

mode de présentation / mode d'organisation, impact sur la réussite en résolution de problèmes

Nous avons montré dans le chapitre précédent que la similarité visuelle favoriserait l'abstraction de connaissances tout comme le suggéraient les travaux de Holyoak et Koh (1987). Cependant, cela n'influence pas la réussite des participants aux problèmes de transfert. La variabilité de visuelle des problèmes semblant induire des différences dans les performances des participants. L'introduction d'une hiérarchisation de ces problèmes en fonction de leur niveau de difficulté pourrait influencer la réussite (Gagné, 1962, 1968)

6.1. Problèmes isomorphes et mode d'organisation : introduction

D'après les travaux de Shea et Morgan (1975) et de Cheng et Mo (1993), la variabilité favorise l'élaboration de schémas de résolution. Hors, nous avons observé dans notre première expérience que la proximité visuelle semblait favoriser l'abstraction de connaissances, tout comme l'observait Holyoak et Koh (1987).

Cependant, nous n'observons pas de différences de performances en fonction de la proximité ou de la dissimilarité visuelle. Le problème test visuellement différent ayant été fortement échoué (Figure 30). Les résultats de notre expérience montraient également une différence de réussite aux problèmes d'apprentissage visuellement différents (Figure 30) alors qu'aucune différence n'était observée pour les problèmes d'apprentissage visuellement équivalents (Figure 30). La variabilité visuelle semble induire une différence de difficulté dans les problèmes.

Selon Gagné (1968) utiliser une hiérarchisation d'apprentissage favorise la réussite de problèmes complexes. Nous introduisons donc une condition hiérarchisée où nous présentons les problèmes visuellement différents selon une hiérarchie de difficulté.

Dans cette expérience, nous étudions l'impact de la variabilité des traits de surface de problèmes issus du jeu du Démineur© (visuellement équivalents ou visuellement différents) sur la réussite à des problèmes de transfert (visuellement équivalent ou visuellement différent). Nous introduisons une hiérarchisation des problèmes visuellement différents. Nous faisons l'hypothèse que cette hiérarchisation compensera la variabilité visuelle et favorisera la réussite des problèmes.

6.2. Méthode

6.2.1. Participants

75 volontaires (dont 21 garçons), étudiants à l'Université de Bourgogne, ont participé à cette deuxième expérience (âge moyen 20 ans ; écart type 9 mois). Ils sont non naïfs²⁹ et répartis aléatoirement et équitablement entre les trois conditions expérimentales.

6.2.2. Matériel

Quatorze problèmes issus du Démineur© (Figure 36) sont utilisés dans cette expérience. Six de ces problèmes sont utilisés dans la phase d'apprentissage pour la première condition, ils présentent une similitude visuelle forte avec les problèmes tests. Six autres sont utilisés dans la phase d'apprentissage pour la seconde et la troisième condition, ils ne présentent pas de similitudes visuelles avec les problèmes tests. Les deux autres

²⁹ C'est-à-dire qu'ils connaissent le jeu du Démineur© et qu'ils en maîtrisent les règles.

problèmes sont utilisés dans la seconde phase pour les trois conditions expérimentales. Ces deux problèmes sont proches visuellement entre eux et proche également des problèmes utilisés dans la première condition. Ils sont différents visuellement des problèmes utilisés dans la condition 2 et 3. Tous les problèmes utilisés dans cette expérience peuvent être résolus avec la même règle de résolution de soustraction des surfaces. Les problèmes visuellement différents sont de difficulté différente. Cette difficulté étant liée à l’habillage des problèmes.

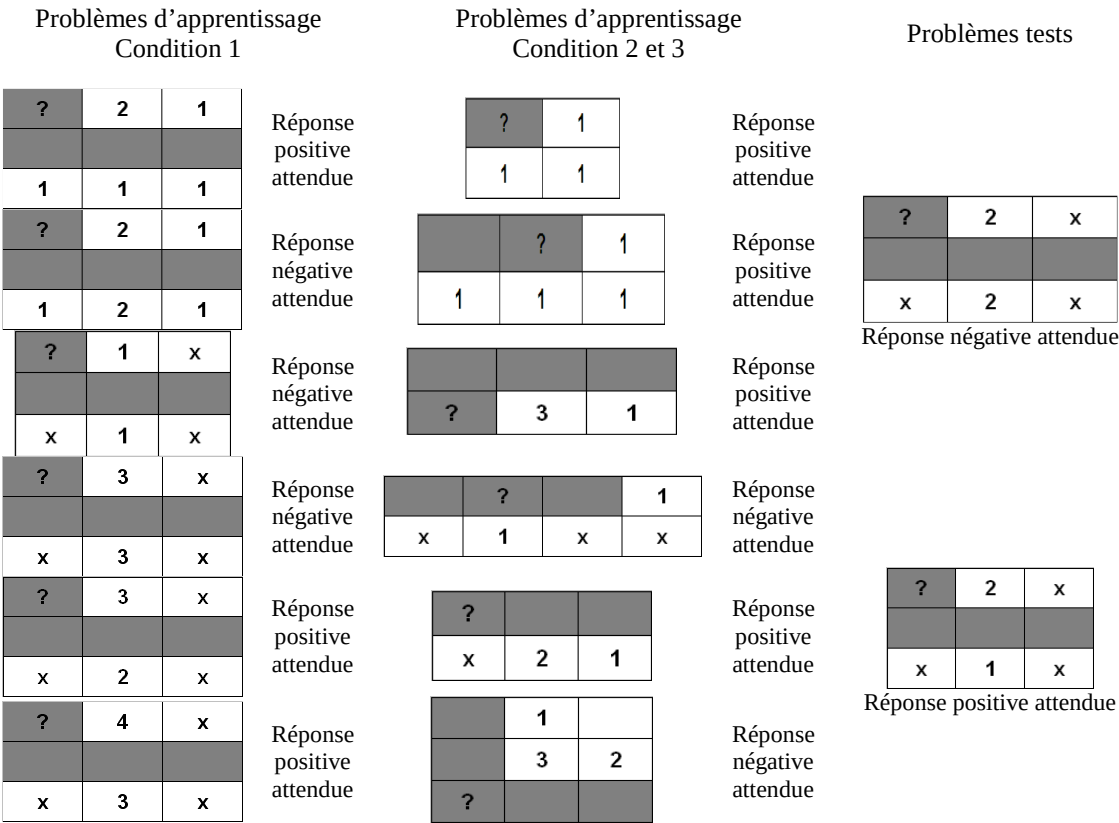


Figure 36 : Problèmes utilisés dans l'expérience n°2

Nous utilisons notre didacticiel pour présenter les problèmes aux participants. Toute l'expérience est informatisée.

6.2.3. Procédure

Phase d'apprentissage (Tableau XII) : Après explicitation de la consigne, les six premiers problèmes sont présentés un par un aux participants³⁰. Dans la première condition, les problèmes visuellement proches sont présentés aléatoirement. Dans la seconde condition, les six problèmes visuellement différents sont présentés

³⁰ Les participants ne réalisent qu'une seule condition.

aléatoirement. Dans la troisième condition, les six problèmes visuellement différents sont présentés de manière hiérarchisée, du plus facile au plus difficile.

Tableau XII : Détail de la procédure pour la phase d'apprentissage

Conditions expérimentales	Phase d'apprentissage			Phase test
	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Pour les trois conditions
Matériel utilisé	Problèmes visuellement proches	Problèmes visuellement différents	Problèmes visuellement différents	Problèmes test
Mode de présentation	Aléatoire	Aléatoire	Hiérarchisée	Aléatoire

Phase test : les deux problèmes tests sont présentés de manière contrebalancée (Tableau XII).

6.3. Résultats

La Figure 37 présente les patterns de résultats obtenus sur les problèmes tests. Pour mesurer les performances des participants nous prenons en compte leurs niveaux de réussite c'est à dire le nombre de problèmes réussis parmi les deux problèmes tests. Le niveau de réussite varie du zéro à un ('zéro' représentant l'échec aux deux problèmes tests ; 'un' la réussite aux deux problèmes tests).

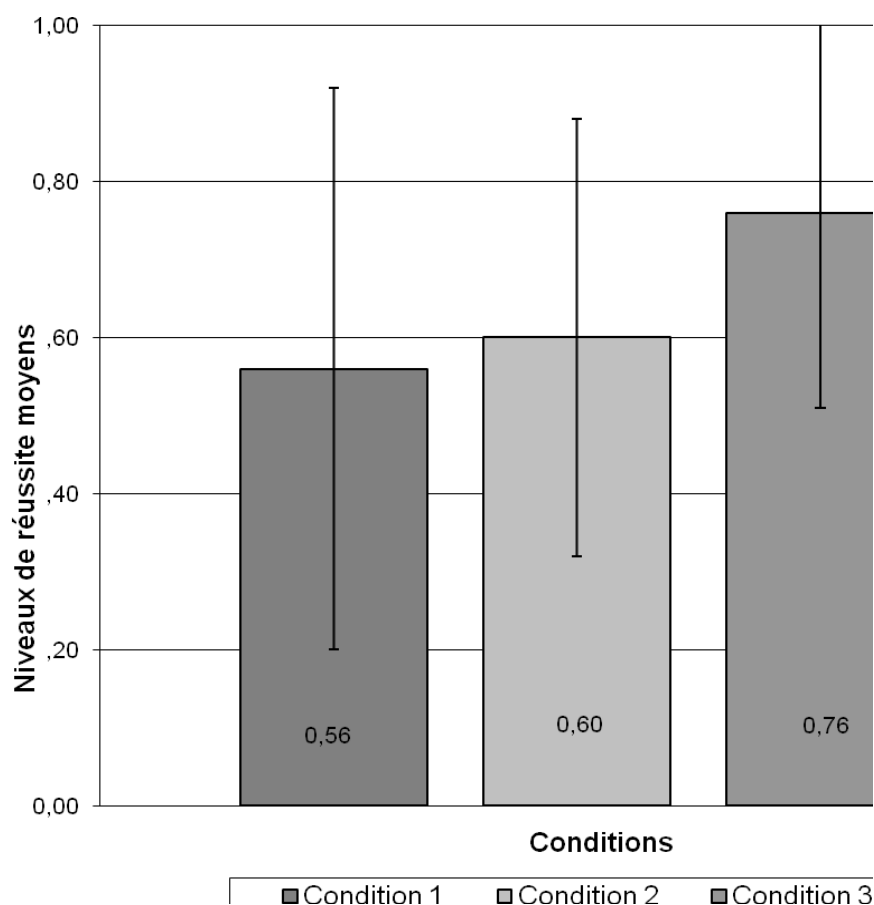


Figure 37 : Niveaux de réussite par condition

Afin d'examiner l'hypothèse de l'impact de la variabilité sur le transfert, une ANOVA a été conduite. Cette analyse indique que le niveau de réussite des participants varie significativement en fonction de la condition expérimentale ($F(2, 72) = 3.571, p < .033$). Les participants réussissent davantage les problèmes tests lorsqu'ils sont confrontés aux problèmes visuellement différents dans la première phase s'ils sont présentés de manière hiérarchisée (0.76 vs 0.60 vs 0.56).

La différence de performance entre les participants de la condition 1 et de la condition 2 est non significative ($t(48) = -.660, ns$). Les participants confrontés à des problèmes visuellement proches lors de l'apprentissage ne réussissent pas mieux les problèmes tests que les participants confrontés à des problèmes visuellement différents. La performance de la condition 3 est significativement différente des deux autres conditions ($t(48) = -2.535, p < .015$; $t(48) = -2.077, p < .043$). Les participants confrontés aux problèmes visuellement différents de manière hiérarchisée réussissent mieux les problèmes test que les participants confrontés aux mêmes problèmes présentés de manière aléatoire. Ils réussissent également mieux que les participants confrontés à des problèmes visuellement proches lors de l'apprentissage.

Les résultats montrent l'impact positif de la hiérarchisation sur l'apprentissage. Nous n'observons pas d'effet de l'habillage des problèmes.

6.4. Discussion de l'expérience 2

Les résultats de cette expérimentation mettent en avant la prévalence de l'organisation sur le visuel des problèmes. En effet, nous n'observons pas d'effet du visuel des problèmes (pas de différences entre les conditions utilisant des problèmes visuellement équivalents et visuellement différents). Cependant, nous observons un effet de l'ordre de présentation des problèmes. Lorsque les problèmes sont présentés de manière hiérarchisée dans la phase d'apprentissage, les participants réussissent davantage les problèmes tests. L'organisation des problèmes impacte davantage la réussite que l'aspect visuel des problèmes.

Face à des problèmes présentés aléatoirement, les participants peuvent être tentés d'utiliser une stratégie de mémorisation d'exemplaire comme processus d'apprentissage qui les conduit à faire des erreurs faces aux problèmes tests. A l'inverse, avec une présentation hiérarchisée, les participants peuvent élaborer des schémas de résolution et les utiliser pour résoudre les problèmes tests. Ils obtiennent davantage de réussite aux problèmes tests. La hiérarchisation des problèmes permet de faire le lien entre les problèmes. C'est dans cette démarche que l'élaboration d'un schéma de résolution est possible (Bernardo, 1994). La proximité plus forte entre les problèmes dans ce type d'organisation favorise ce processus de résolution et donc l'élaboration de connaissances permettant de faire face aux problèmes de transfert.

Nous pouvons conclure de cette expérimentation que la réussite de nouveaux problèmes est fortement conditionnée par le mode d'organisation des problèmes dans la phase d'apprentissage, celui-ci conditionnant le processus mis en jeu lors de cette phase. Il apparaît que lorsque nous favorisons, par un mode d'organisation adapté, l'élaboration de schéma de résolution, par rapport à un processus de mémorisation d'exemplaire, nous permettons aux participants de réussir davantage de problèmes tests.

Comme nous avons pu le voir dans la première partie, si de nombreux travaux ont déjà porté sur la structuration interne des problèmes et leur lien avec les mécanismes cognitifs (e.g., Sweller et al, 2000) très peu de recherches ont porté sur les effets du mode d'organisation de plusieurs problèmes, de difficultés différents. Dans la poursuite des résultats obtenus dans l'expérience présentée précédemment, nous souhaitons confirmer l'hypothèse de l'effet positif d'un mode d'organisation particulier - un mode d'organisation hiérarchisé - sur la réussite de problèmes complexes.

La théorie de la charge cognitive (Sweller, 1988) rend compte des phénomènes de surcoûts cognitifs qui vont gêner la réussite. En situation de résolution de problèmes, la mémoire de travail ayant une capacité limitée, les apprenants doivent partager leurs ressources cognitives entre le problème à résoudre et l'extraction de règles de résolution. Sweller et Levine (1982) propose, dans cette hypothèse, de travailler à réduire le besoin de ressources pour la résolution afin de laisser davantage de ressources disponibles pour l'apprentissage.

Dans le même esprit, de Croock, van Merriënboer et Pass (1998) étudient l'impact du contexte de la tâche sur la résolution de problèmes. Les problèmes (problèmes de diagnostiques des erreurs d'un système de distillerie d'alcool) sont soit présentés de manière aléatoire (forte interférence contextuelle) soit par blocs en fonction de leur

structure (faible interférence contextuelle). Dans cette étude, les présentations comparées sont : une présentation aléatoire des problèmes et une présentation par bloc (en fonction de leurs structures) des mêmes problèmes c'est à dire ABCBCA vs AAABBBCCC. Ils observent que face à une présentation aléatoire des problèmes (interférence importante) les participants ont besoin de plus de temps et font plus d'erreurs qu'en situation de faible interférence (présentation des problèmes de même structure par blocs). Ils répliquent ces résultats en 2007 (de Croock & van Merriënboer, 2007) en montrant notamment que les participants en situation d'inférence importante réussissent moins bien que les participants en situation de faible inférence (cf. 3.1.2.). Ceux-ci ont besoin de plus de temps pour compléter les cas pratiques et font plus de mauvais diagnostics. D'autre part, ils rapportent une plus forte charge cognitive (mesurée à l'aide d'une échelle d'évaluation). Les auteurs expliquent ces résultats par le fait qu'en situation de faible inférence, la présentation par bloc allège la charge cognitive. Les participants réussissent mieux les problèmes et ont davantage l'opportunité d'extraire des règles de résolution.

Dans notre recherche, nous testons l'impact positif d'un mode d'organisation hiérarchisée en fonction de la difficulté de plusieurs problèmes sur leurs réussites. Nous avons comparé un mode d'organisation en aléatoire d'une trentaine de problèmes et un mode d'organisation ordonné de ces mêmes problèmes (BCA vs ABC). Le mode ordonné proposant les problèmes suivant un ordre croissant de difficultés. Il nous apparaît, en accord avec la théorie de la charge cognitive et des études présentées ci-dessus, qu'une présentation en aléatoire devrait demander aux participants de grandes ressources cognitives pour intégrer les différences de structures en règle de résolution générale. A l'inverse, une présentation hiérarchisée devrait permettre une mobilisation des ressources cognitives dans l'élaboration progressive de règles de résolution complexes. Puisque les ressources cognitives à mobiliser pour la réussite des premiers problèmes ne sont pas très importantes (problèmes faciles d'application de la règle) dans la condition hiérarchisée, les participants auront la possibilité d'élaborer des schémas généraux de résolution. Par contre, en condition aléatoire, la demande de ressources cognitives affectées à la résolution étant aléatoire (problèmes de difficultés variables) et celle nécessaire pour comparer les problèmes et élaborer des règles de résolution étant plus importante qu'en condition hiérarchisée, les participants de cette condition devraient moins bien réussir les problèmes.

Nous faisons l'hypothèse que la proximité structurelle des problèmes et la stabilité visuelle (les différences visuelles n'ayant pas d'impact sur la réussite ; cf. expérience 1 & 2) doivent inciter les participants à utiliser un processus de comparaison des problèmes favorisant l'extraction de connaissances générales, en condition hiérarchisée.

Nous avons montré dans l'expérience présentée précédemment qu'un mode d'organisation hiérarchisé peut favoriser la réussite de problèmes de transfert. L'expérience que nous réalisons souhaite confirmer ces résultats en utilisant un plus grand nombre de problèmes. Notre hypothèse est qu'un mode d'organisation hiérarchisée facilitera la résolution des problèmes, tandis qu'une présentation aléatoire pénalisera le niveau de réussite des participants. Les meilleures performances (nombre de problèmes réussis et temps de réponse) devraient être obtenues par les participants de la condition hiérarchisée.

6.5. Méthode

6.5.1. Participants

46 étudiants (dont 5 garçons ; âge moyen 20 ans ; écart type 6 mois) en deuxième année de Licence de psychologie à l'Université de Franche-Comté ont participé, volontairement, à l'expérience. Ils étaient non naïfs puisqu'ils connaissaient et pratiquaient le jeu du Démineur®. Ils ont été répartis aléatoirement dans les deux conditions expérimentales

6.5.2. Matériel

Le matériel de cette expérience était constitué de trente problèmes issus du jeu Windows du Démineur® (cf. A.1). La moitié des problèmes est positive (il y a bien une mine sous le point d'interrogation) l'autre moitié est négative (il n'y a pas de mine sous le point d'interrogation). Nous utilisons notre didacticiel Delphi pour la passation (Figure 17). Toute l'expérience est informatisée.

6.5.3. Procédure

30 problèmes sont utilisés dans cette expérience. Dans une première condition, les problèmes sont présentés aux participants de manière complètement aléatoire. Dans une seconde condition, les problèmes sont présentés aux participants de manière hiérarchisée. Cette hiérarchie est basée sur le niveau de difficulté des problèmes présentés de manière croissante (du plus facile au plus difficile).

Cette expérience s'est déroulée dans une salle informatique du département de psychologie de l'Université de Franche-Comté. La passation était individuelle. Elle durait une dizaine de minutes. Les problèmes étaient présentés informatiquement, un par un, selon la condition expérimentale, aléatoirement ou de manière hiérarchisée. Les participants devaient pour chaque problème déterminer si une mine était cachée sous la case indiquée par le point d'interrogation. Le problème suivant est présenté immédiatement après la validation de la réponse par le participant. Il n'y a pas de phase d'entraînement. Dans chaque condition, la qualité de la réponse (réussite ou échec) et le temps de réponse étaient pris en compte.

6.6. Résultats

6.6.1. Niveaux de réussite

Pour mesurer la performance des participants, nous nous sommes intéressés, dans un premier temps, à la qualité des réponses : réussite ou échec aux problèmes. Nous avons noté le niveau de réussite des participants c'est à dire le nombre de problèmes réussis divisé par le nombre de problèmes présentés. Ce résultat variait pour chaque participant entre zéro et un ('zéro' représentant l'échec aux trente problèmes ; 'un' la réussite aux trente problèmes).

La Figure 38 présente le niveau de réussite moyen pour chaque condition.

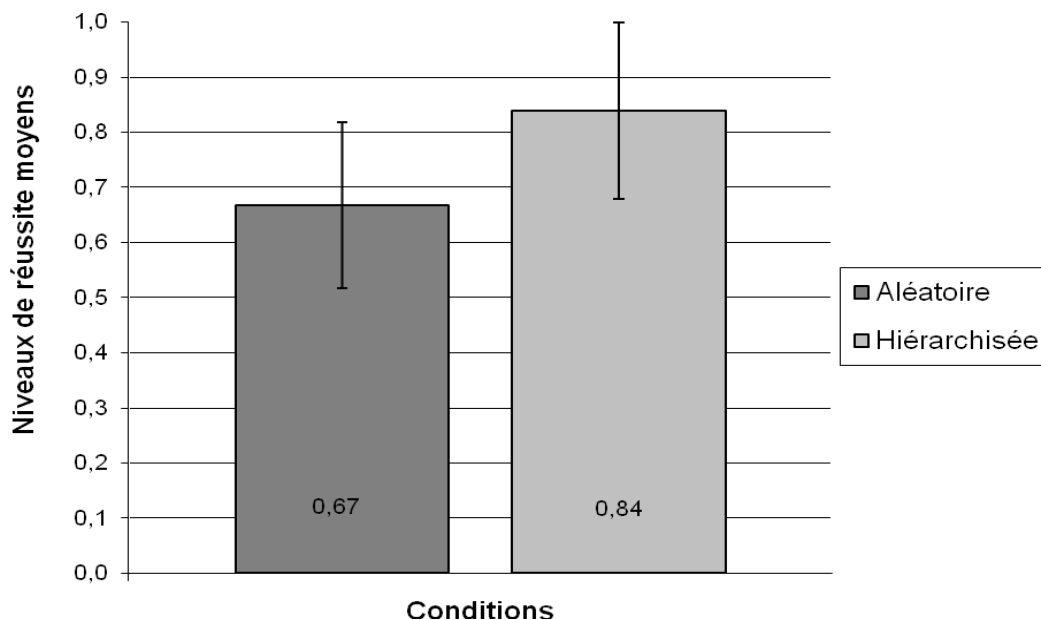


Figure 38 : Niveaux de réussite moyen pour la condition hiérarchisée et aléatoire.

Les résultats montrent comme attendu un meilleur niveau de réussite pour la condition hiérarchisée (0.84 dans la condition hiérarchisée vs 0.67 dans la condition aléatoire) et cette différence est significative ($F(1,44) = 14.315$, $p < 0.001$). Les participants réussissent davantage de problèmes en condition hiérarchisée qu'en condition aléatoire.

Les participants qui sont confrontés aux problèmes de manière hiérarchisée obtiennent de meilleurs résultats (plus de réussite) face aux problèmes que les participants qui sont confrontés aléatoirement aux mêmes problèmes.

La Figure 39 présente le niveau de réussite moyen des participants des deux groupes en fonction de six groupes de problèmes³¹.

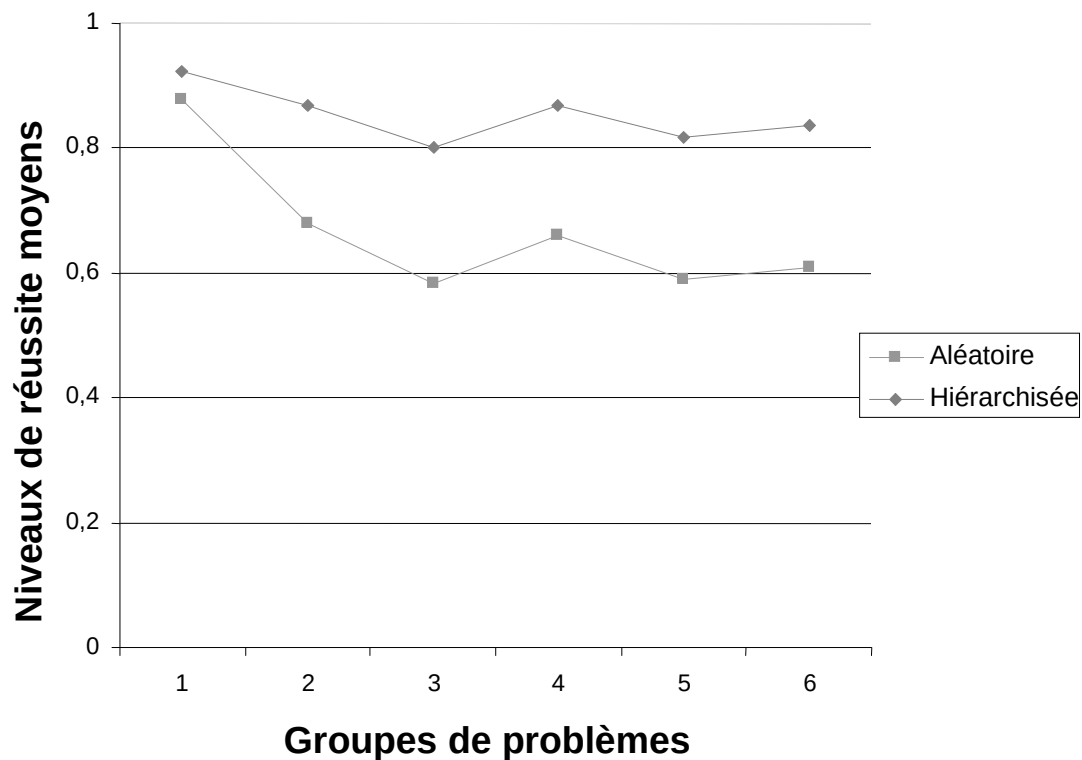


Figure 39 : Niveaux de réussite moyens par groupe de problèmes pour la condition hiérarchisée et aléatoire

Nous avons réalisés une analyse de variance pour chaque groupe de problèmes. Cette analyse a mis en évidence un effet du mode d'organisation des problèmes dès le troisième groupe de problèmes ($F(1,8) = 3.737$, ns pour le premier groupe ; $F(1,8) = 3.185$, ns pour le second groupe ; $F(1,8) = 18.647$, $p < 0.003$ pour le troisième groupe ; $F(1,8) = 18.238$, $p < 0.003$ pour le quatrième groupe ; $F(1,8) = 5.407$, $p < 0.049$ pour le cinquième groupe et $F(1,8) = 25.065$, $p < 0.001$ pour le dernier groupe). Les participants confrontés à un mode d'organisation hiérarchisée réussissent davantage les problèmes que les participants confrontés aux problèmes de manière aléatoire. Ils réussissent davantage de problèmes complexes.

³¹ Les problèmes sont groupés par cinq en fonction de leur niveau de difficulté (les cinq premiers, puis les cinq suivants, etc....).

6.6.2. Temps de réponse

Nous observons que les temps de réponse augmentent proportionnellement à la difficulté des problèmes et ce quel que soit la condition expérimentale (Figure 40) de manière significative ($F(1, 8) = 11.596, p < 0.009$).

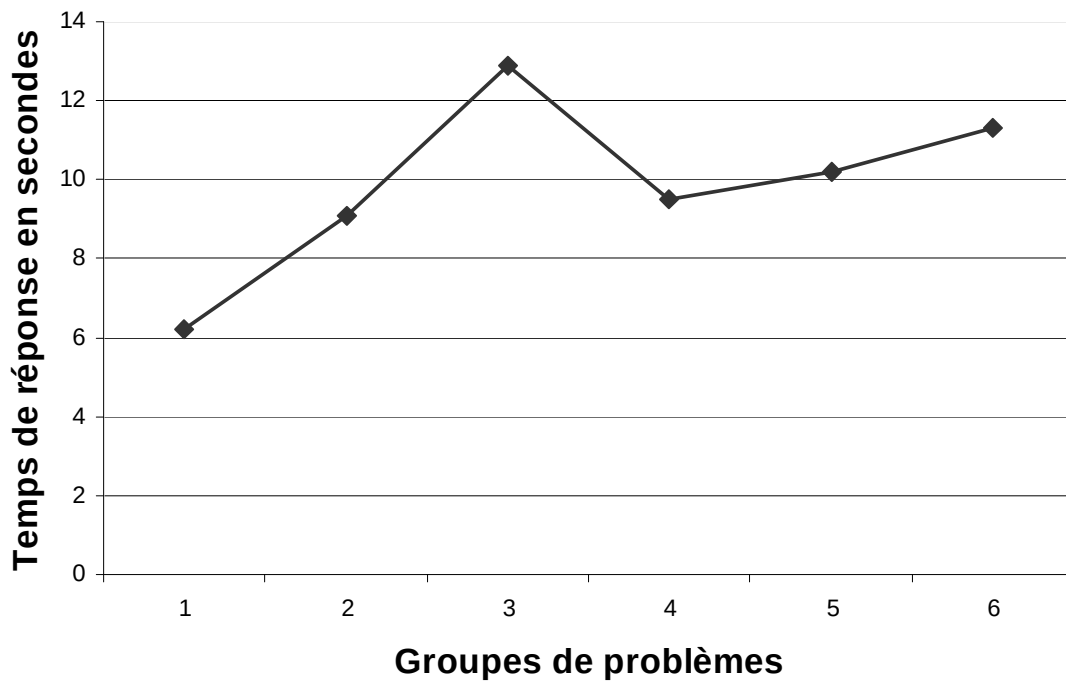


Figure 40 : Temps de réponse moyen par groupes de problèmes - les deux conditions sont confondues

La Figure 41 présente les temps de réponses moyen obtenus pour chaque condition tout type de réponse confondue (réussite et échec).

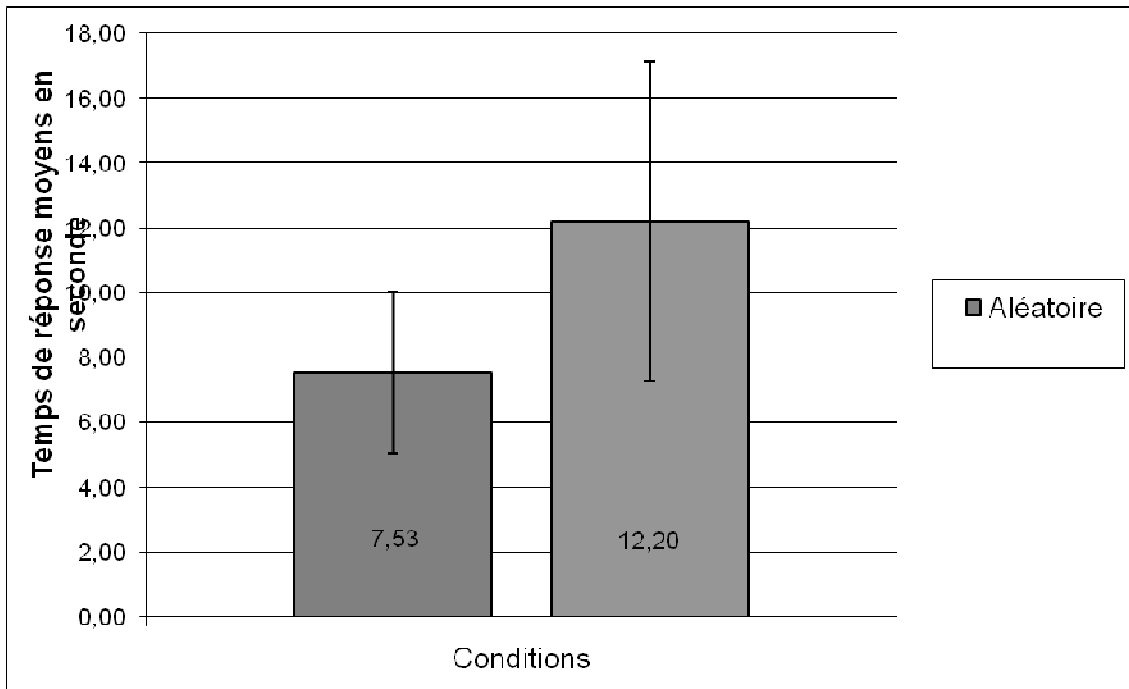


Figure 41 : Temps de réponse moyen pour la condition hiérarchisée et aléatoire (en sec.)

Contrairement à nos attentes, les participants de la condition hiérarchisée prennent plus de temps pour répondre que les participants de la condition aléatoire (12.20 secondes en moyenne pour les participants de la condition hiérarchisée vs 7.53 secondes en moyenne pour les participants de la condition aléatoire) et cette différence entre les deux conditions est significative ($F(1,44)=11.935, p<0.001$). Ce résultat est répliqué quelque soit le groupe de problèmes (Figure 42).

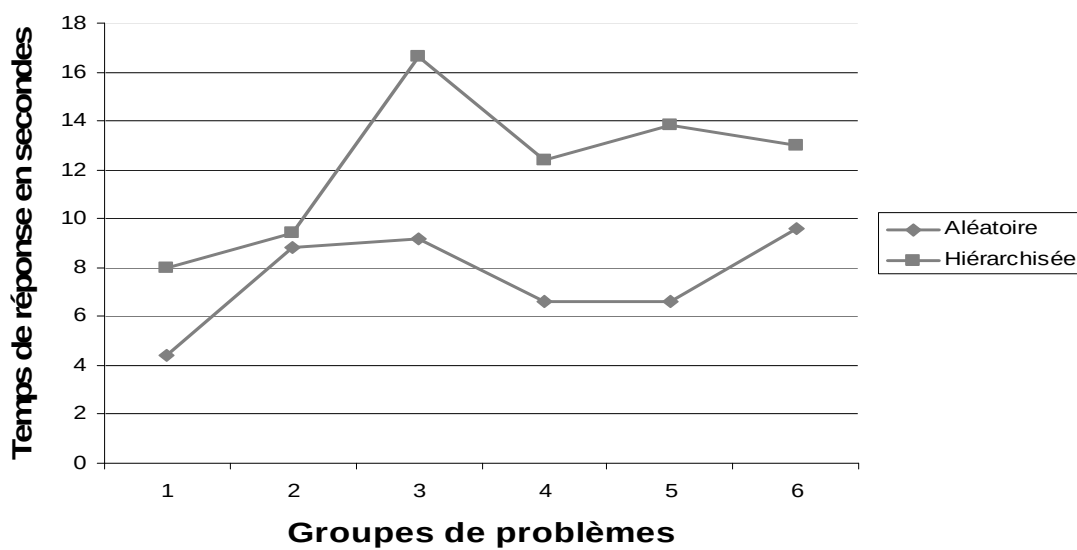


Figure 42 : Temps de réponse moyens par groupes de problèmes en fonction des deux conditions

Face à une présentation hiérarchisée des problèmes, les participants ont la possibilité d'élaborer puis d'enrichir au fur et à mesure des schémas de résolution. Les participants soumis à une présentation aléatoire des mêmes problèmes, moins favorisés, analyseraient chaque problème l'un après l'autre pour le résoudre. La résolution des problèmes complétés par l'élaboration de règles de résolution (favorisée par une présentation hiérarchisée des problèmes) exigerait davantage de temps que la résolution des problèmes seule. Les participants de la condition aléatoire inhiberaient l'élaboration des schémas puisqu'elle n'est pas facilitée par la présentation anarchique des problèmes. En situation d'organisation aléatoire, les participants doivent reconstruire une procédure de résolution appropriée face à chaque nouveau problème. Face à cette présentation anarchique, nous pouvons également évoquer une moins grande motivation des participants à rechercher la solution des problèmes. Ceci pourrait expliciter le temps de réponse moyen plus faible pour le groupe aléatoire que pour le groupe hiérarchisé (réponses au hasard).

6.7. Discussion de l'expérience 3

Selon nos hypothèses, présenter les problèmes de manière hiérarchisée devait produire de meilleures performances chez les participants. Nous nous attendions donc à ce que les participants confrontés à cette condition réussissent davantage de problèmes avec des temps de réponse plus courts. Les résultats obtenus ne valident que partiellement nos hypothèses. Nous observons une différence significative des niveaux de réussites et des temps de réponse des participants entre les deux conditions. Bien que les participants de la condition hiérarchisée réussissent davantage de problèmes, ils prennent globalement plus de temps pour répondre.

Cette étude réplique les résultats obtenus dans les recherches menées précédemment. Ainsi, comme le montre l'étude de Croock & van Merriënboer (2007), un mode d'organisation aléatoire pénalise la réussite dans une tâche de résolution de problèmes. Face à un mode d'organisation hiérarchisée, les participants sont libres d'élaborer des règles de résolution au fur et à mesure de la présentation. Ils peuvent ensuite utiliser ces règles pour résoudre les problèmes plus complexes. A l'inverse, les participants du groupe aléatoire sont gênés par cette présentation anarchique et ont donc plus de difficultés à extraire des règles de résolution pour faire face aux problèmes complexes. Comme l'avancé Sweller (1988), la recherche de solution entre en concurrence avec l'élaboration des règles. Les processus sont en compétition et cette compétition peut gêner la réussite lorsque le mode d'organisation des problèmes n'est pas favorable. En situation hiérarchisée, les participants peuvent aisément partager leurs ressources cognitives face aux premiers problèmes puisque ce sont des problèmes faciles. Ils peuvent à la fois chercher, trouver la solution d'un côté et élaborer, restructurer des règles de résolutions d'un autre côté. Ils peuvent ensuite réutiliser ces règles pour résoudre les problèmes plus complexes tout en les restructurant au fur et à mesure de la passation. En situation aléatoire, les participants peuvent plus difficilement à la fois élaborer ou restructurer leurs règles de résolution et rechercher la solution. D'autre part, ils ne disposent pas forcément de la bonne règle en mémoire (à l'inverse des

participants du groupe ordonné qui ont pu la construire au fur et à mesure de la passation, de manière appropriée). Enfin, commencer la tâche par un problème complexe produit une demande de ressources cognitives élevée avec un effet négatif sur la réussite et l'élaboration de connaissances (van Merriënboer, Kirschner & Kester, 2003). Les règles déjà élaborées lors de la résolution des premiers problèmes en situation hiérarchisée aident à résoudre les problèmes suivants. La recherche de solution demande alors moins de ressources cognitives - il n'y a pas surcharge - et le participant peut donc consacrer le reste de ses ressources à la restructuration des règles dont il dispose à la lumière des nouveaux problèmes (et ainsi de suite, au cours de la passation).

Une présentation aléatoire des problèmes est une situation de forte interactivité qui pèse sur la réussite des participants. Alors que face à une présentation hiérarchisée des problèmes, l'augmentation de la difficulté est globalement compensée par la hiérarchisation des problèmes. Guider les participants grâce à une présentation hiérarchisée semble favoriser la performance (Kirschner, Sweller & Clark, 2006).

Hiérarchiser le problème induit une proximité structurelle des problèmes. Celle-ci semble favoriser un processus de résolution de comparaison des problèmes et donc une élaboration de connaissances générales sur les problèmes structurées en schémas de résolution permettant de résoudre les problèmes complexes.

Bien qu'elle appuie notre hypothèse de prévalence d'un mode d'organisation hiérarchisée, cette expérimentation soulève d'autres questions : les participants ont-ils réellement élaboré des règles de résolution ? Peuvent-ils les expliciter ? Quelles sont leurs caractéristiques ? Permettent-elles une meilleure réussite face à de nouveaux problèmes ?

De Croock et al. (1998) montrent que la difficulté constatée des participants en situation d'interférence importante (présentation aléatoire des problèmes) s'accompagne d'une meilleure réussite à des tests de transferts (nouveaux problèmes présentés deux semaines après la première tâche). D'autre part, les participants qui sont confrontés à une présentation aléatoire des problèmes rapportent un plus fort effort mental (sur une échelle de mesure subjective) que les participants qui se sont vus présenter les mêmes problèmes mais de manière groupée. Les temps de réponse plus importants observés dans la condition hiérarchisée peuvent être mis en corrélation avec un fort effort mental. La résolution de problème et l'élaboration de schéma de résolution exigeant davantage de temps et de ressources cognitives. Cependant, d'après la théorie de la charge cognitive (Sweller & al., 1998 ; de Croock & van Merriënboer, 2007), la variabilité exige davantage de ressources cognitives qu'une présentation organisée. Dans cette hypothèse, la condition aléatoire demande davantage de ressources cognitives aux participants et donc les pénalise dans leur recherche de la solution, ce qui les conduit à une réponse rapide au hasard. Nous menons plusieurs expériences dans le but de tester cette hypothèse.