

Impact de l'organisation de la tâche en résolution de problèmes

Le Chapitre 1 présentait les différentes approches questionnant les processus en jeu dans la résolution de problèmes. Le second précisait la notion de schéma et détaillait la théorie de la charge cognitive (Sweller, 2003).

A partir des travaux présentés dans ces deux chapitres, nous posons trois postulats. Tout d'abord, le processus de résolution engagé par l'individu pour se dégager de la situation problème laisse des traces en mémoire. Deuxièmement, ces connaissances sont structurées sous forme de schémas. Ceux-ci regroupent des indices structurels et des indices superficiels de la situation problème. Enfin, leur élaboration est fonction du contexte de la tâche c'est à dire des caractéristiques de la situation problème.

Dès lors, l'impact de l'organisation de la tâche sur l'élaboration des connaissances nous pose question. Dans ce troisième chapitre, nous présentons différents travaux qui se sont développés autour de cette question. Ceux-ci sont regroupés en trois approches que nous abordons successivement. La première approche regroupe les travaux de l'interférence contextuelle. Ils observent une prévalence de la variabilité sur la consistance. La seconde approche s'interroge plus spécifiquement sur la prise en compte de la charge cognitive dans l'élaboration d'une tâche de résolution de problèmes. Ce sont les travaux de l'« *Instructional design* ». Enfin, des travaux observant la prévalence d'une hiérarchisation des problèmes sont présentés.

3.1. L'effet d'interférences contextuelles

3.1.1. Introduction

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, Sweller et ses collaborateurs ont largement mis en avant l'effet de la présentation d'un problème sur sa résolution et sur l'apprentissage. Nous allons maintenant élargir notre travail à la présentation de l'effet d'interférences contextuelles (« *Contextual interference* »). Cet effet, que nous définissons dans la section suivante, a été isolé par Battig (1972). Il met en valeur la prévalence d'une présentation aléatoire sur une présentation par blocs. Nous le détaillons dans cette section.

3.1.2. Prévalence de la variabilité : l'effet d'interférence contextuelle

L'interférence contextuelle est un phénomène qui regroupe les situations d'apprentissage pour lesquelles l'interférence durant l'entraînement bénéficie à l'apprentissage. Cet effet renvoie à l'hypothèse selon laquelle les performances lors de la phase d'acquisition en situation de forte interférence contextuelle (présentation aléatoire) sont inférieures à celle en situation de faible interférence contextuelle (présentation par bloc). Tandis que, les mesures de rétention (test d'apprentissage après un délai de plusieurs jours) ou de transfert (performance face à de nouveaux problèmes) sont meilleures lorsque les participants ont été soumis à une forte interférence contextuelle (Shea & Zimmy, 1983).

Cet effet a tout d'abord été démontré par Battig¹⁷ (1972) avec du matériel verbal puis par Shea et Morgan (1979) avec des apprentissages moteurs (*cf.* Magill & Hall, 1990 ; Lee, Wulf & Schmidt, 1992 ; Schmidt & Bjork, 1994, pour une revue) et observé par Carlson et Yaure (1990) en résolution de problèmes. Cependant cet effet ne semble pas valable pour tous les apprenants (par rapport à leur niveau d'expertise), ni à toutes les tâches (niveau de complexité, différences entre les tâches) (*cf.* Brady, 1998, pour une revue). Il a été vérifié chez des jeunes adultes ainsi qu'auprès d'adultes plus âgés (van Gerven & al, 2006). Parmi les nombreuses études observant cet effet (Pelligrino, 1972 ; Lee & Magill, 1983 ; Jelsma & Pieters, 1989 ; Carlson & Yaure, 1990 ; Shea, Khol & Indermill, 1990 ; Wulf & Schmidt, 1997, notamment), nous détaillons la recherche princeps de Shea et Morgan (1979).

Shea et Morgan (1979) utilisent un dispositif complexe offrant trois tâches motrices (T₁.T₂.T₃). À l'aide d'une balle, les participants doivent réaliser un enchaînement de lancers différents imposés par le dispositif. Après un pré-test, une phase d'entraînement (18 essais¹⁸), les participants sont testés lors d'une phase de rétention dix minutes et dix jours après la phase d'entraînement (18 essais à chaque fois). Afin de tester l'impact de l'organisation de la tâche sur les performances, les participants sont confrontés soit aux essais par bloc (T₁.T₁.T₁.T₂.T₂.T₂.T₃.T₃.T₃) soit en aléatoire (T₁.T₂.T₃.T₂.T₃.T₁.T₃.T₁.T₂)

¹⁷ Il l'avait initialement appelé '*intratask interference*'.

¹⁸ Six essais pour chaque tâche.

lors de la phase d'apprentissage et lors de la phase de rétention. Les résultats montrent que les participants du groupe 'bloc' réalisent plus rapidement les tâches que le groupe 'aléatoire' lors de l'entraînement. Cependant, lors de la phase de rétention, dix minutes ou dix jours après la phase d'apprentissage, ce sont les participants du groupe 'aléatoire' qui réalisent plus rapidement les tâches. Cette étude appuie l'hypothèse selon laquelle la variabilité favorise les performances lors de tâches de transfert. Les auteurs concluent que la variabilité lors de l'entraînement impose aux participants de multiplier les stratégies ce qui favorise une meilleure élaboration des acquisitions motrices et permet de meilleures performances aux tâches de rétention. La pratique en aléatoire encourageant les processus de mise en relations ainsi que l'encodage des différences et des similarités entre les tâches présentées.

A cette première hypothèse, défendue notamment par Shea et Morgan (1979), se focalisant sur la structure de la représentation en mémoire développée par la pratique, une seconde, défendue notamment par Lee et Magill (1983), van Merriënboer, Kester et Pass (2006) ainsi que Carlson et Yaure (1990), se focalise sur les procédures cognitives de construction et de reconstruction de la solution. La solution, stockée en mémoire de travail, pourrait être remaniée par la présentation aléatoire de problèmes (ou de tâches). Ils notent que les participants doivent reconstruire un nouveau plan d'action à chaque essai dans la condition aléatoire alors que dans la condition bloquée, les participants n'ont qu'à se souvenir passivement du plan d'action.

Du point de vue de la théorie de la charge cognitive (de Croock & van Merriënboer, 2007 ; de Croock & al., 1998), cet effet pourrait s'expliquer par le fait que la construction de schémas de résolution lors d'une présentation aléatoire exigerait davantage de ressources cognitives qu'une présentation par bloc, ce qui diminuerait les performances lors de la phase de pratique. Cependant, ces schémas seraient plus riches (basés davantage sur les différences et les similarités entre les problèmes) et permettraient de meilleures performances face à de nouveaux problèmes. Comme le notent de Croock et al. (1998), une haute interférence contextuelle peut augmenter la charge cognitive car elle stimule les participants à investir un effort mental dans la tâche, ce qui favorise l'élaboration de schémas durant la phase d'apprentissage. Les bonnes performances à la tâche de transfert peuvent être expliquées par l'exploitation de ces schémas.

3.1.3. Bilan

La plupart des travaux classiques¹⁹ mettent en avant le fait que la variabilité favorise l'apprentissage. En situation de résolution de problèmes, comme pour d'autres tâches, une présentation aléatoire pénalise donc les performances durant la phase de pratique mais favorise, dans la plus part des cas, les performances lors d'une tâche de rappel.

¹⁹ Sweller et al. (1998, p. 286) notent même que « *le fait que la variabilité d'un entraînement permet des effets positifs sur le transfert de l'apprentissage est très bien documenté* ».

Dans leurs recherches Cheng et Mo (2004) observent ce type de résultats. A travers quatre expériences, ils mettent en avant la prévalence de la variabilité en résolution de problèmes. Ils utilisent des problèmes proches du problème des jarres²⁰. Ils font varier les procédures ou les quantités dans les problèmes d'apprentissage (trois ou quatre suivant l'expérience) et observent le niveau de réussite aux problèmes de transfert. Lorsque les problèmes d'apprentissage sont similaires, les participants réussissent rapidement ceux-ci, cependant, ils réussissent moins bien les problèmes de transfert que les participants du groupe ayant rencontré de la variabilité. D'autre part, les auteurs relèvent que les participants confrontés à de la variabilité dans les problèmes d'apprentissage construisent un schéma de résolution plus élaboré des problèmes. Ils cotent les réponses des participants et observent une corrélation positive entre le niveau d'élaboration du schéma de résolution et la réussite aux problèmes de transfert. Leurs résultats vont dans le sens de ceux présentés dans cette section.

La variabilité de la tâche semble encourager les apprenants à développer des schémas car cette organisation augmente la probabilité que des traits similaires soient identifiés et que les traits de structures soient détachés des traits de surface. La confrontation avec des séquences variées de problèmes incite les apprenants à étendre et préciser le domaine d'application de leurs schémas.

Ces résultats semblent aller à l'encontre des travaux sur la charge cognitive puisque selon ceux-ci la variabilité augmenterait la charge cognitive. Cependant, selon Pass et van Merriënboer (1994), la variabilité favoriserait le transfert uniquement si la charge cognitive inutile (*cf.* 2.2.1.) est faible et que les capacités cognitives de l'apprenant peuvent se centrer sur la comparaison des problèmes (charge cognitive pertinente). Ils explicitent ainsi les différents résultats rapportés. Enfin, il apparaît qu'au delà de la variabilité c'est le mode d'instruction utilisé qui influence les performances. Cette question de l'impact du mode d'organisation est alors transférée vers la question de l'impact du mode d'instruction utilisé que nous abordons dans la section suivante.

3.2. Instructional design

3.2.1. Principales distinctions

Sous cette appellation, sont regroupées les recherches portant sur le mode d'instruction à privilégier dans le cadre d'un apprentissage. La question que posent ces travaux est comment organiser au mieux l'apprentissage d'une compétence ou d'une connaissance pour que l'apprenant élabore cette compétence ou cette connaissance (meilleure réussite à des problèmes de transferts, meilleure rétention, meilleure compréhension, faible taux d'erreurs, schémas davantage élaborés...).

Pour tenter de répondre à cette question, Salden, Paas et van Merriënboer (2006) distinguent l'approche statique et l'approche dynamique comme mode de sélection des

²⁰ Dans le problème des jarres de Luchins (1942, cité dans Clément, 2006), les participants disposent de trois jarres de contenances différentes. Ils doivent avec l'aide des jarres obtenir un volume d'eau prédéfini.

tâches. L'organisation de la tâche est déterminée au préalable en situation statique (les problèmes sont présentés suivant un ordre fixé à priori, suivant un ordre croissant de difficulté par exemple). Elle est ajustée au cours de l'apprentissage en situation dynamique (suivant les performances du participant, son attitude, le ressenti qu'il renvoie, etc....).

Salden et al. (2006) font une deuxième distinction. Elle est liée à la présentation de la tâche : dans son intégralité ou partiellement (par sous-but, segmentation ou simplification). Dans le cadre d'une présentation statique et partielle de la tâche, plusieurs modes de présentation sont possibles (Figure 13).

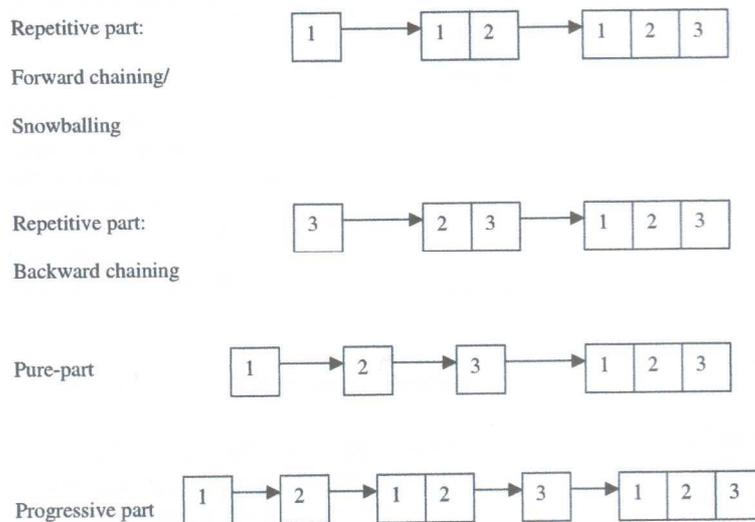


Figure 13 : Exemple de modes de présentation (Salden & al, 2006)

Ce type de présentation (statique et partielle) pose certaines questions (détermination des tâches partielles, difficultés d'intégration face à la tâche complète). Naylor et Briggs (1963, cité dans van Merriënboër, Kirschner & Kester, 2003) notent que scinder une tâche d'apprentissage ne favorise pas l'apprentissage de compétences complexes exigeant l'intégration d'aptitudes, de connaissances et d'attitudes. Une présentation statique de la tâche complète est alors une alternative possible. Elle a l'avantage d'inclure toutes les compétences que l'apprenant doit acquérir. Cependant, toutes les approches statiques ajustent la situation d'apprentissage, c'est à dire le mode d'organisation de la tâche avant l'apprentissage lui-même. Cette approche rigide peut être remplacée par une approche plus flexible, dynamique d'organisation de la tâche. Celle-ci permet de faire des ajustements par rapport à l'apprenant et ce au cours de l'apprentissage, c'est-à-dire au cours de la réalisation de la ou des tâche(s). Dans cette approche dynamique, les auteurs distinguent également la présentation de la tâche de manière complète ou partielle. L'intérêt d'une approche dynamique est de pouvoir prendre en compte les progrès de l'apprenant pour optimiser la sélection de la tâche suivante. Camp et al. (2001) ont étudié l'intérêt d'une présentation dynamique des problèmes par rapport à une présentation fixe. Ils montrent qu'un entraînement adapté, utilisant une présentation dynamique des problèmes, est plus efficace qu'une présentation fixe suivant un ordre croissant de difficulté des problèmes. Ils utilisent trois

critères pour adapter le niveau des problèmes à l'apprenant : la performance, l'effort mental perçu par l'apprenant et l'indice d'efficacité (*'mental efficiency'*).

Actuellement, l'essentiel de ce champ de recherche découle des travaux autour de la théorie de la charge cognitive (Pass, Renkl & Sweller, 2003). Sweller, van Merriënboer et Pass (1998), notamment, définissent les liens entre la théorie de la charge cognitive et les modes d'instruction. Pour eux, le mode d'instruction le plus efficace est celui qui diminue la charge cognitive intrinsèque et inutile, et qui favorise la charge cognitive utile. Cela peut être le cas d'une tâche présentant des problèmes du plus simple au plus difficile ainsi que d'une séquence aléatoire de problèmes, si elles respectent ces deux conditions. La théorie de la charge cognitive présente des implications directes sur le mode d'instruction, étayées par de nombreuses expérimentations (van Gog, Ericsson, Rikers & Pass, 2005). En 1994, Pass et van Merriënboer posaient deux buts aux modes d'instructions découlant de la théorie de la charge cognitive. Le premier consiste à diminuer la charge cognitive inutile et intrinsèque. Le second vise à centrer l'attention de l'apprenant sur l'élaboration de connaissances schématisées. Ce point de vue découle de leurs travaux sur l'élaboration et l'automatisation des schémas (van Merriënboer & Pass, 1990). Acquérir des schémas est pour eux un processus important dans l'apprentissage de compétences complexes. A ce titre, le mode d'instruction qui le favorise ne peut qu'être privilégié.

Salden et al. (2006) concluent en associant les différentes possibilités de présentation / d'organisation des tâches en fonctions des types de compétences à acquérir. Selon eux, l'utilisation des tâches partielles ou complètes dépend du type de compétences que l'on souhaite faire acquérir à l'apprenant.

3.2.2. *The mental efficiency approach*

Paas et van Merriënboer (1993) développent « *The mental efficiency approach* ». Cette approche incorpore la question de l'effort mental lors de la session d'apprentissage pour optimiser le mode d'organisation de la tâche. Ces auteurs proposent de prendre en compte la charge cognitive lors de la mise en place d'une tâche d'apprentissage. Pour eux, il est primordial de favoriser l'élaboration et l'utilisation des schémas lors de la séquence d'apprentissage. Le mode de présentation choisi doit l'être en fonction des connaissances des apprenants avant la réalisation de la séquence, de la quantité de ressources cognitives que l'apprenant devra investir dans la tâche et de la quantité de ressources dont il dispose pour réaliser la tâche.

Paas et van Merriënboer (1993) utilisent l'indice d'efficacité du mode d'instruction (section 2.2.1.) qu'ils ont développé, pour intégrer la prise en compte de l'effort cognitif fourni dans la tâche d'apprentissage. Il en résulte l'hypothèse qu'un problème résolu peut l'être avec beaucoup de facilité (effort mental faible) ou bien avec des difficultés (effort mental élevé). Cette hypothèse rejoint l'idée que la réussite d'un problème ne garantit pas le développement de connaissances élaborées.

Une première indication des bénéfices de cette approche peut être trouvée dans une étude de Camp et al. (2001). Dans cette recherche, ils utilisent l'indice d'efficacité développé par Pass et van Merriënboer (1993) afin d'éprouver plusieurs méthodes d'apprentissage dans le domaine du trafic aérien. Ils comparent une organisation hiérarchique fixe des problèmes (condition contrôle : organisation statique) avec une sélection dynamique des problèmes au cours de la tâche. Les problèmes sont sélectionnés en fonction de la performance des participants, de la charge mentale qu'ils expriment (mesurée à l'aide d'une échelle subjective de mesure en cinq points) ou bien de l'indice d'efficacité²¹. La difficulté des problèmes résidant dans le nombre de conflits²² rencontrés, les performances sont mesurées en fonction de l'exactitude avec laquelle les participants guident les avions. Les variables utilisées sont : le temps en dehors des voies aériennes, le temps sans coupure, le nombre d'ordres donnés ainsi que le nombre d'avions qui ont atteint leur objectif avec succès. Ces indices sont combinés en un indice relatif de performance évoluant entre 1 et 5. L'indice d'efficacité est mesuré par la formule indiquée dans la section 2.2.1. Les résultats montrent que le groupe dont l'apprentissage évolue en fonction de l'indice d'efficacité a besoin de moins de problèmes avant d'atteindre le plus haut niveau de difficultés²³ (9 problèmes vs 14 en moyenne pour les deux autres conditions expérimentales). L'utilisation d'une organisation statique (condition contrôle) produit un plus fort taux d'effort mental et de moins bonnes performances que les trois organisations dynamiques (conditions expérimentales). Enfin, et contrairement aux hypothèses des auteurs, les résultats ne montrent pas de différences significatives entre les performances des quatre groupes aux tests de transfert. Les auteurs concluent qu'adapter la tâche au fur et à mesure de l'apprentissage est plus efficace qu'une organisation statique. D'autre part, au vu des indices d'efficacité calculés à posteriori pour les quatre conditions (0.76 pour la condition performance vs 0.13 pour la condition effort mental vs -0.17 pour la condition indice d'efficacité vs -0.80 pour la condition fixe), la prise en compte de la performance dans une présentation dynamique de la tâche semble la plus pertinente. Les auteurs nuancent ces résultats en notant que cette variable semble pertinente en ce qui concerne l'acquisition de compétences récurrentes exigeant peu d'effort mental ; mais que l'élaboration de connaissances plus complexes exige davantage de ressources cognitives, ce qui diminue l'indice d'efficacité. Ils concluent en soulignant que l'indice d'efficacité semble être une variable pertinente dans l'étude des modes d'instruction.

3.2.3. Conclusion

Nous pouvons noter que l'« *instructionnal efficiency* » permet la prise en compte de la charge cognitive dans l'élaboration de tâches d'apprentissage. Cette prise en compte offre une perspective tournée vers l'apprenant. Les connaissances qu'il doit élaborer sont mises en symétrie avec ses compétences. Cette préoccupation relève également de

²¹ Soit trois conditions expérimentales (trois sélections dynamiques : à partir de la performance, la charge mentale exprimée et de l'indice d'efficacité) et une condition contrôle (organisation statique).

²² Conflits aériens entre les différentes trajectoires des avions.

²³ Lorsque qu'un problème est résolu avec un bon indice de performance le participant passe au niveau supérieur de difficulté. Et cela jusqu'à atteindre le plus haut niveau de difficulté.

travaux centrés sur la catégorisation et l'organisation des compétences à acquérir. L'objectif étant d'organiser au mieux une tâche d'apprentissage afin qu'il élabore des connaissances et/ou des compétences complexes. Nous abordons ces travaux dans la section suivante.

3.3. Prévalence du 'simple vers le complexe'

3.3.1. Introduction

Pour van Merriënboer et al. (2003), reprenant les travaux de Sweller, van Merriënboer & Pass (1998, p. 6), « *il est clairement impossible, d'utiliser une tâche d'apprentissage hautement complexe au début d'une séquence de formation car cela exigerait une charge cognitive excessive pour les apprenants, avec des effets négatifs sur l'apprentissage, la performance et la motivation.* ». Dans cette optique, Reigeluth et Stein (1983) propose une méthode mettant en avant un découpage des compétences à acquérir (« *simplifying condition method* »). Cette approche issue de leur théorie de l'élaboration (« *elaboration theory* ») détermine l'ordre et la complexité des tâches par l'analyse des différents niveaux d'expertise requis par la tâche avant de les présenter aux apprenants. Van Merriënboer (1997) propose quant à lui « *a mental model progressions approach* ». Cette approche conseille de commencer l'apprentissage par des tâches contenant des idées simples, représentatives et concrètes. Avant d'aborder plus en avant les travaux contemporains, nous détaillons les travaux de Gagné (1962, 1968), fondateur de la hiérarchie d'apprentissage dans cette section.

3.3.2. Les travaux de Gagné (1962, 1968)

Cette approche est basée sur l'observation qu'une compétence s'appuie sur des pré-requis ou des compétences de base qui doivent être acquises avant des compétences plus larges ou plus complexes (Gagné, 1962). Selon lui, « *personne ne peut réussir la tâche finale sans disposer d'habiletés préalables, c'est-à-dire sans être capable de résoudre les tâches simples et plus générales.* » (p. 356). A partir de cette observation, Gagné (1968) propose une approche hiérarchique qui va du bas vers le haut afin d'acquérir les habiletés de niveau inférieur en premier, puis de construire les autres à partir de celles-ci. Selon lui, le développement des habiletés intellectuelles est comparable à un processus de construction. La maîtrise des habiletés de niveau inférieur fournit une base nécessaire à l'apprentissage des habiletés de niveau supérieur. Par exemple, pour apprendre à résoudre des problèmes de divisions élaborées, il faudrait commencer par connaître les nombres et leur valeur, l'addition simple et la soustraction, la multiplication et la division simple. Ainsi, pour enseigner une habileté donnée, il est nécessaire d'identifier les habiletés préalables, puis de s'assurer que l'apprenant les possède. Gagné (1962, 1968) nomme cette liste d'habiletés composant un apprentissage, une hiérarchie d'apprentissage. Il élabore cette approche à partir de ces travaux sur le traitement de l'information (Brien & Lagana, 1979). Les habiletés intellectuelles

peuvent dans ce cadre être conçues en termes de programmes et de sous-programmes ou d'objectifs et de sous objectifs. Dans cette approche, l'acquisition d'une habilité M est sous-tendu à l'existence en mémoire des concepts A, B, C eux-mêmes sous tendu par l'existence des sous-concepts a, b, c.

Le mode d'instruction proposé est alors basé sur plusieurs principes. Le premier est qu'il doit permettre d'identifier la performance finale attendue. C'est-à-dire définir l'objectif de l'apprentissage. Le second porte sur l'identification des éléments. L'apprenant doit avoir une représentation adéquat des termes et notions employés. La troisième fonction est de stimuler la rétion et le rappel des connaissances acquises précédemment. Enfin, la dernière fonction du mode d'instruction est de guider l'apprenant. Ce guidage est réalisé par une procédure de pas à pas visant à conduire l'apprenant à utiliser les connaissances déjà acquises pour faire face à la nouvelle situation. L'apprenant est conduit à maîtriser une nouvelle tâche (connaissance ou compétence) progressivement à un niveau hiérarchique de plus en plus important jusqu'à atteindre le niveau final de la tâche. Gagné (1962) attribue l'impact positif de ce mode d'instruction au transfert des connaissances pré-acquises, dans la résolution de la tâche finale. La résolution d'un problème complexe est dans cette optique soumise à la présence en mémoire de connaissances suffisantes (vocabulaire, opérateurs, ...) transférables (Gagné, 1968). Selon cette approche, la réussite d'un problème complexe ne semble pas pouvoir se faire sans étayage.

3.3.3. Frederiksen et White (1989)

Frederiksen et White (1989) proposent quant à eux un mode d'instruction basé sur la décomposition de la tâche en sous-buts et la mise en place de situations permettant d'acquérir progressivement les compétences liées à ces sous-buts. Ils montrent que des apprenants soumis à ce type d'instruction organisé réussissent davantage la tâche que les participants qui réalisent directement la tâche.

Dans leur étude, Frederiksen et White (1989) utilisent le jeu de la Forteresse Spatiale (*'the space fortress game'*). C'est une tâche complexe qui exige de la coordination et de la stratégie (Mané & Donchin, 1989). Le but est de détruire une forteresse spatiale sans être détruit par elle. Le joueur est aux commandes d'un vaisseau spatial disposant de plusieurs armes. Il doit élaborer des stratégies d'attaque pour perforer les défenses de la forteresse tout en optimisant son énergie et en évitant les attaques de la forteresse.

Par l'analyse fine des stratégies optimales définies à l'aide de trois protocoles d'experts, Frederiksen et White (1989) développent un protocole d'apprentissage. Celui-ci est construit en se focalisant sur les habilités et stratégies pertinentes repérées dans les protocoles des experts. En respectant les relations hiérarchiques des différentes composantes de celles-ci, plusieurs 'sous-jeux' sont ensuite proposés par les auteurs, chacun permettant de développer une habilité particulière. A travers deux expériences, ils comparent les performances d'une trentaine de participants. Le groupe expérimental est soumis à un entraînement utilisant les sous-jeux élaborés. Le groupe contrôle pratique directement le jeu complet. La procédure est la suivante (pour l'expérience 1) :

le premier jour, tous les participants sont soumis à deux essais du jeu complet ; les jours 2, 3 et 4, le groupe expérimental pratique la séquence d'entraînement (composées des sous-jeux élaborés) tandis que le groupe contrôle pratique le jeu complet ; les jours 5 et 6, les deux groupes pratiquent le jeu complet. La moyenne des scores des essais de chaque jour est mesurée pour chaque groupe ainsi que d'autres critères (rapidité notamment). Les auteurs observent clairement de meilleures performances pour le groupe expérimental. L'expérience 2, plus longue (neuf jours), introduit, pour le groupe expérimental, des sous-jeux supplémentaires. Elle offre les mêmes résultats : le groupe soumis à l'entraînement obtient de meilleures performances que le groupe qui pratique uniquement le jeu complet. Ces résultats montrent l'avantage d'un entraînement basé sur l'apprentissage progressif de compétences repérées préalablement chez des experts. Les auteurs concluent (p. 133-134) que « *lorsque la tâche d'apprentissage a été élaborée pour refléter les stratégies d'experts et pour intégrer les composantes de ces habilités, l'effet de l'apprentissage est supérieur à un entraînement basé sur la pratique de la tâche complète durant un temps comparable.* ».

Cette approche (analyser des protocoles d'experts) permet de développer des tâches restrictives qui facilitent le développement de stratégies spécifiques. Les habilités développées peuvent être générales et applicables non seulement à la tâche complète mais également à un autre environnement. La pratique de la tâche complète permet, selon les auteurs, le transfert des compétences acquises dans les sous-tâches.

3.3.4. Le 4C Instructional design model

S'appuyant sur ces conclusions, van Merriënboer, Jelsma et Pass définissent en 1992 : le « *four-component instructional design model* ». Ce modèle définit une stratégie d'apprentissage fondée sur la décomposition des compétences à acquérir. Les quatre composants de ce modèle sont : l'analyse des compétences de base (par exemple utiliser un ordinateur) ; l'analyse des compétences spécifiques (se rapportant exclusivement à la résolution de la tâche) ; l'analyse des pré-requis nécessaires pour utiliser les compétences récurrentes (c'est à dire identifier les concepts sous jacents à ces compétences) et l'analyse des pré-requis nécessaires pour utiliser les compétences non récurrentes (c'est à dire identifier les schémas qui doivent être élaborés lors de la réalisation de la tâche). Ce modèle (Jelsma & Bijlstra, 1990) propose un guide sur lequel s'appuyer lors de l'élaboration de séquence d'apprentissage. Pour van Merriënboer et al. (1992), la tâche ne peut être construite sans une analyse fine des compétences et des connaissances que l'on souhaite que l'apprenant élabore.

3.3.5. Bilan

Les travaux présentés ci-dessus mettent en avant la prévalence du simple sur le complexe dans le sens où ils privilégient un mode d'organisation hiérarchique basé sur la connaissance des compétences de base afin de les développer avant de proposer des

tâches plus complexes. Gagné (1962, 1968) nomme cette organisation une hiérarchie des apprentissages, tandis que van Merriënboer, Jelsma et Pass (1992) proposent un modèle structuré en quatre composants s'appuyant sur l'analyse des pré-requis pour guider l'apprentissage. Enfin, Frederiksen et White (1989) s'appuient sur des protocoles d'experts pour proposer des sous-tâches d'entraînement. Selon ces approches l'apprentissage est organisé d'éléments simples vers des éléments complexes.

3.4. Bilan du chapitre 3

Dans une première section, nous avons présenté les travaux liés aux interférences contextuelles. Selon ces travaux (Shea & Morgan, 1979 ; Lee & Magill, 1983), une bonne réussite en phase d'apprentissage n'est pas garant d'une réussite face à des nouveaux problèmes. En effet, une haute variabilité qui gêne la réussite en phase d'apprentissage semble favoriser l'apprentissage puisqu'elle permet une meilleure réussite face aux problèmes de transfert. De ces travaux nous pouvons également retenir que le mode d'organisation de la tâche est un facteur qui influence l'apprentissage en résolution de problèmes.

Les travaux de l'« *Instructional design* » soulignent également l'importance du mode d'organisation de la tâche. La prise en compte de la charge cognitive dans le mode d'instruction choisi en résolution de problèmes permet, d'après ces travaux (Pass & van Merriënboer, 1993 ; Salden & al., 2006), de favoriser l'apprentissage.

L'importance du mode d'organisation est enfin appuyée par d'autres travaux (Gagné, 1962, 1968). Ceux-ci appuient la prévalence du 'simple vers le complexe'. C'est-à-dire l'intérêt d'organiser la tâche de résolution de problèmes en fonction d'une hiérarchie des composants à acquérir.

A travers les différents travaux présentés (Gagné, 1962, 1968 ; Shea & Morgan, 1979 ; Lee & Magill, 1983 ; Pass & van Merriënboer, 1993 ; Salden & al., 2006), nous pouvons conclure en proposant trois hypothèses. Tout d'abord, selon les travaux de l'interférence contextuelle (Shea & Morgan, 1979 ; Lee & Magill, 1983), la variabilité de la tâche favorise l'apprentissage et l'élaboration des schémas. Ensuite, selon les travaux de l'« *Instructional design* » (Pass & van Merriënboer, 1993 ; Salden & al., 2006), les tâches qui favorisent la charge cognitive pertinente en réduisant les charges cognitives intrinsèque et inutile sont celles qui favorisent l'apprentissage. Enfin, selon d'autres travaux (Gagné, 1962, 1968), afin d'optimiser la phase l'apprentissage, il est pertinent de diviser la tâche en sous buts hiérarchisés, en fonction des habilités visées. C'est afin d'éprouver ces différentes hypothèses que nous menons notre recherche. Nous développons notre problématique dans le chapitre suivant.

Chapitre 4 : Discussion de la première partie

Au cours des chapitres précédents nous avons présenté le lien étroit entre résolution et apprentissage. Les processus engagés par l'individu pour résoudre le problème influencent la qualité des connaissances qu'il retire de la situation problème. Un autre facteur peut influencer l'élaboration de connaissances : le mode de présentation et/ou d'organisation de la tâche. Les différents travaux présentés nous conduisent à plusieurs hypothèses que nous développons dans ce chapitre.

Le Chapitre 1 a permis de présenter les différentes notions qui vont être utilisées dans cette recherche. Il a également permis de mettre en avant l'intérêt de la résolution de problème. C'est une situation complexe où deux processus entrent en concurrence : la résolution en elle-même, et l'apprentissage de nouvelles connaissances. Comme nous l'avons vu dans ce chapitre, la situation de problème est une situation propice aux apprentissages. Ceux-ci sont modélisés différemment suivant les approches présentées mais toujours liés à la situation de problèmes. De cette imbrication résolution de problème / apprentissage a découlé le second chapitre. En effet si la résolution d'un problème conduit à l'apprentissage de connaissances, la question de leur nature se pose.

Le Chapitre 2 visait à répondre à cette question. Nous avons conclu des différents travaux présentés (Gick & Holyoak, 1983 ; Ross, 1987 ; Reed, 1989) qu'en résolution de problème, les connaissances développées peuvent soit être stockées en tant qu'exemplaires soit être élaborées en structures complexes. Ces structures complexes sont nommées schémas. Cette notion a été définie dans ce chapitre à travers deux approches principales : celle de Schmidt (1975) et celle de Sweller (2003). Ce dernier utilise cette notion pour élaborer une théorie de la charge cognitive. Celle-ci est également définie dans ce chapitre. Elle prend en compte l'aspect limité de la mémoire de travail et illimité de la mémoire à long terme. Cette dernière stockant les connaissances sous forme de schémas. Ceux-ci sont plus ou moins automatisés et permettent de traiter plusieurs éléments d'information comme un seul. Cette théorie présente également l'importance de la prise en compte de la charge cognitive allouée à la tâche dans le mode de présentation utilisé. De cette prise en compte découlent plusieurs effets. Ceux-ci visent à limiter la charge cognitive mobilisée par la résolution de problèmes afin que les ressources puissent être investies dans l'élaboration de schémas et donc dans l'apprentissage. En effet, la résolution du problème peut nécessiter d'investir toutes les capacités cognitives disponibles dans la recherche de la solution et ainsi pénaliser l'apprentissage. Ce chapitre a également mis en avant l'importance du mode de présentation d'un problème. En effet, nous avons pu voir que l'impact du mode d'organisation est double puisqu'il influence la résolution du problème en termes de performance (temps nécessaire afin de trouver la solution par exemple) ainsi que l'apprentissage qui découlera de cette résolution (évaluer le plus souvent en termes de réussite à des problèmes de transfert). Ce chapitre a enfin permis de soulever certaines contraintes liées à l'élaboration des schémas. Ceux-ci sont davantage élaborés dans la confrontation de plusieurs problèmes suffisamment proches (structurellement et/ou sémantiquement). Ils contiennent à la fois des éléments généraux de structure et des éléments plus superficiels servant d'indices de récupération.

Dans le troisième chapitre, nous avons élargi notre point de vue sur le mode d'organisation des problèmes en présentant trois axes de recherches. Dans un premier temps, nous avons observé la prévalence de la variabilité dans le cadre de l'interférence contextuelle, où une haute variabilité qui gêne la réussite en phase d'apprentissage semble favoriser l'apprentissage puisqu'elle permet une meilleure réussite face aux problèmes de transfert. Dans un second temps, nous avons présenté les travaux de l'« *Instructional design* » (Pass & van Merriënboer, 1993 ; Salden & al., 2006), portés par les principes de la théorie de la charge cognitive, qui développent des modes d'organisation prenant en compte la charge cognitive. Pour finir, nous avons balayé les travaux (Gagné, 1962, 1968), portant la prévalence du simple sur le complexe. Ceux-ci supportent l'hypothèse d'organiser la tâche de résolution de problèmes en fonction d'une hiérarchie des composants à acquérir. Nous avons conclu ce chapitre en posant trois hypothèses. Tout d'abord, la variabilité favorise l'apprentissage dans la mesure où la charge cognitive requise ne surcharge pas l'apprenant. D'autre part, la prise en compte de la charge cognitive allouée à une tâche est pertinente si l'objectif est de développer l'élaboration de connaissances structurées. Enfin, l'organisation de la tâche en prenant en compte les habilités pré-requises est pertinente vis-à-vis de l'apprentissage de compétences complexes.

En lien avec la littérature exposée, nous faisons l'hypothèse générale suivante : si l'individu s'engage dans un processus analogique de résolution, c'est-à-dire de comparaison du problème rencontré avec les connaissances stockées en mémoire afin d'élaborer une solution pour résoudre le problème, cette stratégie favorisera l'élaboration de schémas structurés de connaissances permettant de faire face à de nouveaux problèmes même complexes. Dès lors la question de comment inciter les participants à s'engager dans ce type de processus se pose. Afin de répondre à cette question, nous testons trois hypothèses spécifiques liées au mode d'instruction et à son impact sur l'apprentissage à travers six expériences.

Notre première hypothèse opérationnelle découle des travaux sur l'interférence contextuelle et de la prise en compte des travaux sur la charge cognitive. Selon les travaux de l'interférence contextuelle (Shea & Morgan, 1979 ; Lee & Magill, 1983), la variabilité de la séquence d'apprentissage pénalise la réussite lors de cette séquence mais permet un meilleur apprentissage, mesuré par une meilleure réussite aux problèmes de transfert. L'explication qui peut être avancée est la suivante : la variabilité favorise l'élaboration des schémas, ce qui permet une meilleure réussite face à des nouveaux problèmes. Néanmoins cette variabilité requiert une forte mobilisation cognitive, et pénalise par là même la recherche de la solution, donc la réussite. Il apparaît que ce mode d'instruction incite l'apprenant plutôt à investir ces ressources dans l'apprentissage. De plus, la variabilité favorise l'élaboration de schémas plus riches et plus flexibles (Cheng & Mo, 2004). Dans cette perspective, notre première hypothèse opérationnelle est la suivante : un mode d'instruction intégrant de la variabilité conduit l'apprenant à s'investir davantage dans l'élaboration de connaissances. Nous testerons cette première hypothèse à travers les deux premières expériences.

Notre seconde hypothèse opérationnelle se situe dans la continuité des travaux de Gagné (1962, 1968). Elle s'enrichit de l'idée qu'élaborer une tâche en prenant en compte les habilités pré-requises est pertinent vis-à-vis de l'apprentissage de compétences complexes. Dans cette approche, il apparaît intéressant de proposer une hiérarchie des problèmes basée sur leur niveau de difficulté. Ce mode d'organisation conduirait à davantage de réussite dans la résolution des problèmes et davantage d'élaboration de schémas de résolution. La proximité de structure des problèmes présentés du plus facile ou plus difficile favorisant la comparaison des problèmes et par là même l'élaboration des schémas. Notre seconde hypothèse opérationnelle est testée lors des expériences n°3, 4, 5 et 6.

Notre troisième hypothèse opérationnelle découle de la prise en compte de la charge cognitive. Ceci semble pertinent si l'objectif est de développer l'élaboration de connaissances structurées. Selon la théorie de la charge cognitive, une tâche qui favorise la charge cognitive pertinente permet un meilleur apprentissage. C'est à dire qu'une tâche construite en minimisant les charges cognitives intrinsèque et inutile favorise l'élaboration de schémas. Face à ce type de tâche l'apprenant concentrerait ces ressources sur l'élaboration de schémas de résolution qui lui permettraient de faire face à de nouveaux problèmes. Dans cette optique, notre troisième hypothèse opérationnelle est la suivante : le mode d'organisation d'une tâche favorise l'apprentissage et la réussite lorsque la charge cognitive n'est pas trop importante. L'apprentissage profite alors d'un processus d'élaboration des connaissances en schémas de résolution. Les expériences n°4 et 5 permettrons également d'explorer cette hypothèse.