativiser le contenu de cette croyance au « monde possible » de ce sujet. La logique épistémique utilise ainsi la sémantique des mondes possibles pour modéliser la croyance ou la connaissance (e. g., Halpern, 1995).<sup>10</sup>
3. La perception d'un changement matériel implique l'incompatibilité de deux représentations. La représentation du monde matériel, pour être non-contradictoire, doit être structurée selon le temps. Chaque fragment maximal de l'espace de représentation du monde matériel définit un instant. Un instant

---

<sup>10</sup> Cette situation peut se combiner avec la précédente : nous pouvons nous représenter les mondes représentés par des personnages d'une fiction en différenciant ces mondes (Gerrig et al., 2001).

correspond donc formellement à un monde possible. Les logiques temporelles utilisent ainsi la sémantique des mondes possibles (e. g., Galton, 1987).

Même notre démon doit construire plusieurs mondes possibles s'il s'amuse à des fictions ou s'il veut se représenter notre monde. Nous dirons qu'un espace de représentation est *plissé* en différents sous-espaces correspondant à différents mondes possibles. Le plissage implique que l'espace de représentation ne peut jamais être totalement unifié en une seule représentation analogique. Cependant, les contraintes logiques ne sont pas forcément respectées psychologiquement. Il nous arrive de confondre des mondes possibles entre eux. Par exemple, nous pouvons tenir pour réels des souvenirs imaginaires par confusion des sources d'information (e.g., Hyman et Petland, 1996 ; Goff et Roediger, 1998). Notre cohérence dépend aussi de l'état d'activation de notre mémoire : des sujets schizophrènes ont des difficultés à séparer les mondes fictifs en raison d'une déstructuration fonctionnelle (Plagnol et al., 1996). Nous indiquons brièvement ci-dessous comment le système de représentation défini dans la section 2 peut implémenter le plissage entre mondes possibles, tout en permettant parfois des confusions entre ces mondes.

Pour assurer une représentation logiquement correcte de l'information se rapportant à différents mondes possibles, il est nécessaire de marquer une représentation se rapportant à un monde  $W$  par un indice indiquant  $W$ . Cet indice peut être lui-même un item représentationnel (équivalent en fait à un nom propre tel «  $W$  »). Dans un langage formel, un tel indigage revient à l'introduction de termes de mondes possibles (Lewis, 1968 ; Plagnol, 1993). Par exemple, à chaque monde de fiction romanesque doit correspondre un symbole spécifique. (Dans un langage naturel, cette fonction est assurée par les titres des romans.) Dans le cas d'un système de représentation mental, pour permettre un plissage cohérent entre différents mondes, il est nécessaire d'introduire un « symbole de monde » pour chaque fragment maximal de l'espace de représentation. Dans le système développé ci-dessus, un tel symbole est un nœud de la trame de la mémoire : à chaque monde  $W$  doit correspondre un *nœud de monde*  $N(W)$ .

Le marquage de la représentation symbolique  $R$  se rapportant à un monde  $W$  peut alors être assuré par un lien entre  $N(W)$  et  $N(R)$  : l'activation du nœud  $N(R)$  permet par association une activation de  $N(W)$ . Le marquage est ici fonctionnel : ce qui relativise une représentation  $R$  à un monde  $W$  est la coactivation des deux nœuds  $N(R)$  et  $N(W)$ . Si chaque nœud  $N(W)$  est connecté à tous les nœuds des représentations concernant  $W$ , la diffusion de l'activation dans le réseau permet d'assurer une *compartmentation* : chaque ensemble de représentations se rapportant à un même monde correspond fonctionnellement à un compartiment distinct en mémoire (Potts et Peterson, 1985 ; Potts et al. 1989 ; Plagnol, 1993 ; Plagnol et al.,

1996). Les liens N(R)-N(W) étant de force variable, la compartimentation est modulable (étant d'autant plus nette que ces liens sont plus forts).

On peut aussi définir l'*accessibilité* psychologique entre deux mondes possibles W et W' : W' sera *accessible* à partir de W si le nœud N(W') est activable à partir du nœud N(W), ce qui dépend des connexions directes ou indirectes entre ces nœuds. L'accessibilité entre deux mondes est modulable suivant la force des connexions entre leurs nœuds.

Ainsi, notre démon peut avoir une représentation cohérente des mondes possibles, avec une compartimentation et une accessibilité définies. Mais, dans certaines conditions fonctionnelles de sa mémoire, des confusions entre mondes restent possibles par décompartimentation et/ou hyperaccessibilité. (Par exemple, si ce démon abuse d'un excitant qui augmente la vitesse de diffusion de l'activation.)

## 5. PLIAGE DE L'ESPACE DE REPRÉSENTATION

Envisageons maintenant un cas plus humain où le plan de travail est limité à un « champ » borné dans un espace au plus tridimensionnel. Un contenu *trivial* sera défini comme un contenu n'exigeant qu'un e-pli\* pour être complètement représenté analogiquement (e. g., le contenu d'un percept). Un contenu non trivial ne peut être co-déployé dans les limites du plan de travail mais peut être unifiable analogiquement dans un pli\* : un contenu *simple* sera un contenu qui peut être complètement déployé dans un pli. (Des A-chainons\* unifient alors les e-plis composant le pli.) Enfin, un contenu *complexe* sera un contenu non-simple (i. e., pour lequel aucun pli n'existe).

Nous préciserons d'abord comment situer dans notre cadre quelques aspects de la représentation de l'espace matériel qui ont été très étudiés expérimentalement. Nous soutiendrons ensuite que ces aspects peuvent être paradigmatiques : nous les appliquerons d'abord à la compréhension de texte, puis **à tout domaine en général.**

### 5.1 Espace matériel

Le contenu d'un percept humain est trivial mais fini, en raison des limites du plan de travail, et ne comporte qu'un nombre limité de dimensions. L'espace matériel ne peut donc être complètement déployé dans un seul plan actif : un découpage de notre expérience spatiale est inévitable et précède même son unité postulée. Ce que nous appelons « espace matériel » relève en effet du postulat *a priori* de l'existence d'une représentation analogique unifiante pour tous nos fragments d'expérience (voir Kant, 1787/1976).

Admettons ce postulat à titre heuristique. L'espace matériel est alors simple, c'est-à-dire unifiable en un seul pli, mais, à la différence

du cas du démon, ce pli unique ne coïncide pas avec un seul e-pli, de telle sorte qu'il ne peut être actualisé tout entier en un seul instant. De façon générale, nous dirons qu'un fragment de l'espace de représentation est *plié* si ce fragment n'est que le produit virtuel d'une unification dépliant une série d'e-plis : toute représentation unifiante (analogique ou non) est pliée si elle contient plusieurs e-plis.<sup>11</sup> Lorsqu'il s'agit d'un pli, comme dans le cas de l'espace matériel, le pliage peut être inapparent si des structures symboliques sont toujours disponibles pour enchaîner par des A-chaînon les plis élémentaires au fur et à mesure de leur activation. De fait, nous ne nous rendons pas compte de notre facilité ordinaire à nous mouvoir dans un espace matériel familier. Mais le pliage du pli peut se démasquer si ces conditions idéales ne sont pas vérifiées, par exemple lors de la récupération en mémoire d'un environnement spatial récemment appris : certaines données suggèrent que la distance spatiale mentale est alors non-euclidienne et varie selon l'organisation symbolique des fragments analogiques (Rinck et al., 1997 ; Langston et al., 1998).

La navigation dans un espace matériel permet de développer des représentations abstraites déployant *directement* des relations spatiales globales (e. g., Levine et al., 1982 ; Thorndyke et Hayes-Roth, 1982). La lecture de textes décrivant un itinéraire dans un espace matériel peut aussi induire la construction de modèles de situation, plus ou moins abstraits, qui déploient *directement* des relations spatiales globales (Perrig et Kintsch, 1985) ou condensent des perspectives partielles (Taylor et Tversky, 1992). Du point de vue développé ici, seules des représentations analogiques étant directes, ceci montre qu'il faut admettre qu'un ensemble d'e-plis peut être condensé dans un *pli élémentaire abstrait*. (E.g., un ensemble de percepts se rapportant aux étapes d'un itinéraire dans une ville V peut être condensé en une « vue globale » de V.) Un e-pli abstrait permet de déployer de nombreux éléments pertinents dans un seul plan actif, ce qui limite la tension\* sur la structure active\*. Un e-pli abstrait peut contenir des éléments syntaxiques permettant de déployer un e-pli plus précis par focalisation\*. Par exemple, un e-pli abstrait de Paris peut contenir une unité symbolique SORBONNE, et, si cette unité est activée, il est possible de focaliser mentalement sur une représentation analogique de la Sorbonne, en développant un e-pli à contenu plus précis.

De nombreuses expériences ont montré l'utilisation psychologique de cartes mentales construites à partir de trajets, de cartes réelles ou de textes (e. g., Levine et al., 1982 ; Thorndyke et Hayes-Roth, 1982 ; Moar et Bower, 1983 ; Perrig et Kintsch, 1985 ; Taylor et Tversky, 1992 ; Ferguson et Hegarty, 1994 ; Giraudo et

---

<sup>11</sup> Il importe de bien distinguer : (a) le *plissage* de l'espace de représentation imposé par la structure du contenu représenté lorsqu'elle implique plusieurs mondes possibles, et (b) le *pliage* de l'espace de représentation, imposé par les limites d'un plan actif.

Pailhous, 1994). L'organisation de ces cartes repose sur une structuration symbolique hiérarchisant les éléments de l'espace (Ferguson et Hegarty, 1994 ; Bower et Rinck, 2001). Dans notre perspective, une *carte mentale* peut être *définie* comme un pli pour l'espace matériel : les e-plis fournissent des modèles partiels de cet espace et des structures symboliques\* avec des A-chaînons sont nécessaires pour enchaîner ces e-plis dans des représentations analogiques unifiantes.

## 5.2. Compréhension de texte

Si un texte ne se limite pas à la description d'une situation (e. g., si un récit ne se limite pas à une scène unique), nous ne pouvons réunir l'univers représenté dans un seul pli élémentaire. Nous construisons donc des séries de plis élémentaires, certaines séries étant condensées dans des e-plis abstraits\* (dont la trame pourrait correspondre aux « macro propositions » définies par Kintsch et van Dijk, 1978). On peut ainsi réinterpréter dans notre cadre la théorie de Graesser et al. (1994) montrant qu'un lecteur recherche une cohérence globale en organisant des *chunks* locaux d'information en *chunks* d'ordre supérieur. L'explicitation de certains détails (i. e., la *focalisation\**) dépend des buts du lecteur (e. g., Wilson et al., 1993 ; Graesser et al., 1994). La division en chapitres et paragraphes, ou les tables des matières, véritables « guides de pliage », reflètent la structure de l'espace de représentation qui doit être construit pour un texte.

Lors de la lecture d'un texte, les e-plis (i. e., les modèles partiels) doivent être reliés par des structures symboliques\*. De nombreux auteurs ont suggéré l'importance de ce type de structures en compréhension de texte, sous une forme ou sous une autre (e. g., Gernsbacher et al., 1990 ; Graesser et al., 1994 ; Ferguson et Hegarty, 1994 ; Ericsson et Kintsch, 1995 ; Dopkins, 1997 ; Zwaan et Radvansky, 1998). En particulier, les inférences établissant la cohérence d'un récit sont basées sur des connaissances en mémoire à long terme récupérables facilement en mémoire de travail d'où le rôle de structures de récupération (e. g., Graesser et al., 1994 ; Ericsson et Kintsch 1995).

On peut notamment reformuler dans notre cadre les recherches qui ont abordé la dimension temporelle des modèles de situation pour des récits de fiction. La prise en compte de cette dimension reflète à la fois le plissage\* de l'espace matériel décrit dans la situation narrée (en fonction des connaissances du lecteur) et le pliage\* imposé par la représentation narrative. En effet, un ensemble convergent de données (Rinck et Bower, 2000 ; Scott Rich et Taylor, 2000 ; Zwaan et al., 2000) montre que les ruptures temporelles (*time shifts*) du contenu narratif représenté peuvent être déterminées soit par les hypothèses du lecteur sur les durées objectives des scénarii, soit par des marqueurs linguistiques marquant une discontinuité. Les *time shifts* entraînent un changement de modèle actuel (i. e., un



changement du pli élémentaire occupant le plan de travail) et ce changement accroît la charge cognitive en imposant une actualisation des index temporels. L'indexation temporelle est une structure de récupération implémentable comme un réseau de nœuds et correspond à notre définition d'une structure symbolique. Rinck et al. (2001) ont montré que des inconsistances temporelles dans un récit peuvent empêcher la formation d'un modèle unique (i. e., la formation d'un pli unifié).

La structure plissée et pliée de l'espace de représentation construit pour un texte permet de prédire directement le biais en faveur de la continuité (K. Ehrlich et Johnson-Laird, 1982 ; Murray, 1997). Notre théorie prédit également pour des tâches de mémoire une augmentation du temps de réponse proportionnelle au nombre de plis contenant l'item testé, analogue au phénomène de « fan effect » (Anderson, 1976 ; Reder et Anderson, 1980 ; Reder et Ross, 1983 ; Zwaan et Radvansky, 1998 ; Wyer et Radvansky, 1999 ; Bower et Rinck, 2001).

### 5.3 Généralisation

Les principes de navigation dans l'espace matériel sont en fait valables pour tout domaine concret ou abstrait. Un seul e-pli ne pouvant déployer qu'un contenu trivial\*, représenter un domaine non trivial demande d'intégrer toutes les informations nécessaires dans une représentation unifiante\* pliée\* en modèles partiels reliés par une structure symbolique\*. Une telle conception est apparentée à celle de Gernsbacher et al. (1990) qui ont suggéré que la compréhension réside en général dans la construction d'une « structure » cohérente en se déplaçant d'une « substructure » à l'autre, mais nous insistons ici sur la fondation analogique du contenu représenté. On peut également rapprocher de notre conception l'hypothèse déjà classique de mécanismes de « chunking » pour surmonter les limites de la mémoire de travail, dès lors que l'on souligne la nature perceptive/analogique des *chunks* (e. g., Miller, 1956 ; Knoblich et al., 1999 ; Jiang et al., 2000).

De façon générale, nous admettons que la navigation dans un domaine non-trivial repose sur un *principe de zigzag* : dans un sens, des fragments symboliques permettent de coder et d'enchaîner des fragments analogiques ; dans l'autre sens, des projections analogiques déploient partiellement dans des représentations directes ce qui est défini symboliquement.

La nécessité de plier l'espace de représentation d'un problème non trivial -- c'est-à-dire l'impossibilité de déployer au niveau du plan de travail toute l'information nécessaire -- souligne la nécessité de pouvoir maintenir actifs en mémoire des nœuds interférents, voire un plan interférent. En effet, dès qu'un problème est non-trivial, même des informations pertinentes doivent être laissées en dehors du plan de travail. Nous ne pouvons décomposer un problème que si nous disposons d'une structure symbolique permettant de maintenir actifs

les sous-problèmes non traités en plan de travail et d'enchaîner les modèles partiels correspondant à ces sous-problèmes. Par exemple, lors d'un trajet pour aller d'une ville A à une ville Z, des e-plis successifs doivent être activés et il est nécessaire de maintenir actif le but Z, même si ce but peut rester souvent hors du plan de travail.

#### 5.4 Unification analogique

Un domaine tridimensionnel est simple\* : qu'il s'agisse du monde réel ou d'un monde fictionnel, une unification analogique par un seul pli\* est possible, le pliage de ce pli étant défini en fonction des seules limitations du champ de coreprésentation constitué par le plan de travail.

Pour un domaine abstrait, une représentation analogique unifiante ne peut être définie si ce domaine implique plus de trois dimensions. Ceci est clair en géométrie : des espaces ayant plus de trois dimensions, tels ceux utilisés dans la théorie physique actuelle, ne peuvent être « visualisés » complètement et doivent être définis symboliquement, même si des projections\* partielles peuvent fournir une aide heuristique. Plus généralement, tout problème complexe\*, théorique ou pratique (choix érotique, économique, éthique...), implique de nombreux éléments non homogènes et dépasse ainsi trois dimensions pour sa représentation analogique. Glenberg et al. (1994) montrent qu'un modèle mental ne peut être construit pour un problème à cinq dimensions. Seules les représentations analogiques étant directes selon le principe de médiation, pour se représenter un problème complexe, un sujet doit se déplacer dans une représentation unifiante constituée d'une série de fragments tridimensionnels continus -- des plis\* -- qui ne peuvent eux-mêmes être unifiés par des A-chaînon\*, même s'ils le sont par des chaînon artificiels\*.

Notons que pour un domaine abstrait, il est difficile de concevoir une représentation unifiante naturelle.<sup>12</sup> Par exemple, deux mathématiciens peuvent se représenter un espace à cinq dimensions de façon différente, avec des projections partielles différentes. Par contre, pour un domaine concret, le postulat de l'espace euclidien objectif fournit une représentation analogique unifiante naturelle, même si ce postulat n'est valide que dans les bornes étroites de l'expérience sensible. (En dehors de ces bornes, plusieurs modèles unifiants sont possibles, comme le montre l'existence de différentes théories physiques parfois incompatibles -- e. g., Hawking et Penrose, 1996.)

---

<sup>12</sup> La représentation de tout problème complexe est notamment dépendante des déterminants culturels de l'apprentissage qui entraînent à certains types de pliage du monde.

### 5.5 Nœuds de plis

Définissons la *base*  $B(P)$  d'un pli élémentaire  $P$  comme le fragment de trame se projetant dans  $P$  ou abstrait à partir de  $P$ . Nous admettons que si  $B(P)$  est fortement structurée et/ou si cet e-pli a une importance particulière, un *nœud de pli*  $N(P)$  peut être créé par abstraction\*, fortement connecté à tous les nœuds de  $B(P)$ . L'activation de  $N(P)$  produit alors une focalisation\* sur  $P$ , une trame transitoire associée à  $P$  étant fournie automatiquement par la structure de  $B(P)$ . Nous admettons que  $P$  peut contenir syntaxiquement une occurrence de son nœud de pli (cette occurrence ayant une fonction nominative comparable à celle d'une étiquette).

Les nœuds de plis sont des cas particuliers de nœuds facilitant la récupération ciblée d'informations. Plusieurs auteurs ont proposé d'introduire de tels nœuds comme clefs d'accès à des ensembles spécifiques d'information (Clifton et Slowiaczek, 1981 ; Anderson, 1983 ; Reder et Ross, 1983 ; Potts et Peterson, 1985 ; Potts et al., 1989 ; Plagnol, 1993). Les schémas (Rumelhart, 1975) et les structures de récupération des experts (Ericsson et Kintsch, 1995) montrent l'intérêt cognitif de fragments symboliques fortement structurés permettant de naviguer rapidement dans l'espace de représentation.

## 6. STRUCTURES SYMBOLIQUES, DEGRES D'INTEGRATION

Un sujet ne peut unifier tout son espace de représentation de façon hautement intégrée. Certains ensembles de plis élémentaires\* peuvent être sans structure symbolique\* unifiante, d'autres peuvent être enchaînés de façon lâche et transitoire (par exemple, une série de percepts au cours d'une flânerie sans but dans une ville inconnue), d'autres encore peuvent être enchaînés par des schémas hautement intégrés et stables dans le temps (par exemple, une série de modèles spatiaux dans un environnement familier). Même pour un domaine limité, les meilleurs experts ne peuvent développer des structures symboliques élaborées que dans des conditions restreintes (Ericsson et Kintsch, 1995). Il apparaît donc nécessaire de distinguer différents degrés d'intégration d'un ensemble d'e-plis par un fragment de trame. Le degré d'intégration d'un ensemble d'e-plis est fonction de la facilité à reconstituer une structure symbolique enchaînant ces e-plis, ce qui dépend de la possibilité de déployer la structure symbolique elle-même dans une représentation syntaxique\* : les limites de la mémoire de travail imposent des contraintes sur les structures symboliques elles-mêmes.

Dans cette section, nous aborderons certains points théoriques sur les structures symboliques en définissant quelques notions permettant de préciser le degré d'intégration d'un ensemble de plis élémentaires. Nous traiterons ces points d'une façon abstraite qui

pourra ne pas être directement applicable aux espaces de représentation des sujets humains.

### 6.1 Notion de chemin

Un *chemin* d'un e-pli P à un e-pli P' sera défini comme une série (P, ..., P') d'e-plis pouvant occuper successivement un plan actif\*. Selon nos définitions antérieures, le fragment de trame connectant deux e-plis successifs P1 et P2 dans un chemin est un chaînon\*. Un chaînon peut être implémenté par des liens entre des symboles de la base de pli de P1 et des symboles de la base de pli de P2, ou par un lien direct entre les nœuds de plis de P1 et P2 (si ces nœuds de pli existent). La *chaîne* d'un chemin C sera constituée par les bases des e-plis constituant C et les chaînons connectant ces e-plis. La *longueur* d'un chemin sera définie comme son nombre d'e-plis. Un chemin de longueur 1 est réduit à un e-pli (la chaîne étant alors réduite à la base de cet e-pli).

Un chemin peut n'être jamais parcouru. Un chemin déjà parcouru au moins une fois sera un chemin *frayé*. Un chemin *latent* sera défini comme un chemin jamais parcouru mais pour lequel la trame symbolique fournit les chaînons nécessaires. Un *pseudo-chemin* à un instant T sera une série S de e-plis pour laquelle la chaîne nécessaire n'existe pas à l'instant T. (Même si les chaînons pourraient être créés au fur et à mesure de l'activation des e-plis de S.<sup>13</sup>) Pour simplifier, nous considérerons que les chemins existant à un instant T se réduisent aux chemins frayés et aux chemins latents, en excluant les pseudo-chemins.

Il est parfois impossible de retrouver un chemin matériel déjà parcouru. Heidegger (1950/1994) suggère qu'il en est de même parfois dans la pensée : il arrive qu'un chemin de pensée soit comparable à un *Holzweg*, c'est-à-dire un chemin dont la trace se perd dans une forêt profonde comme la Forêt Noire, même pour les bûcherons expérimentés. Nous définirons donc un *Holzweg* mental comme un chemin frayé transitoirement et qui n'est plus reconstituable mentalement. Un rêve n'est souvent qu'un *Holzweg*.

#### 6.1.1 Accessibilité

La notion de chemin permet d'étendre la définition de la relation d'accessibilité entre mondes possibles à une définition générale de l'accessibilité entre fragments de l'espace de représentation. Un e-pli P' sera dit *accessible* à partir d'un e-pli P s'il existe au moins un chemin entre P et P'. L'accessibilité entre P et P' dépend des connexions directes ou indirectes entre les bases de plis de P et P' (et entre leurs nœuds de plis si P et P' en possèdent). L'accessibilité est en permanence modulée suivant les forces de ces connexions, mais,

---

<sup>13</sup> Par l'activité mentale du sujet lui-même, mais aussi grâce à des indices externes ou grâce à une coopération intersubjective.

pour simplifier, nous ne tiendrons pas compte de ce caractère modulable dans la suite de cet article.

L'accessibilité n'est pas forcément symétrique.<sup>14</sup> L'accessibilité n'est pas non plus toujours transitive : s'il existe un chemin de P1 à P2 et s'il existe un chemin de P2 à P3, ceci n'implique pas l'existence d'un chemin de P1 à P3. En effet, lorsqu'un e-pli P occupe un plan actif, l'accès à l'e-pli suivant ne dépend pas que de P mais dépend aussi de l'« histoire » ayant précédé P. Si l'on définit la *P-histoire* comme la série des plis élémentaires ayant été activés avant P, la P-histoire récente se reflète dans les nœuds et plans interférents, et ceux-ci interviennent dans la détermination de l'e-pli suivant P.

### 6.1.2. E-plis abstraits et raccourcis

A partir d'un chemin frayé\*, des plis élémentaires abstraits\* peuvent être créés. Un e-pli abstrait condense une série (P,..., P') en un e-pli unique qui « résume » cette série. (Comme nous pouvons résumer en un seul plan une séquence d'images dans un film.) Ainsi que nous l'avons vu à propos de l'espace matériel, un e-pli abstrait peut contenir des éléments syntaxiques (tels des nœuds de plis) permettant une focalisation sur des e-plis du chemin condensé. Un chemin contenant des e-plis abstraits peut être lui-même condensé par des e-plis abstraits d'un niveau supérieur. Les e-plis abstraits développés à partir d'un chemin C entre des e-plis P et P' permettent de frayer des *raccourcis* entre P et P', c'est-à-dire des chemins entre P et P' d'une longueur\* plus courte que C. (Levine et al. (1982) montrent ainsi que les cartes mentales permettent de frayer des raccourcis pour l'espace matériel.)

## 6.2 Degrés d'intégration

Soit un ensemble E de plis élémentaires. Définissons la *toile* T(E) associée à la base E comme la trame obtenue à partir de l'union des chaînes de tous les chemins formés par les éléments de E. T(E) détermine un espace de représentation S(E) sur la base E. Différents degrés d'intégration de S(E) peuvent être définis :

*Degré 1.* La toile T(E) n'est pas un tout unique, c'est-à-dire que deux chaînes de T(E) peuvent ne pas être connectées dans T(E), même par l'intermédiaire d'une autre chaîne de T(E). Un espace S(E)

---

<sup>14</sup> D'une façon générale, l'espace de représentation n'est pas symétrique. Soient deux points matériels A et B : suivant qu'il s'agit d'un trajet A-B ou d'un trajet B-A, des sujets peuvent attribuer des valeurs différentes à la distance entre A et B (Moar et Bower, 1983) et choisir des routes différentes (Bailenson et al., 2000). Or, ce qui est vrai ici pour l'espace matériel vaut *a fortiori* pour un domaine abstrait. Un exemple intéressant est l'espace heuristique associé à la découverte d'une démonstration en mathématiques : à un chemin "synthétique" (des axiomes aux théorèmes) ne correspond pas forcément un chemin "analytique" (remontée des théorèmes aux axiomes). (Nous remercions un des rapporteurs anonymes pour cette remarque.)

de degré d'intégration 1 sera dit *fragmenté*. (Comme une famille F de sites Web dont un site serait sans connexion Hypertext dans F avec les autres sites.)

*Degré 2.* La toile T(E) est un tout unique : deux chaînes quelconques de T(E) sont connectées, au moins par l'intermédiaire d'autres chaînes de T(E). Néanmoins, il n'existe pas forcément de chemin entre deux e-plis quelconques de E, compte-tenu de la non-transitivité de la relation d'accessibilité. Selon nos définitions antérieures, si S(E) a un degré d'intégration au moins égal à 2 (i. e., S(E) est un espace non fragmenté), S(E) est une représentation unifiante. Notons qu'une représentation unifiante peut contenir un sous-espace fragmenté.

*Degré 3.* Nous définissons ce degré d'intégration par une double condition : (a) il existe un e-pli *central* C dans E, c'est-à-dire que pour tout e-pli P de E, il existe un chemin de C vers P, (b) C a un nœud de pli et contient syntaxiquement une occurrence de ce nœud de pli (qui définira la *clef centrale*). (Comme un site Web a généralement une « home » page centrale avec un nom, une occurrence de ce nom figurant dans cette page centrale elle-même.) Le pli central permet d'ordonner les e-plis de E à une unité bien définie et la clef centrale permet d'accéder à cette unité (notamment pour l'attention consciente). Dans ce cas, on peut définir le *code* d'un pli P de E comme la série d'unités symboliques permettant d'accéder à P à partir de la clé centrale. Le code peut être composé de nœuds de pli.<sup>15</sup>

*Degré 4.* Pour tout e-pli P de E, non seulement P est accessible à partir d'un pli central C muni d'une clef centrale, mais le code de P peut lui-même être déployé dans un e-pli abstrait A. (Comme, pour un site Web, « http://.../home'/.../P. » est une représentation syntaxique indiquant le chemin Hypertext vers P à partir de la « home » page.) A fournit donc une clef syntaxique permettant de récupérer immédiatement les informations contenues dans P. Dans ce cas, pour tout pli P de E, il existe un raccourci\* de longueur 3 à partir de l'e-pli central : (C, A, P).

*Degré 5.* L'ensemble de la toile peut être déployé syntaxiquement en un seul e-pli. (Comme un site Web dont l'arborescence Hypertext est déployée en une page.)

D'autres notions intéressantes précisant l'intégration d'un ensemble de plis élémentaires auraient pu être définies, ordonnables ou non par rapport à la hiérarchie sommaire esquissée ci-dessus. (Par

---

<sup>15</sup> Il peut exister plusieurs e-plis centraux dans E. A partir de chacun des e-plis centraux, tous les e-plis de E sont accessibles. Néanmoins, si l'on veut garantir l'unité symbolique d'un tel ensemble multicentrique, une seule clef centrale doit exister. (Comme un pays peut contenir plusieurs villes principales reliées par une route à toute autre ville, mais une seule capitale.)

exemple, les cas où la toile peut être entièrement active ne sont pas situables précisément dans cette hiérarchie.) Néanmoins, cette hiérarchie permet déjà d'aborder quelques questions importantes, et nous esquissons ci-dessous celle de l'unité du contenu de représentation pour un problème complexe : comment « sait-on » qu'il s'agit du même problème si le contenu ne peut être déployé tout entier en une seule représentation ?

### 6.2.1 Représentations unifiées et représentations intégrées

Une représentation unifiée sera définie comme un fragment d'espace de représentation dont l'unité de contenu est appréhendable mentalement, au sens où toute partie de ce contenu a été rapportée à un e-pli central disposant d'une clef centrale. Une représentation unifiée sera donc une représentation unifiante frayée ayant un degré d'intégration au moins égal à 3.

Une *représentation intégrée* sera définie comme un fragment d'espace de représentation permettant d'appréhender *directement l'unité* d'un contenu, au sens où toute partie de ce contenu peut être rapportée *immédiatement* à un e-pli central avec une clef centrale. Le code d'accès à un e-pli de la représentation intégrée doit donc pouvoir être déployé syntaxiquement dans un e-pli abstrait. Une représentation intégrée sera ainsi une représentation unifiante ayant un degré d'intégration au moins égal à 4. (Cette définition assure qu'une représentation intégrée est bien définie avec des chemins frayés, c'est-à-dire déjà parcourus au moins une fois, car un e-pli abstrait ne peut être créé que pour un chemin frayé.) Une *structure d'intégration* sera définie comme le fragment de toile sous-jacent à une représentation intégrée. Tout élément d'une structure d'intégration peut être déployé syntaxiquement dans un e-pli abstrait avec la clef centrale.

Une structure d'intégration peut excéder la mémoire de travail ou même la mémoire active. Mais une structure d'intégration reste limitée par le nombre maximal  $N$  de symboles qui peuvent être présents syntaxiquement dans une représentation analogique. Le code d'un e-pli appartenant à une représentation intégrée comprend au plus  $N$  symboles afin d'être déployable en une seule représentation syntaxique, de telle sorte qu'une structure d'intégration a au plus  $N$  niveaux de profondeur. (La clef centrale étant au niveau 1.)

### 6.2.2 Structures bien articulées

Soit  $N$  le nombre maximal de symboles qui peuvent être syntaxiquement contenus dans une représentation analogique. Nous définirons une *structure bien articulée* comme une structure d'intégration où non seulement le niveau maximal de profondeur est limité à  $N$ , mais le nombre de branches à un niveau  $X$  de profondeur est limité à  $(N-X)$ . Dans une telle structure, toutes les unités

symboliques d'un niveau X peuvent être réunies dans un plan actif avec le code d'accès qui leur est commun. Les plus simples des structures bien articulées sont les arbres à N niveaux où la clef centrale constitue la racine et où chaque nœud de niveau X a (N-X) nœuds-fils. L'intérêt d'une structure bien articulée est de pouvoir embrasser « d'un coup d'œil » (c'est-à-dire dans un seul plan actif) les articulations de la structure en les rapportant à une unité. Par exemple, si la clef centrale (au niveau 1) symbolise un but (e. g., résoudre un problème P), au niveau 2 peuvent figurer (N-1) sous-buts, et la complétude de la décomposition en sous-buts peut apparaître immédiatement en un seul plan actif réunissant les (N-1) sous-buts avec le but.

Supposons que N=7, en admettant que le nombre maximal de symboles présents dans une représentation analogique corresponde au nombre de *chunks* en mémoire à court terme tel que Miller (1956) l'avait évalué. Le nombre total d'éléments dans une structure symbolique bien articulée ne peut alors excéder 1957 éléments :

$$1957 = 1 + 6 + (6 \times 5) + \dots + (6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1)$$

Si chacun de ces éléments était un nœud de pli, 1957 plis élémentaires pourraient ainsi être coordonnés de façon bien articulée...

Bien entendu, il ne faut pas attacher une valeur excessive à un tel calcul abstrait. D'ailleurs, si le nombre de *chunks* en mémoire à court terme est plutôt de l'ordre de N=3 à N=5 (Cowan, 2000 ; Jiang et al., 2000), une structure bien articulée ne comportera qu'entre 5 et 65 éléments :

$$5 = 1 + 2 + (2 \times 1)$$

$$65 = 1 + 4 + (4 \times 3) + (4 \times 3 \times 2) + (4 \times 3 \times 2 \times 1)$$

De plus, des structures comportant plus de symboles qu'une structure bien articulée, mais n'assurant pas une unité aussi stricte, peuvent être plus utiles dans de très nombreux contextes. D'une façon générale, en psychologie, il importe peu de fournir une borne exacte à la taille d'une structure symbolique, bien articulée ou non. Dans la vie quotidienne, il est nécessaire d'utiliser des fragments de toile organisés de façon très variable avec des degrés d'intégration très variés.



### 6.2.3 Tissage d'une toile

Pour simplifier, nous supposons ici qu'aucun chemin frayé\* ne devient un *Holzweg*\*.

Soit un ensemble  $E$  d'e-plis et sa toile  $T(E)$  à un instant  $t$ . A un instant  $t' > t$ , de nouveaux chemins ont pu être construits entre deux e-plis de  $E$  (notamment, des raccourcis\* avec des e-plis abstraits\*). Définissons l'ensemble  $E'$  à  $t'$  tel que  $E'$  contient les éléments de  $E$  et les e-plis des nouveaux chemins qui ont été construits entre  $t$  et  $t'$ . Par itération, on obtient une série d'ensembles  $E, E', E'', \dots$ , définis à des instants successifs, avec des toiles  $T(E), T(E'), T(E''), \dots$ , de plus en plus serrées. Le renforcement de la toile permet une accessibilité plus rapide et plus sûre aux informations déployées dans les plis. De plus, la force des liens entre unités symboliques constituant la chaîne\* d'un chemin peut être accrue à chaque frayage du chemin. Le développement de la toile symbolique et l'accès aux informations déployées analogiquement se favorisent donc réciproquement, exactement comme un réseau de chemins matériels peut être d'autant plus fréquenté qu'il est mieux frayé et d'autant mieux frayé qu'il est fréquenté. (Ou comme des connexions synaptiques sont d'autant plus stables qu'elles sont utilisées et *vice-versa*).

Par exemple, un sujet peut développer progressivement une carte\* mentalement intégrée d'un espace matériel, que ce soit à partir d'une navigation réelle ou de la lecture de texte. La formation de plis abstraits permet notamment la planification d'un chemin par « survol » et un pli élémentaire central\* peut fournir une vue d'ensemble à « vol d'oiseau » analogue à l'image visuelle fournie directement par une carte réelle (e. g., Thorndyke et Hayes-Roth, 1982 ; Perrig et Kintsch, 1985 ; Taylor et Tversky, 1992 ; Ferguson et Hegarty, 1994 ; Taylor et al., 1999).

De façon générale, la maîtrise d'un domaine nécessite le développement d'une toile renforcée. Par exemple, la résolution de problèmes complexes\* exige la formation de structures symboliques\* enchaînant rapidement les e-plis dans une représentation unifiante\* aussi intégrée que possible (d'où l'utilité des nœuds de pli\*). Pour illustrer ce point, l'exemple de l'élaboration de la compréhension d'une démonstration en mathématiques est traité dans l'Annexe I.

## 7. COMPLEXIFICATION

Une étude plus fine du système de représentation d'un sujet réel montrerait de nombreuses contraintes contribuant à la *complexification* de l'espace de représentation (i. e., l'augmentation de son nombre de plis, d'où un contenu plus complexe\*), voire à sa *fragmentation* (i. e., l'obtention d'un espace fragmenté\*). Nous nous limitons ci-dessous à aborder quelques points importants pour la

psychopathologie et à introduire les éléments indispensables pour parvenir à la définition de la notion de processus de défense.

### 7.1 Interruption

L'encodage de l'information se fait de façon discontinue, selon des séquences temporelles variées, dans des contextes variés. Par exemple, lors du traitement actif d'une zone de l'espace de représentation, une interruption urgente, médiatisée par une émotion (Oatley et Johnson-Laird, 1987), peut exiger une solution immédiate et détourner les ressources (notamment le plan de travail) vers une autre zone. De même, la compréhension d'histoires embrouillées implique le changement d'une « substructure » à une autre (Gernsbacher et al., 1990) ; la construction d'un modèle spatial à partir d'un texte est plus difficile lorsque la description introduit des fragments discontinus (K. Ehrlich et Johnson-Laird, 1982) ou suit un ordre inattendu (Denis et Denhière, 1990) ; des discontinuités relatives au temps, à l'espace ou aux personnages d'un récit rendent difficile l'intégration de l'information et entraînent des changements de modèle ou substructure (Scott Rich et Taylor, 2000) ; les inconsistances temporelles d'un récit empêchent la formation d'un modèle de situation intégré (Rinck et al., 2001).

Soit un chauffeur de taxi, Joe, débutant dans une ville V inconnue. Supposons que Joe découvre V au fur et à mesure de ses courses, en obéissant à des procédures ordonnées complètement par ses clients, sans pouvoir jamais explorer V systématiquement, ni consulter une carte, ni réfléchir à son travail. Joe a alors peu d'occasions de réaliser des A-chaînon\* entre les chemins\* mentaux déterminés par ses trajets concernant V. Si certains A-chaînon manquent, Joe ne peut reconstituer l'ensemble de V, même s'il est passé par tous les endroits de la ville. Un observateur extérieur pourrait dresser une carte unifiée de la ville à partir des trajets de Joe, mais cette carte ne serait qu'un pseudo-pli\* relativement à l'espace de représentation de Joe. L'observateur pourrait croire à tort que certains pseudo-chemins\* possibles dans ce pseudo-pli peuvent être parcourus par Joe.

A l'instar de Joe pour la ville V, confrontés à un domaine énigmatique, nous construisons des modèles partiels au fur et à mesure des bribes d'information qui nous parviennent, en tentant parfois de les unifier, mais nous ne pouvons reconstituer généralement le puzzle en entier, même si nous avons tous les morceaux. De plus, nous avons rarement tous les morceaux et nos morceaux sont souvent inexacts et inajustables entre eux. Par exemple, nos cartes mentales sont souvent distordues (R. W. Byrne, 1979 ; Tversky, 1981 ; Moar et Bower, 1983 ; Girardo et Pailhous, 1994).

## 7.2 Tension et solution

### 7.2.1 Espace actif

Définissons une *solution* comme une évolution de la structure active\* diminuant sa tension\*. Rappelons que le flux des représentations actives est régi par un principe de minimalisation de la tension (principe de solution), de telle sorte que le système cherche continuellement de nouvelles solutions. La tension serait minimale si tous les éléments actifs pouvaient être codéployés en un seul plan actif.

Définissons l'*espace actif* comme les fragments de l'espace de représentation qui correspondent à la structure active avec la convention que chaque nœud interférent\* correspond à un e-pli spécial non unifié analogiquement aux autres e-plis de l'espace actif. L'espace actif est donc l'ensemble d'e-plis constitué par le plan de travail\*, le plan interférent\* s'il existe, et les e-plis spéciaux attribués aux nœuds interférents. Le principe de solution tend à faire évoluer l'espace actif vers une représentation analogique unifiante\*, c'est-à-dire un pli\* unique, la tension étant minimale si ce pli unique est condensé en un seul e-pli déployé dans un seul plan actif.

Par exemple, supposons que l'espace actif du chauffeur Joe se limite à des fragments concernant la ville V, qu'aucune interruption exigeant une solution immédiate ne survient, et, plus généralement qu'aucun nouvel élément n'est activé. Selon le principe de solution, la tension sur la structure active tend à être progressivement minimalisée, ce qui revient à ce que le nombre de plis de l'espace actif diminue. Si Joe peut créer les A-chaînon nécessaires, tous les éléments actifs pourront être déployés dans un unique pli. A la fin, tous les éléments actifs seront codéployés dans un seul e-pli abstrait\* actualisé dans un seul plan actif. (Dans la vie réelle, un tel déploiement unique est en règle impossible, car de nouveaux éléments sont continuellement activés : il existe donc toujours des nœuds interférents, voire un plan interférent.)

### 7.2.2. Tension de l'espace de représentation

L'espace actif n'est qu'une partie très réduite de l'espace de représentation. La tendance à unifier analogiquement l'espace actif peut se faire au détriment d'autres zones. La configuration\* de l'espace total peut évoluer vers une complexification, voire une fragmentation, ceci en raison même du principe de solution.

Pour le montrer, il est utile de pouvoir définir une tension, non seulement pour une structure active, mais aussi pour un espace de représentation. La *tension d'un espace de représentation* sera ici définie sommairement comme le nombre de ses plis : plus un espace de représentation est plié, plus le contenu de cet espace est complexe, plus la tension est élevée. Un déploiement analogique maximal correspond donc à une tension minimale. Dans le cas d'un espace

fragmenté, nous admettrons pour simplifier que la tension de l'espace global est égal à la tension du fragment le plus tendu. (Intuitivement, un fragment F1 d'un espace S ne peut exercer de tension sur un autre fragment F2 de S si F1 et F2 ne sont pas connectés dans S.)

Un espace de représentation S est virtuel, de telle sorte que sa tension est virtuelle, mais quand certains éléments de S sont activés, une tension réelle est exercée sur la structure active actualisée par ces éléments, en fonction des nœuds interférents et de l'éventuel plan interférent. Plus la tension de S est élevée, plus grande est la probabilité que la tension soit élevée sur la structure active.

La *tension globale* sera par définition la tension exercée sur l'ensemble d'un espace de représentation. Pour toute partie P d'un espace de représentation, une *tension locale* peut aussi être définie comme le nombre de plis de P. Une *solution globale* sera par définition une solution\* réduisant la tension globale. Une *solution locale* pour une partie P de l'espace de représentation sera une solution réduisant la tension sur P. Notons qu'une solution globale pour un espace de représentation S peut n'être que locale pour un espace S' englobant S.

Une solution réorganise la trame de façon à déterminer une solution locale pour l'espace actif, mais la tension globale de la configuration peut augmenter car les éléments de la trame sont associés de multiples façons et peuvent contribuer à de nombreux plis élémentaires. Comme le plan de travail offre seulement un point de vue très local sur la configuration, un sujet ne peut savoir si une solution est globale pour son espace de représentation entier.

### 7.3 Processus de défense et événements traumatiques

La psychologie clinique montre que des informations stockées en mémoire peuvent ne pas être récupérables en raison de « mécanismes de défense » déclenchés par un « conflit » entre représentations incompatibles (e. g., A. Freud, 1946/1996 ; *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*, American Psychiatric Association, 1994). Définissons ici un *conflit* comme une incompatibilité entre fragments du plan de travail. D'après les règles fonctionnelles posées pour la structure active\*, une telle incompatibilité suscite une tension maximale, de telle sorte qu'une solution\* est nécessaire (selon le principe de solution). Nous pouvons alors définir un *processus de défense* comme une solution à un conflit telle que l'un des fragments conflictuels est déchargé du plan de travail sans être analysé complètement. L'analyse du fragment déchargé étant incomplète, son évaluation est inachevée et il doit rester actif sous une forme interférente. (Rappelons qu'en dehors du plan de travail, la décroissance de l'activation d'une représentation est lente, le plan de travail étant le seul plan où l'information peut être évaluée.)

Selon Horowitz (1986, 1990), une « tendance à la complétude » induit un sujet humain à intégrer toute information nouvelle à son

modèle du monde, un « traumatisme » se produisant lorsqu'un événement ne peut être intégré dans ce modèle du monde. Ceci peut facilement être reformulé dans notre cadre conceptuel : selon le principe de solution, tout événement tend à être intégré dans l'espace de représentation, un événement pouvant être défini comme *traumatique* s'il suscite un processus de défense. L'événement traumatique complexifie l'espace de représentation en formant un pli non-codéployable avec la configuration antérieure.

Précisons les étapes d'une séquence traumatique : (a) un événement (e. g., un accident) suscite une représentation analogique A déployée en plan de travail, (b) un fragment de trame est associé progressivement à A, (c) certains éléments de la trame de A réactivent par association un fragment F de la mémoire, (d) A et F sont incompatibles et entrent en conflit, (e) A est déchargé du plan actif par un processus de défense (par exemple, par un mécanisme d'inhibition), (f) A devient donc un fragment interférent qui ne peut être désactivé que lentement.

Le fragment interférent perturbe le flux d'activation, tendant à faire retour dans le plan de travail (selon le principe de solution). Même si le fragment interférent finit par être désactivé, il reste une source de tensions potentielles importantes, n'ayant pas été unifié avec l'espace de représentation.

Une représentation traumatique est d'autant plus longue à élaborer (i. e., à réinsérer au sein d'un espace de représentation unifié) qu'elle est incompatible avec des zones étendues de la configuration antérieure. Ainsi, un deuil peut être d'autant plus difficile à surmonter que de nombreux plis de l'espace de représentation de l'endeuillé sont associés à l'être perdu et sont incompatibles avec sa mort (voir S. Freud, 1917/1996 ; Horowitz, 1990 ; Plagnol, 2002a).

Quant l'événement traumatique est incompatible avec un postulat fondamental portant sur le sens de l'existence, une évolution de la configuration entière serait nécessaire pour intégrer l'événement dans un espace de représentation unifié. Ceci peut s'observer dans les névroses traumatiques où l'événement traumatique est hors du commun et confronte analogiquement à la mort (e. g., vision de cadavres), ce qui met en jeu des postulats fondamentaux commandant tout l'équilibre de l'espace de représentation (Barrois, 1988 ; Janoff-Bulman, 1992 ; Plagnol, 2002-a).

## CONCLUSIONS

Résumons notre théorie sous la forme de cinq principes :

1. *Principe de médiation* : les représentations symboliques sont indirectes ; seules les représentations analogiques représentent effectivement.
2. *Principe de plissage* : l'espace de représentation est plissé en raison de contraintes objectives.
3. *Principe de pliage* : l'espace de représentation est plié en raison des limitations de la mémoire de travail.
4. *Principe de zigzag* : la navigation dans un domaine complexe nécessite des fragments symboliques codant et enchaînant des fragments analogiques, et, inversement, des projections analogiques déployant ce qui est codé symboliquement.
5. *Principe de solution* : l'évolution de la structure active tend à minimaliser sa tension.

Après ces 79 définitions et 5 principes, qu'en est-il du triple défi posé dans l'introduction ?

La construction de notre cadre conceptuel nous a permis au moins d'aborder ce défi : (1) la navigation ou le frayage d'un chemin dans un espace mental ont reçu un sens précis, (2) nous avons pu formuler des problèmes concernant aussi bien la représentation de l'espace matériel (§ 5.1) que la compréhension des démonstrations mathématiques (Annexe I) ou des récits de fiction (§ 5.2) même si nous avons un peu négligé la navigation érotique, (3) les premières pierres pour construire une psychopathologie ont été posées avec la définition des notions d'évènement traumatique et de processus de défense.

Certes, de nombreux points n'ont été qu'esquissés. Les limites de notre théorie spéculative résident moins dans un manque de validation empirique (non pertinente ici) que dans son incomplétude : la fondation de certains principes a pu paraître un peu rapide, des contraintes importantes sur la structure de représentation n'ont pas été prises en compte (e. g., les contraintes affectives, d'où les limitations du cadre esquissé ici relativement à l'érotique), des comparaisons plus détaillées avec d'autres cadres conceptuels auraient été utiles. Cependant, aucune de ces limites ne paraît insurmontable car notre cadre conceptuel laisse présager la possibilité de donner un sens rigoureux à la notion de fondation elle-même (grâce au principe de médiation) ou de formuler une théorie des émotions plus riche que dans les modèles qui n'envisagent que des contenus de représentation restreints.

Quoi qu'il en soit de ces limites, notre théorie suggère de nouveaux outils applicables à toutes les disciplines impliquant un espace de représentation. Donnons trois exemples d'applications potentielles :

1. En psychologie cognitive, notre théorie peut contribuer à la modélisation et à la conception d'expériences nouvelles dans les domaines impliquant une navigation dans un espace virtuel, comme nous l'avons suggéré à propos de la représentation de l'espace matériel, de la compréhension de texte ou de la résolution de problème.
2. En psychopathologie, notre théorie peut contribuer à donner un sens précis à l'intuition selon laquelle un trouble psychique correspond à une *fermeture* mentale défensive (Plagnol, 2000). En effet, on peut analyser la logique sous-jacente à chaque syndrome en montrant comment certains processus de défense et certains modes de structuration de l'espace de représentation se déterminent réciproquement. Par exemple, on peut associer la dissociation schizophrénique à un espace fragmenté\* (Plagnol et al., in press), le ralentissement dépressif à un espace « rétracté » (Plagnol, 2002b), l'excitation maniaque à un espace « dilaté » (Plagnol, 2003).
3. En épistémologie, notre théorie suggère des développements applicables à la validation d'une théorie. En effet, on peut considérer qu'une théorie est la trame\* symbolique d'un espace de représentation.<sup>16</sup> Dans cette perspective, une théorie vise à fournir une solution\* pour un ensemble de données sensibles (i. e., une meilleure unification analogique) : les données sensibles sont des représentations analogiques qui déterminent certains plis élémentaires\*, les propositions élémentaires permettent d'analyser les plis élémentaires, et les complexes symboliques permettent de coordonner les plis. Or, si l'on suit Quine (1953a) ou Duhem (1906/1981, 1908/1990), le choix d'une théorie est sous-déterminé par les données disponibles : ceci signifie dans notre cadre que de multiples espaces de représentation sont compatibles avec les données, chaque espace de représentation correspondant à une théorie (i. e., une théorie n'est rien d'autre qu'un système de pliage\* des données disponibles). Le degré de validité d'une théorie est alors définissable comme une fonction inverse de la tension globale\* sur l'espace de représentation associé à cette théorie.

---

<sup>16</sup> Les connexions correspondent aux partages d'arguments entre énoncés et aux instanciations de propositions abstraites/quantifiées.

Baddeley (1992) soulignait qu'une théorie psychologique peut être productive même si elle n'est pas directement testable, notamment par une expérience cruciale. La théorie des plis psychiques est trop abstraite pour être soumise à une expérience cruciale, même si elle est connectée indirectement à l'expérience. D'après l'épistémologie qu'elle suggère elle-même, cette théorie doit être évaluée globalement par sa capacité à déplier l'espace de représentation en psychologie, c'est-à-dire à réduire la tension sur cet espace en offrant un pouvoir optimisé de représentation des problèmes de psychologie, ce qui inclut la possibilité de construire des expériences nouvelles et des concepts nouveaux permettant d'enrichir cet espace.



## ANNEXE I : LA COMPREHENSION D'UNE DEMONSTRATION EN MATHÉMATIQUES

Nous nous limitons ci-dessous à formuler quelques points illustrant certains concepts définis dans notre article.

Considérons une démonstration dans un manuel de mathématiques. Mentalement, le lecteur de la démonstration doit effectuer un chemin\* où les prémisses sont représentées syntaxiquement dans un *e-pli de départ* et la conclusion est représentée syntaxiquement dans un *e-pli d'arrivée*. Une hiérarchie de buts est souvent utile (e. g., Newell, 1990). Pour chaque sous-but, un chemin doit alors être frayé entre un e-pli de départ et un e-pli d'arrivée. Une progression s'effectue à partir de l'e-pli de départ par des projections\* déployant le contenu des symboles ou par des abstractions\* réanalysant ce qui est déployé.<sup>17,18</sup> Il est souvent utile de progresser aussi à partir de l'e-pli d'arrivée par un chemin rétrograde. Si l'extrémité du chemin antérograde et l'extrémité du chemin rétrograde ne peuvent être identifiées, elles constituent deux *e-plis critiques* définissant un *passage critique*. Un chaînon artificiel\* (dénué de sens mathématique) permet au lecteur de juxtaposer en mémoire les e-plis critiques du passage critique. La compréhension de la démonstration nécessite alors de substituer au passage critique un chemin ayant une signification mathématique. La hiérarchie de buts et les passages critiques dépendent fortement de l'expertise du lecteur de la démonstration.

Un lecteur « novice » commence souvent par vérifier une démonstration pas à pas, en s'aidant de la formalisation et du manuel, sans discerner les structures mathématiques profondes impliquées, ni les points-clefs de la démonstration. Sa première lecture ne lui fournit souvent qu'un *Holzweg*\* non reconstituable. Au contraire, un lecteur « expert » est capable de discerner les points-clefs de la démonstration, en comprenant la nécessité d'une prémisses ou d'un lemme préparatoire. L'expert peut saisir les structures mathématiques profondes sous-jacentes au théorème, ainsi que les connexions du

---

<sup>17</sup> Etant donné que le contenu des mathématiques est de nature symbolique, les projections analogiques fournissent encore des éléments symboliques déployés syntaxiquement. Dans un langage formel, le développement d'une définition mathématique apparaît ainsi comme une pure règle de symboles, le *definiendum* n'étant qu'une abréviation du *definiens* (voir Quine, 1953b), mais, psychologiquement, il y a bien projection du *definiendum* dans un pli élémentaire déployant le *definiens*.

<sup>18</sup> Polk & Newell (1995) développent la notion de *raisonnement verbal*. Le raisonnement verbal est basé sur un mécanisme de réencodage apparenté à la double opération de projection/abstraction. Cette double opération peut aussi être rapprochée de la décomposition de *chunks* lors de la résolution de problèmes (Knoblich et al., 1999).

théorème avec les axiomes (parfois à travers un réseau compliqué de théorèmes intermédiaires). L'expert se passe généralement d'une formalisation trop détaillée et peut reconstituer sans manuel la démonstration.

La vérification du novice ne nécessite pas en mémoire une représentation intégrée\*. La hiérarchie de buts est fournie plus ou moins explicitement par le manuel. Le chemin mental peut à la limite se réduire à des plis trivialisant\* ou simplifiant\* chaque étape correspondant à une inférence logique. Une inférence logique formalisée correspond mentalement à un pli\* unifiant quelques plis élémentaires (e. g., pour un *modus ponens* : deux e-plis pour les prémisses, un pour la conclusion). Par analyse, les formes syntaxiques des prémisses et de la conclusion sont identifiées (« matchées ») à la forme abstraite d'un schéma d'inférence représentée elle-même dans un pli. Un manuel permet ainsi au lecteur d'atteindre rapidement des étapes logiques élémentaires, sans nécessité de développer en profondeur les structures mathématiques concernées.<sup>19</sup>

Pour comprendre en profondeur une démonstration, le lecteur expert ne peut se satisfaire du chemin abstrait et aplani d'une simple vérification. Le tissage d'une structure symbolique\* lui est alors nécessaire pour saisir l'unité de la démonstration et pouvoir la reconstituer facilement en mémoire. Le chemin mental doit aussi faire apparaître les points-clefs de la démonstration qui marquent ses véritables difficultés. Ces points-clefs constituent des passages critiques pour l'expert, mettant en jeu les structures mathématiques profondes impliquées dans le théorème. L'effort de compréhension experte réside donc dans la recherche des *plis-clefs* permettant une trivialisant (i. e., l'obtention d'un contenu trivial\*) des passages critiques correspondant aux points-clefs de la démonstration. Un pli-clef P doit déployer une structure mathématique telle que les e-plis d'un passage critique apparaissent comme des produits abstraits de P par analyse (et non comme des instanciations d'un schéma abstrait d'inférence).

La synthèse d'un pli-clef nécessite donc de développer en profondeur les structures mathématiques impliquées dans les prémisses, par des projections successives, pour que les e-plis critiques puissent contenir l'information la plus riche possible. Pour permettre un tel effort cognitif, il est nécessaire de condenser par des raccourcis\* les chemins conduisant aux e-plis critiques. Ces raccourcis utilisent des e-plis abstraits\* et peuvent être réactivables à

---

<sup>19</sup> Toutefois, hormis lors de la lecture de certains ouvrages de logique dans lesquels toutes les étapes d'une démonstration sont parfois explicitées, le chemin mental nécessaire est rarement réduit à la reproduction simple d'une suite d'inférences purement syntaxiques, de telle sorte que seul le codage abstrait d'un langage formel serait déployé dans des plis successifs. En effet, le lecteur doit souvent lui-même développer une définition, saisir par analyse un aspect d'une structure mathématique, etc...

partir de nœuds interférents\*. De cette façon, le plan de travail et le plan interférent sont disponibles pour les e-plis critiques, tout le reste du chemin étant réactivable rapidement si nécessaire. Idéalement, le lecteur parvient à une représentation intégrée\* : une structure d'intégration\* permet de condenser les points faciles de la démonstration en quelques e-plis abstraits rapidement enchaînés, les points-clefs sont trivialisés dans des projections partielles (plis-clefs), et l'unité de la démonstration est saisie par une bonne articulation de l'ensemble. Par le choix des bonnes projections en profondeur, un mathématicien arrive ainsi à « trivialisier » une démonstration en apparence complexe et à comprendre comment celle-ci a pu être découverte.

Illustrons ceci en esquissant un chemin pour la démonstration de l'équation «  $(2 + 2) = 4$  » (voir Frege, 1884/1969 ; Poincaré 1902/1968). L'e-pli de départ contient «  $2+2$  ». L'e-pli d'arrivée contient «  $4$  ». Pour comprendre pourquoi cette équation est vraie, il faut frayer un chemin transformant le contenu du pli de départ afin de parvenir au contenu du pli d'arrivée, en développant les définitions des symboles numériques. Des projections successives à partir du pli de départ fournissent par exemple la série d'e-plis : «  $2+2$  », «  $(1+1) + 2$  », «  $(1+1) + (1+1)$  ». Des projections successives à partir de l'e-pli d'arrivée fournissent par exemple la série : «  $4$  », «  $3+1$  », «  $(2+1) + 1$  », «  $((1+1)+1)+1$  ». On aboutit ainsi à préparer deux e-plis critiques «  $(1+1) + (1+1)$  » et «  $((1+1)+1)+1$  », soit P1 et P2. Les séries conduisant à P1 et P2 peuvent être raccourcies par des e-plis abstraits. Un chaînon artificiel permet au lecteur de juxtaposer P1 et P2 en un seul passage critique. Il ne reste qu'à combler ce passage d'une façon mathématiquement signifiante.

Un lecteur se contentant d'une compréhension superficielle utilisera l'axiome arithmétique d'associativité et analysera le passage critique entre P1 et P2 comme une instanciation d'un pli représentant le schéma abstrait d'associativité.<sup>20</sup> Cette compréhension superficielle ne fait pas comprendre la signification profonde de l'associativité qui a seulement été posée par axiome.

Un lecteur voulant au contraire comprendre en profondeur la vérité de l'équation «  $(2+2) = 4$  » pourra descendre jusqu'au pli-clef «  $(1+1)+1+1$  » (P). P1 et P2 apparaissent alors immédiatement comme deux façons d'analyser symboliquement P (c'est-à-dire un déploiement de trois entités abstraites). La raison profonde de la vérité de l'équation est ainsi mise en évidence. Si le rôle de l'associativité dans l'arithmétique n'était pas encore reconnu -- ceci aurait été le cas de Leibnitz, d'après Frege (1884/1969) -- il devient

---

<sup>20</sup> Un mini-chemin peut être frayé pour vérifier l'associativité de façon strictement logique en utilisant les axiomes logiques et l'axiome d'associativité de l'arithmétique.

possible d'exhiber ce rôle dans le cas spécifique de  $P$ , puis de généraliser par abstraction et de poser l'associativité par axiome.<sup>21</sup>

Pour une théorie mathématique complète, même un mathématicien savant peut ne pas être en mesure d'évoluer dans une représentation complètement intégrée pour tous les détails de la théorie allant des axiomes aux théorèmes finaux. Ce mathématicien doit donc constituer une hiérarchie de représentations intégrées. Les e-plis centraux\* des théorèmes intermédiaires constituent en quelque sorte des « plis de repos » permettant au mathématicien de s'élancer par abstraction vers de nouveaux sommets de l'espace de représentation ou de descendre par projection vers de nouveaux gouffres. (Ces gouffres sont parfois sans fond, comme dans certains paradoxes fameux : voir de Rouilhan, 1996.)

---

<sup>21</sup> On notera la nécessité d'indices d'abstraction implicites pour marquer le résultat de chaque projection, afin d'assurer la généralité du raisonnement -- qui ne doit pas être vrai seulement pour certaines occurrences de "1" -- ou de permettre une axiomatisation avec des énoncés quantifiés, de telle sorte que l'associativité soit vraie pour tous les groupements de nombres.

## ANNEXE II : INDEX DES DEFINITIONS

La numérotation ci-dessous renvoie à la section (et ses subdivisions) où une notion est définie.

*A-chaînon* : chaînon unifiant analogiquement deux plis élémentaires (3.2).

*abstraction* : formation d'unités symboliques à partir de représentations analogiques (1.3).

*accessibilité* : entre deux plis élémentaires P et P', existence d'au moins un chemin de P à P' (6.1.1).

*base (d'un pli élémentaire P)* : fragment de la trame se projetant dans P ou abstrait à partir de P (5.5).

*carte mentale* : pli pour l'espace matériel (5.1).

*chaîne* : ensemble des bases des plis élémentaires constituant un chemin et des chaînons connectant ces bases (6.1).

*chaînon* : fragment de structure symbolique enchaînant deux plis élémentaires consécutivement dans une représentation unifiante (3.2).

*chaînon artificiel* : chaînon qui n'est pas un A-chaînon (3.2).

*chemin* : série (P, ..., P') de plis élémentaires pouvant occuper successivement un plan actif (6.1).

*chemin frayé* : chemin parcouru au moins une fois (6.1).

*chemin latent* : chemin jamais parcouru mais pour lequel la trame symbolique fournit les chaînons nécessaires (6.1).

*clef centrale* : occurrence d'un noeud de pli pour un pli élémentaire central C et contenue syntaxiquement dans C (6.2).

*code* : dans une représentation unifiante, série d'unités symboliques permettant d'accéder à un pli élémentaire à partir d'une clé centrale (6.2).

*compartimentation* : séparation fonctionnelle entre deux ensembles de représentations (4).

*complexe (contenu)* : contenu non simple (5).

*complexification* : augmentation du nombre de plis de l'espace de représentation (7).

*configuration* : espace de représentation à un instant donné (3.2).

*conflit* : incompatibilité entre fragments du plan de travail (7).

*e-pli* : voir *pli élémentaire*.

*espace actif* : fragments de l'espace de représentation correspondant à la structure active (7.2.1).

*espace de représentation* : univers représenté à partir d'une mémoire subjective (introduction). Union de toutes les représentations unifiantes (3.2).

*espace fragmenté* : espace dont la toile n'est pas un tout unique (6.2).

*évènement traumatique* : évènement suscitant un processus de défense (7).

*focalisation* : projection à partir d'un symbole inclus syntaxiquement dans une représentation analogique (1.3).

*focus attentionnel* : unités de la trame à court terme fortement activées à un instant donné (2.1.1).

*fragmentation* : obtention d'un espace fragmenté (7).

*histoire (d'un pli élémentaire P)* : série des plis élémentaires ayant été activés avant P (6.1.1).

*Holzweg* : chemin frayé transitoirement et qui n'est plus reconstituable (6.1).

*longueur (d'un chemin)* : nombre de plis élémentaires du chemin (6.1).

*mémoire* : ensemble des représentations (2.1.1).

*mémoire de travail* : ensemble du plan de travail et de sa trame (2.1.3).

*mémoire interférente* : ensemble de la mémoire active en dehors de la mémoire de travail (2.1.3).

*modèle unifiant* : représentation reconstituée à partir de plis élémentaires (3.1).

*nœud de monde* : unité symbolique indiquant un monde possible (4).

*nœud de pli* : unité symbolique fortement connectée à tous les nœuds de la base d'un pli (5.5).

*plan actif* : représentation analogique déployée à un instant donné (2.1.1).

*plan de travail* : plan actif associé au focus attentionnel (2.1.1).

*plan interférent* : plan éventuellement actif outre le plan de travail (2.1.1).

*pli* : représentation unifiante analogique (3.1).

*pli élémentaire (ou e-pli)* : représentation analogique actualisable dans un plan actif (3.1).

*pli élémentaire abstrait* : pli élémentaire condensant plusieurs autres plis élémentaires (5.1).

*pli élémentaire central* : dans une représentation unifiante R, pli élémentaire C tel qu'il existe au moins un chemin entre C et tout autre pli élémentaire de R (6.2).

*pliage* : contrainte subjective de non-unification analogique exercée sur l'espace de représentation, en raison des limites du plan de travail (5.1).

*plissage* : contrainte objective de non-unification analogique exercée sur l'espace de représentation, en raison de différents mondes possibles représentés (4).

*processus d'analyse* : processus évaluant l'information en plan de travail (2.1.2).

*processus de défense* : solution à un conflit telle que l'un des fragments conflictuels est déchargé du plan de travail sans être analysé complètement (7).

*projection* : déploiement d'une représentation analogique à partir de représentations symboliques (1.3).

*pseudo-chemin (à un instant T)* : série de e-plis pour laquelle la chaîne nécessaire n'existe pas à l'instant T (6.1).

*pseudo-pli* : pseudo-unification analogique (3.1).

*pseudo-unification* : modèle unifiant reconstitué par un observateur extérieur au sujet (3.1).

*raccourci* : à partir d'un chemin C entre deux plis élémentaires P et P', frayage d'un chemin moins long que C (6.1.2).

*représentation analogique* : représentation déployant un ensemble structuré d'éléments dans l'espace, la structure étant partiellement identique à celle de la situation représentée (1.1).

*représentation intégrée* : fragment d'espace de représentation dont l'unité de contenu est appréhendable directement, au sens où toute partie de ce contenu est rapportable immédiatement à un pli élémentaire central disposant d'une clef centrale (6.2.1).

*représentation symbolique* : représentation dont la forme est arbitraire relativement au contenu représenté (1.2).

*représentation syntaxique* : déploiement de symboles sur une surface (1.1).

*représentation unifiante* : modèle unifiant reconstituable à partir de la mémoire subjective elle-même, les plis élémentaires constituant ce modèle unifiant étant enchaînables effectivement par des fragments de la trame (3.1).

*représentation unifiante frayée* : représentation unifiante reconstituée effectivement au moins une fois (3.1).

*représentation unifiée* : fragment de l'espace de représentation dont l'unité de contenu est appréhendable, au sens où toute partie de ce contenu a été rapportée à un pli élémentaire central disposant d'une clef centrale (6.2.1).

*simple (contenu)* : contenu qui peut être complètement déployé dans un pli (5).

*simplification* : obtention d'un contenu simple (Annexe I).

*solution* : évolution de la structure active diminuant sa tension (7.2.1).

*solution globale* : solution réduisant la tension globale (7.2.2).

*solution locale* : solution réduisant la tension sur une partie de l'espace de représentation (7.2.2).

*structure active* : ensemble organisé des plans actifs et de la trame active (2.1.3).

*structure bien articulée* : structure d'intégration telle que si le niveau maximal de profondeur est  $N$ , le nombre maximal de branches à un niveau  $X$  de profondeur est  $(N-X)$  (6.2.2).

*structure d'intégration* : fragment de toile sous-jacent à une représentation intégrée (6.2.1).

*structure symbolique* : fragment de trame permettant d'enchaîner des plis élémentaires dans une représentation unifiante (3.2).

*tension* : contraintes quant à la dynamique de l'activation exercées sur la structure active en raison des fragments interférents (2.1.3).

*tension d'un espace de représentation* : nombre des plis de l'espace de représentation (7.2.2).

*tension globale* : tension de l'ensemble d'un espace de représentation (7.2.2).

*tension locale* : tension d'une partie d'un espace de représentation (7.2.2).

*trame* : ensemble des unités symboliques (2.1.1).

*trame à court terme* : ensemble des unités symboliques (noeuds) transitoires (2.1.1).

*trame à long terme* : ensemble des unités symboliques (noeuds) stables (2.1.1).

*trame active* : ensemble des unités symboliques (noeuds) ayant une valeur d'activation non nulle (2.1.1).

*toile* : trame obtenue avec toutes les structures symboliques en identifiant les chaînons communs (3.2).

*trivial* (contenu) : contenu n'exigeant qu'un pli élémentaire pour être complètement représenté analogiquement (4).

*trivialisation* : obtention d'un contenu trivial (Annexe I).

*union* : réunion de deux représentations unifiantes par identification de leurs plis élémentaires et chaînons communs (3.2).



### References

- Aasman J. & Michon J. A. (1992) Multitasking in driving, in Michon J. A. & Akyürek A. (éds.) *Soar: A cognitive architecture in perspective*, Dordrecht, Kluwer Academic, pp. 169-198.
- American Psychiatric Association. (1994) *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4e éd.), Washington, Author.
- Anderson J. R. (1976) *Language, memory and thought*, Hillsdale, Erlbaum.
- Anderson J. R. (1978) Arguments concerning representations for mental imagery, *Psychological Review*, 85, pp. 249-277.
- Anderson J. R. (1983) *The architecture of cognition*, Cambridge, Harvard University Press.
- Baddeley A. (1986) *Working memory*, Oxford, Oxford University Press.
- Baddeley A. (1992) Is working memory working? The fifteenth Bartlett lecture, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44A, pp. 1-31.
- Bailenson J. N., Shum M. S. & Uttal D. H. (2000) The initial segment strategy: A heuristic for route selection, *Memory & Cognition*, 28, pp. 306-318.
- Barrois C. (1988) *Les névroses traumatiques*, Paris, Dunod.
- Barsalou L. W. (1999) Perceptual symbol systems, *Behavioral and Brain Sciences*, 22, pp. 577-660.
- Bower G. H. & Rinck M. (2001) Selecting one among many referents in spatial situation models, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, pp. 81-98.
- Brandimonte M. A. & Gerbino W. (1993) Mental image reversal and verbal recoding: When ducks become rabbits, *Memory & Cognition*, 21, pp. 23-33.
- Byrne R. W. (1979) Memory for urban geography, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31, pp. 147-154.
- Byrne R. M. J. & Tasso A. (1999) Deductive reasoning with factual, possible and counterfactual conditionals, *Memory & Cognition*, 27, pp. 726-740.
- Clifton C. Jr. & Slowiaczek M. L. (1981) Integrating new information with old knowledge, *Memory & Cognition*, 9, pp. 142-148.
- Cowan N. (1993) Activation, attention, and short-term memory, *Memory & Cognition*, 21, pp. 162-167.
- Cowan N. (2000) The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity, *Behavioral and Brain Sciences*, 24, pp. 87-185.
- De Rouilhac Ph. (1996) *Russell et le cercle des paradoxes*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Denis M. (1989) *Image et cognition*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Denis M. & Denhière G. (1990) Comprehension and recall of spatial descriptions, *European Bulletin of Cognitive Psychology*, 10, pp. 115-143.

- Denis M. & de Vega M. (1993) Modèles mentaux et imagerie mentale, in Ehrlich M.-F., Tardieu H. & Cavazza M. (éds.) *Les modèles mentaux : approche cognitive des représentations*, Paris, Masson, pp. 79-100.
- Dopkins S. (1997) Text representations as reflected in patterns of cognitive distance, *Memory & Cognition*, 25, pp. 72-95.
- Drestke F. (1988) *Explaining behavior, reasons in a world of causes*, Cambridge, MIT Press.
- Duhem P. (1981) *La théorie physique : son objet, sa structure* (2e éd. rév.), Paris, Librairie Philosophique J. Vrin. (Oeuvre originale publiée en 1906)
- Duhem P. (1990) *ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ. Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*, Paris, Librairie Philosophique J. Vrin. (Oeuvre originale publiée en 1908)
- Ehrlich K. & Johnson-Laird P. N. (1982) Spatial descriptions and referential continuity, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, pp. 296-306.
- Ehrlich M.-F. & Tardieu H. (1993) Modèles mentaux, modèles de situation et compréhension de textes, in Ehrlich M.-F., Tardieu H. & Cavazza M. (éds.) *Les modèles mentaux : approche cognitive des représentations*, Paris, Masson, pp. 47-77.
- Ehrlich M.-F., Tardieu H. & Cavazza M. (éds.). (1993) *Les modèles mentaux : approche cognitive des représentations*, Paris, Masson.
- Engel P. (1996) *Philosophie et psychologie*, Paris, Folio-Gallimard.
- Ericsson K. A. & Kintsch W. (1995) Long-term working memory, *Psychological Review*, 102, pp. 211-245.
- Ferguson E. L. & Hegarty M. (1994) Properties of cognitive maps constructed from texts, *Memory & Cognition*, 22, pp. 455-473.
- Fincher-Kiefer R. (2001) Perceptual components of situation models, *Memory & Cognition*, 29, pp. 336-343.
- Fodor J. A. (1990) *A theory of content and other essays*, Cambridge, MIT Press.
- Frege G. (1969) *Les fondements de l'arithmétique* (Imbert C., trad.), Paris, Le Seuil. (Oeuvre originale publiée en 1884)
- Frege G. (1971) Sens et dénotation (Imbert C., trad.), in *Ecrits logiques et philosophiques*, Paris, Le Seuil, pp. 102-126. (Article original publié en 1892)
- Freud A. (1996) *Le Moi et les mécanismes de défense* (Berman A., trad.), Paris, Presses Universitaires de France. (Oeuvre originale publiée en 1946)
- Freud S. (1996) Deuil et Mélancolie, in *Métapsychologie* (J. Laplanche & Pontalis J.-B., trad.), Paris, Gallimard, pp. 145-171. (Oeuvre originale publiée en 1917)
- Galton A. (1987) Temporal logic and computer science: An overview, in Galton A. (éd.) *Temporal logics and their applications*, London, Academic Press, pp. 1-52.
- Garavan H. (1998) Serial attention within working memory, *Memory & Cognition*, 26, pp. 263-276.
- Garnham A. & Oakhill J. (1993) Modèles mentaux et compréhension du langage, in Ehrlich M.-F., Tardieu H. & Cavazza M. (éds.) *Les modèles*

- mentaux : *approche cognitive des représentations*, Paris, Masson, pp. 23-46.
- Gernsbacher M. A., Varner K. R. & Faust M. E. (1990) Investigating differences in general comprehension skill, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, pp. 430-445.
- Gerrig R. J., Brennan S. E. & Ohaeri J. O. (2001) What characters know: Projected knowledge and projected co-presence, *Journal of Memory and Language*, 44, pp. 81-95.
- Giraudo M. D. & Pailhous J. (1994) Distorsions and fluctuations in topographic memory, *Memory & Cognition*, 22, pp. 14-26.
- Glenberg A. M. (1997) What memory is for, *Behavioral and Brain Sciences*, 20, pp. 1-55.
- Glenberg A. M., Kruley P. & Langston W. E. (1994) Analogical processes in comprehension: Simulation of a mental model, in Gernsbacher M. A. (éd.) *Handbook of psycholinguistics*, San Diego, Academic Press, pp. 609-640.
- Glenberg A. M. & Robertson D. A. (2000) Symbol grounding and meaning: A comparison of high-dimensional and embodied theories of meaning, *Journal of Memory and Language*, 43, pp. 379-401.
- Goff L. M. & Roediger H. L. III (1998) Imagination inflation for action events: Repeated imaginings lead to illusory recollections, *Memory & Cognition*, 26, pp. 20-33.
- Goldvarg E. & Johnson-Laird P. N. (2001) Naive causality: a mental model theory of causal meaning and reasoning, *Cognitive Science*, 25, pp. 565-610.
- Graesser A. C., Singer M. & Trabasso T. (1994) Constructing inferences during narrative text comprehension, *Psychological Review*, 101, pp. 371-395.
- Halpern J. Y. (1995) Reasoning about knowledge: A survey, in Gabbay D. M., Hogger C. J. & Robinson J. A. (éds.) *Handbook of logic in artificial intelligence and logic programming, Vol. 4, Epistemic and temporal reasoning*, New York, Oxford University Press, pp. 1-34.
- Hawking S. & Penrose R. (1996) *The nature of space and time*, Princeton, Princeton University Press.
- Heidegger M. (1994) *Holzwege* (7e éd. rév.), Frankfurt-am-Main, Vittorio Klostermann. (Oeuvre originale publiée en 1950)
- Hintzman D. L. (1986) "Schema abstraction" in a multiple-trace memory model, *Psychological Review*, 93, pp. 411-428.
- Horowitz M. J. (1986) *Stress response syndromes* (2e éd.), Northvale, Jason Aronson.
- Horowitz M. J. (1990) A model of mourning: Changes in schemas of self and others, *Journal of the American Psychoanalytic Association*, 38, pp. 297-324.
- Hyman I. E. Jr. & Pentland J. (1996) The role of mental imagery in the creation of false childhood memories, *Journal of Memory and Language*, 35, pp. 101-117.
- Janoff-Bulman R. (1992) *Shattered assumptions: Towards a new psychology of trauma*, New York, Free Press.

- Jiang Y., Olson I. R. & Chun M. M. (2000) Organization of visual short-term memory, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, pp. 683-702.
- Johnson-Laird P. N. (1983) *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Johnson-Laird P. N. & Byrne R. M. J. (1991) *Deduction*, Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates.
- Johnson-Laird P. N., Herrmann D. J. & Chaffin R. (1984) Only connections: A critique of semantic networks, *Psychological Bulletin*, 96, pp. 292-315.
- Kant E. (1976) *Critique de la raison pure* (2e éd., Barni J., trad.), Paris, Flammarion. (Oeuvre originale publiée en 1787)
- Kintsch W. (1988) The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model, *Psychological Review*, 95, pp. 163-182.
- Kintsch W. (1998) *Comprehension: A paradigm for cognition*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Kintsch W. & van Dijk T. A. (1978) Toward a model of text comprehension and production, *Psychological Review*, 85, pp. 363-394.
- Knoblich G., Ohlsson S., Haider H. & Rhenius D. (1999) Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, pp. 1534-1555.
- Kosslyn S. M. (1994) *Image and Brain: The resolution of the imagery debate*, Cambridge, MIT Press.
- Kripke S. (1963) Semantical considerations in modal logic, *Acta Philosophica Fennica*, 16, pp. 83-94.
- Kuhn T. S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques* (Meyer L., trad.), Paris, Flammarion. (Oeuvre originale publiée en 1962)
- Langston W., Kramer D. C. & Glenberg A. M. (1998) The representation of space in mental models derived from text, *Memory & Cognition*, 26, pp. 247-262.
- Le Ny J.-F. (1979) *La sémantique psychologique*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Leslie A. M. (1987) Pretense and representation: The origins of "theory of mind", *Psychological Review*, 94, pp. 412-426.
- Levine M., Jankovic I. N. & Palij M. (1982) Principles of spatial problem solving, *Journal of Experimental Psychology: General*, 111, pp. 157-175.
- Lewis D. (1968) Counterpart theory and quantified modal logic, *Journal of Philosophy*, 65, pp. 113-126.
- Logie R. H., Gilhooly K. J. & Wynn V. (1994) Counting on working memory in arithmetic problem solving, *Memory & Cognition*, 22, pp. 395-410.
- Miller G. A. (1956) The magical number seven, plus or minus two: Some limits of our capacity for processing information, *Psychological Review*, 63, pp. 81-97.
- Moar I. & Bower G. H. (1983) Inconsistency in spatial knowledge, *Memory & Cognition*, 11, pp. 107-113.

- Morrow D. G., Greenspan S. L. & Bower G. H. (1987) Accessibility and situation models in narrative comprehension, *Journal of Memory and Language*, 26, pp. 165-187.
- Murray J. D. (1997) Connectives and narrative text: The role of continuity, *Memory & Cognition*, 25, pp. 227-236.
- Mynatt C. R., Doherty M. E. & Dragan W. (1993) Information relevance, working memory and the consideration of alternatives, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, pp. 759-778.
- Newell A. (1990) *Unified theories of cognition*, Cambridge, Harvard University Press.
- Nichols S. & Stich S. (2000) A cognitive theory of pretense, *Cognition*, 74, pp. 115-147.
- Oakhill J. (1996) Mental models in children's text comprehension, in Oakhill J. & Garnham A. (éds.) *Mental models in cognitive science: Essays in honour of Phil Johnson-Laird*, Hove, Psychology Press, pp. 77-94.
- Oakhill J. & Garnham A. (éds.). (1996) *Mental models in cognitive science: Essays in honour of Phil Johnson-Laird*, Hove, Psychology Press.
- Oatley K. & Johnson-Laird P. N. (1987) Towards a cognitive theory of emotions, *Cognition and Emotion*, 1, pp. 29-50.
- Pacherie E. (1993) *Naturaliser l'intentionnalité*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Pailhou J. (1970) *La représentation de l'espace urbain : l'exemple du chauffeur de taxi*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Palladino P., Cornoldi C., De Beni R. & Pazzaglia F. (2001) Working memory and updating processes in reading comprehension, *Memory & Cognition*, 29, pp. 344-354.
- Perrig W. & Kintsch W. (1985) Propositional and situational representations of text, *Journal of Memory and Language*, 24, pp. 503-518.
- Plagnol A. (1993) *Elaboration d'un modèle de désorganisation des représentations mentales par décontextualisation fonctionnelle de l'information*, thèse de doctorat, Université de Paris 11, Paris.
- Plagnol A. (2000) Rencontre psycho-thérapeutique et paradoxes, *Evolution Psychiatrique*, 65, pp. 115-126.
- Plagnol A. (2002a) L'attrition de l'espace de représentation dans les syndromes traumatiques, *Annales Médico-Psychologiques*, 160, pp. 649-657.
- Plagnol A. (2002b) Peine, douleur et dépression, *Annales Médico-Psychologique*, 160, pp. 615-621.
- Plagnol A. (2003) Dilatation de l'espace et envol maniaque, *Annales Médico-Psychologiques*, 161, pp. 164-167.
- Plagnol A., Oïta M., Montreuil M., Granger B. & Lubart T. (in press) La fragmentation de l'espace de représentation dans les schizophrénies, *l'Encéphale*.
- Plagnol A., Pachoud B., Claudel B. & Granger B. (1996) Functional disorganization of representations in schizophrenia, *Schizophrenia Bulletin*, 22, pp. 383-398.
- Platon (1969). *Le sophiste* (A. Diès, trad.), Paris, les Belles Lettres.
- Platon (1983). *Phédon* (P. Vicaire, trad.), Paris, les Belles Lettres.

- Poincaré H. (1968) Sur la nature du raisonnement mathématique, in *La science et l'hypothèse*, Paris, Flammarion, pp. 31-45. (Oeuvre originale publiée en 1902)
- Polk T. A. & Newell A. (1995) Deduction as verbal reasoning, *Psychological Review*, 102, pp. 533-566.
- Potts G. R. & Peterson S. B. (1985) Incorporation versus compartmentalization in memory for discourse, *Journal of Memory and Language*, 24, pp. 107-118.
- Potts G. R., St. John M. F. & Kirson D. (1989) Incorporating new information into existing world knowledge, *Cognitive Psychology*, 21, pp. 303-333.
- Proust J. (1997) *Comment l'esprit vient aux bêtes : Essai sur la représentation*, Paris, Gallimard.
- Pylyshyn Z. W. (1973) What the mind's eye tells the mind's brain: A critique of mental imagery, *Psychological Bulletin*, 80, pp. 1-24.
- Pylyshyn Z. W. (1981) The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge, *Psychological Review*, 88, pp. 16-45.
- Quine W. V. (1953a) Two dogmas of empirism, in *From a Logical Point of View: Nine Logico-Philosophical Essays* (2e éd. rév.), Cambridge, Harvard University Press, pp. 20-46.
- Quine W. V. (1953b) New foundations for mathematical logic, in *From a logical point of view: Nine logico-philosophical essays* (2e éd. rév.), Cambridge, Harvard University Press, pp. 80-101.
- Ratcliff R. & McKoon G. (1988) A retrieval theory of priming in memory, *Psychological Review*, 95, pp. 385-408.
- Reder L. M. & Ross B. H. (1983) Integrated knowledge in different tasks: The role of retrieval strategy on fan effects, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9, pp. 55-72.
- Rinck M. & Bower G. H. (1995) Anaphora resolution and the focus of attention in situation models, *Journal of Memory and Language*, 34, pp. 110-131.
- Rinck M. & Bower G. H. (2000) Temporal and spatial distance in situation models, *Memory & Cognition*, 28, pp. 1310-1320.
- Rinck M., Hähnel A. & Becker B. (2001) Using temporal information to construct, update, and retrieve situation models of narratives, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, pp. 67-80.
- Rinck M., Hähnel A., Bower G. H. & Glowalla U. (1997) The metrics of spatial situation models, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, pp. 622-637.
- Rosch E. (1975) Cognitive representations of semantic categories, *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, pp. 192-233.
- Rumelhart D. E. (1975) Notes on a schema for stories, in Bobrow D. G. & Collins A. M. (éds.) *Representation and understanding: Studies in cognitive science*, New York, Academic Press, pp. 211-236.
- Russell B. (1905) On denoting, *Mind*, 14, pp. 479-493.
- Scott Rich S. & Taylor H. A. (2000) Not all narrative shifts function equally, *Memory & Cognition*, 28, pp. 1257-1266.

- Searle J. R. (1995) *La redécouverte de l'esprit* (Tiercelin C., trad.), Paris, Gallimard.
- Sue S. & Trabasso T. (1993) Inferences during reading: Converging evidence from discourse analysis, talk-aloud protocols, and recognition priming, *Journal of Memory and Language*, 32, pp. 279-300.
- Taylor H. A., Naylor S. J. & Chechile N. A. (1999) Goal-specific influences on the representation of spatial perspective, *Memory & Cognition*, 27, pp. 309-319.
- Taylor H. A. & Tversky B. (1992) Spatial mental models derived from survey and route descriptions, *Journal of Memory & Language*, 31, 261-292.
- Thorndyke P. W. & Hayes-Roth B. (1982) Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation, *Cognitive Psychology*, 14, pp. 560-589.
- Tversky B. (1981) Distortion in memory for maps, *Cognitive Psychology*, 13, pp. 407-433.
- Van Dijk T. A. & Kintsch W. (1983) *Strategies of discourse comprehension*, New York, Academic Press.
- Wilson S. G., Rinck M., McNamara T. P., Bower G. H. & Morrow D. G. (1993) Mental models and narrative comprehension: Some qualifications, *Journal of Memory and Language*, 32, pp. 141-154.
- Wittgenstein L. (1961) *Tractatus logico-philosophicus* (Pears D. F. & McGuinness B. F., trad.), London, Routledge & Kegan Paul. (Oeuvre originale publiée en 1921)
- Wyer R. S. & Radvansky G. A. (1999) The comprehension and validation of social information, *Psychological Review*, 106, pp. 89-118.
- Zwaan R. A., Madden C. J. & Whitten S. N. (2000) The presence of an event in the narrated situation affects its availability to the comprehender, *Memory & Cognition*, 28, pp. 1022-1028.
- Zwaan R. A. & Radvansky G. A. (1998) Situation models in language comprehension and memory, *Psychological Bulletin*, 123, pp. 162-185.