

Impact des traits de surface sur le transfert par l'analyse des mouvements oculaires

Nous faisons l'hypothèse qu'un mode d'instruction qui favorise l'élaboration de connaissances abstraites et structurées en schémas est celui qui incite les participants à utiliser un processus de résolution analogique basé sur la comparaison des problèmes. Afin de le vérifier, nous testons dans ce chapitre, l'hypothèse spécifique selon laquelle la variabilité serait une caractéristique de ce mode d'instruction optimum.

L'expérience que nous présentons dans ce chapitre utilise l'analyse des mouvements oculaires pour explorer les processus de résolution des participants et tester l'impact de la variabilité des traits de surface des problèmes sur ceux-ci.

5.1. Introduction

La première hypothèse spécifique que nous testons découle des travaux sur l'interférence contextuelle (Shea & Morgan, 1979 ; Lee & Magill, 1983), et pose qu'un mode d'instruction intégrant de la variabilité favorise l'élaboration de schémas généraux puisque ce mode d'organisation de la tâche incite les participants à comparer les problèmes et à extraire une structure commune.

Les connaissances élaborées lors de la phase d'apprentissage sont le plus souvent évaluées à partir de problèmes de transfert. Ces problèmes sont proposés après la phase d'apprentissage à tous les participants quel que soit le mode d'instruction auquel ils ont été confrontés. Ils permettent d'évaluer à travers leur réussite et/ou le temps de réponse le niveau de compétences des participants. La réussite des problèmes de transfert suggère que des connaissances ont été élaborées lors de la phase d'apprentissage, c'est à dire lors de la résolution des problèmes sources. Cette approche est sous-tendue par la notion de transfert. Ce mécanisme permet d'utiliser la solution d'un problème analogue, stockée en mémoire, pour résoudre le problème rencontré. Largement étudié en tant que tel, il exige une recontextualisation des schémas (Richard, 1990). Celle-ci serait fortement dépendante de la représentation qui est faite du problème (Kotovsky & Fallside, 1989) et des traits de surface des problèmes (Holyoak & Koh, 1987 ; Ross, 1984, 1987). Reed, Ernst et Banerji (1974) observent que le transfert entre deux problèmes proches (le problème des missionnaires et des cannibales et celui des maris jaloux) a lieu uniquement si les participants ont à résoudre celui des maris jaloux en premier et qu'ils sont explicitement informés du lien entre les deux problèmes. Gick et Holyoak (1980) montrent, quant à eux, que l'utilisation de la solution du problème de la tumeur pour résoudre le problème de la forteresse décline lorsque les participants ne disposent pas d'indices pour les y aider. Dans leur étude, Gick et Paterson (1992) examinent l'effet d'un troisième exemple (problème contraste de non convergence) sur l'acquisition d'un schéma de résolution et sur le transfert de la solution à un nouveau problème. L'utilisation de ce troisième problème facilite l'acquisition de schémas ainsi que le transfert de la solution. Cependant lorsque les éléments superficiels du troisième exemple diffèrent des deux autres problèmes, l'effet de facilitation et de transfert n'étaient pas observés.

Reed, Dempster et Ettinger (1985) étudient le transfert à travers quatre expériences. Ils s'interrogent sur la manière dont des étudiants peuvent utiliser les solutions de divers problèmes pour résoudre de nouveaux problèmes (problèmes d'algèbre). Dans chaque expérience, les participants résolvent tout d'abord un premier problème source puis deux problèmes tests. La solution du problème source leur est présentée avant les problèmes tests. Le problème source est soit en lien avec les problèmes tests (groupe expérimental) soit sans lien (groupe contrôle). Pour le groupe expérimental, un des problèmes test est équivalent au premier problème (il peut être résolu exactement de la même manière), l'autre est similaire (il requiert une légère modification de la procédure pour être résolu). Le groupe contrôle étudie les mêmes problèmes tests. Dans la première expérience, les participants du groupe contrôle et du groupe expérimental ne diffèrent pas significativement dans leur habilité à résoudre les problèmes tests qu'ils soient équivalents ou similaires. Cependant, le groupe expérimental produit davantage

de bonnes équations que l'autre groupe [29% vs 10%]. Les deux groupes réussissent davantage les problèmes équivalents que les problèmes similaires. Les auteurs font l'hypothèse que le faible niveau de performance du groupe qui a travaillé dans un premier temps sur un problème du même domaine par rapport à celui du groupe qui a travaillé sur un problème sans lien, est dû à la difficulté pour les participants de se rappeler la solution. La seconde expérience teste cette hypothèse. Lorsque les participants ont accès à la solution du premier problème, ils produisent plus de réponses correctes que lorsqu'ils n'y ont pas accès (38% vs 18%) pour les problèmes équivalents. Il n'y a pas de différences pour les problèmes similaires. Les auteurs font alors l'hypothèse que c'est l'abstraction de la solution qui pose problème aux participants. L'expérience 3 introduit une présentation détaillée de la solution. Ceci permet au groupe expérimental de produire davantage de bonnes réponses que le groupe contrôle (56% vs 17%) pour les problèmes équivalents. Les performances pour les problèmes similaires restent faibles et identiques pour les deux groupes. Les participants n'arrivent pas à produire la bonne équation. Les auteurs testent un dernier facteur pouvant expliciter ces résultats dans l'expérience 4 : la complexité des problèmes. Comme pour les expériences précédentes, le premier problème est soit sans lien (groupe contrôle) soit relié aux problèmes tests. Il est également soit complexe soit simple. Que le premier problème soit simple ou complexe, les participants qui ont pratiqué le problème en lien ont de meilleurs résultats que le groupe contrôle. Les participants ayant pratiqué le problème complexe produisent encore davantage de bonnes réponses (57% vs 36% vs 11%) pour le problème simple. Mais moins pour le problème complexe (17% vs 46% vs 6%). Les participants confrontés au premier problème simple réussissent mieux le problème simple ; les participants qui ont été confrontés au premier problème complexe réussissent mieux le problème complexe. Les résultats suggèrent que c'est pour abstraire l'équation à utiliser pour résoudre les problèmes que les participants rencontrent des difficultés. Lorsque la solution est présente (Expérience 2) ou lorsqu'une présentation détaillée de la solution est introduite (Expérience 3) ou bien lorsque le niveau de difficulté des problèmes est équivalent (Expérience 4), les performances augmentent. Nous pouvons conclure de ces résultats que c'est le mode d'instruction utilisé dans ces expériences qui influence le transfert puisqu'il conduit plus ou moins les participants à abstraire l'équation. La résolution des problèmes dans la première phase influence la réussite des nouveaux problèmes. Selon cette expérience, les participants résolvent davantage les nouveaux problèmes s'ils ont extrait un schéma suffisamment abstrait du ou des problèmes sources. La qualité de ce schéma déterminant la réussite du transfert de la solution. Cette qualité semble être influencée par le mode d'instruction utilisé (présentation de la solution, contrôle du niveau de difficulté). Cette influence pouvant se situer à plusieurs niveaux (organisation de la tâche, structure des problèmes, traits de surface).

Holyoak et Koh (1987) ont notamment montré qu'une similarité visuelle entre les problèmes sources favorise la réussite de problèmes de transfert ; tout comme dans l'expérience de Reed, Dempster et Ettinger (1985), dans laquelle les participants résolvent plus facilement les problèmes de transfert équivalents. Tandis que, selon Lee et Magill (1983) et le courant des interférences contextuelles, c'est la variabilité qui favorise la richesse des schémas et la réussite des problèmes de transfert.

Notre objectif est ici d'évaluer plus précisément l'influence des similarités visuelles sur l'élaboration de schémas abstraits de résolution à l'aide de l'analyse des mouvements oculaires des participants.

L'analyse des mouvements oculaires est une technique innovante aujourd'hui mise à disposition de la psychologie. Utilisée dans l'analyse des raisonnements (Boucheix & Lowe, 2009), l'étude de l'apprentissage (Mayer, 2009), la compréhension de l'expertise (Tai, Loehr & Brigham, 2006 ; Baccino & Draï-Zerbib, 2005 ; Strahm & Baccino, 2006) ainsi que dans le domaine de la perception (Spering, Gegenfurtner & Kerzel, 2006), cette méthode permet de recueillir des indices de l'activité du participant au cours de la résolution de problèmes.

Dans cette expérience, nous étudions l'impact des traits de surface de problèmes sources : visuellement équivalents ou visuellement différents, sur la réussite de deux problèmes tests (un équivalent, un différent). La présentation des problèmes test est accompagnée de la présentation des problèmes d'apprentissage. Dans la poursuite des travaux présentés portant sur l'interférence contextuelle (Shea & Morgan, 1979 ; Lee & Magill, 1983), nous faisons l'hypothèse que les participants confrontés aux problèmes sources visuellement différents (condition 'différent') vont, en comparant les différents problèmes sources, extraire un schéma de résolution contrairement aux participants confrontés aux problèmes sources visuellement similaires (condition 'équivalent'). Ils ressentiront moins le besoin de consulter à nouveau les problèmes sources lors de la résolution des problèmes tests. A l'inverse, les participants confrontés aux problèmes sources visuellement similaires seront moins enclin à extraire un schéma de résolution abstrait. Ils auront donc davantage besoin de se référer aux problèmes sources lors de la résolution des problèmes tests. Nous faisons l'hypothèse que les participants de la condition 'différent' soumis à la variabilité visuelle auront extrait le schéma de résolution et se référeront moins aux problèmes de la première phase avant de résoudre les problèmes tests que les participants de la condition 'équivalent'.

5.2. Méthode

5.2.1. Participants

38 volontaires (dont huit garçons), étudiants à l'Université de Bourgogne, ont participé à cette expérience (âge moyen 20 ans et 5 mois ; écart type 13 mois). Ils sont répartis aléatoirement entre deux conditions expérimentales (un participant de la condition 'équivalent' est éliminé car son pattern oculométrique est incomplet).

5.2.2. Matériel

Huit problèmes ont été utilisés dans la phase d'apprentissage (quatre visuellement équivalents pour la condition 'équivalent' et quatre visuellement différents pour la

condition 'similaire) et deux pour la phase test (un équivalent et un différent - identiques pour les deux conditions). Les deux problèmes tests, comme les huit problèmes d'apprentissage, se résolvent grâce à la même règle de résolution. Les problèmes peuvent être résolus à partir de la règle suivante : *lorsqu'il y a un '2' et un '1' côte à côte, il y a forcément une mine sous la case non adjacente au '1'*. Pour chaque problème, les participants doivent décider s'ils sont sûrs qu'une mine est dissimulée sous le point d'interrogation. Nous attendons une réponse positive pour la moitié des problèmes, une réponse négative pour l'autre moitié. La Figure 23 présente les quatre problèmes d'apprentissage équivalents.

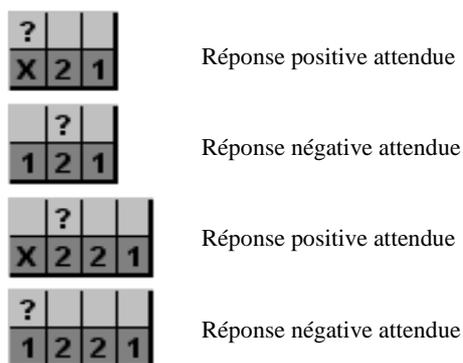


Figure 23 : Problèmes visuellement équivalents

La Figure 24 présente les quatre problèmes d'apprentissage visuellement différents.

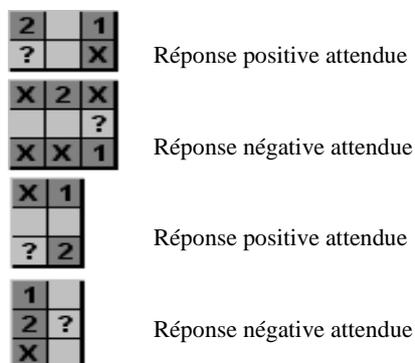


Figure 24 : Problèmes visuellement différents

La Figure 25 présente les deux problèmes tests.

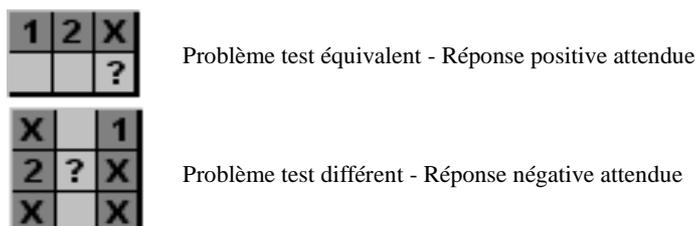


Figure 25 : Problèmes tests (équivalent - différent)

5.2.3. Appareillage

L'appareillage oculométrique utilisé est un Tobbi 1750 mis à disposition par le laboratoire de psychologie de l'Université de Bourgogne. Cet oculomètre utilise la technique du reflet cornéen ; c'est à dire qu'une lumière infrarouge est envoyée au centre de la pupille de l'œil du sujet, son reflet est renvoyé par la cornée puis détecté par l'appareil. L'appareillage fonctionne avec deux caméras fixées sous l'écran qui permettent un enregistrement à 60Hz (toutes les 17 ms environ). Cet appareillage permet une correction des mouvements de la tête ce qui offre un recueil de données fiables. L'enregistrement est précédé d'un calibrage en neuf points de références. Le matériel expérimental est affiché sur un écran de 17 pouces (en 1200 x 1024 pixels). Ce type d'appareillage possède des contraintes physiques réduites ce qui permet un recueil de données dans des conditions expérimentales proches de situations de résolution de problèmes sur ordinateur.

5.2.4. Procédure

Cette expérience se déroule en deux phases. Dans une première phase (apprentissage), les participants sont confrontés aux problèmes sources, un par un, dans le même ordre pour tous. Les problèmes sont soit visuellement équivalents soit visuellement différents en fonction de la condition expérimentale. Dans une deuxième phase, les participants sont confrontés aux deux problèmes tests, un par un, de manière contrebalancée. Les participants ont dans cette phase un accès visuel aux quatre premiers problèmes auxquels ils ont été confrontés dans la première phase. Le tableau V résume la procédure expérimentale.

Tableau V : Description de la procédure expérimentale

| Conditions expérimentales | Condition 'équivalent' | | Condition 'différent' | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|---|-----------------------------|
| | Groupe 1 | Groupe 3 | Groupe 2 | Groupe 4 |
| Groupes expérimentaux | | | | |
| Phase 1 | Quatre problèmes visuellement équivalents | | Quatre problèmes visuellement différents | |
| | Un par un - même ordre pour tous | | Un par un - même ordre pour tous | |
| Phase 2 | Problème test équivalent | Problème test différent | Problème test équivalent | Problème test différent |
| | Problème test différent | Problème test équivalent | Problème test différent | Problème test équivalent |

Note : Les participants sont répartis en quatre groupes :

le groupe 1 rencontre les problèmes visuellement équivalents dans la première phase et le problème test équivalent en premier ;

le groupe 2 rencontre les problèmes visuellement différents dans la première phase et le problème test équivalent en premier ;

le groupe 3 rencontre les problèmes visuellement équivalents dans la première phase et le problème test différent en premier ;

le groupe 4 rencontre les problèmes visuellement différents dans la première phase et le problème test différent en premier.

Dans la phase d'apprentissage et dans la phase test, nous demandons aux participants de cliquer sur oui s'ils sont sûrs qu'une mine se trouve sous le point d'interrogation. La Figure 26 présente un exemple de présentation d'un problème source.

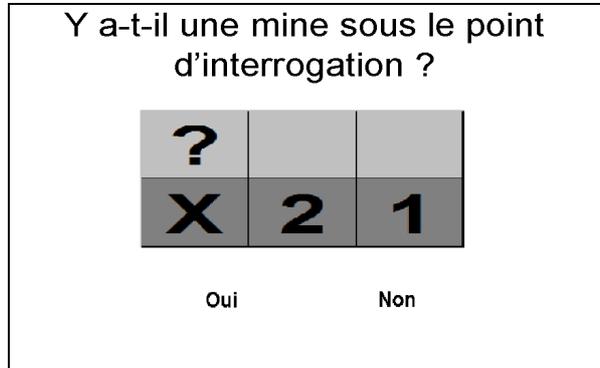


Figure 26 : Exemple de la présentation d'un problème source (problème n°1 - condition 'équivalent')

Nous enregistrons la réponse des participants ainsi que leurs mouvements oculaires (Figure 27).

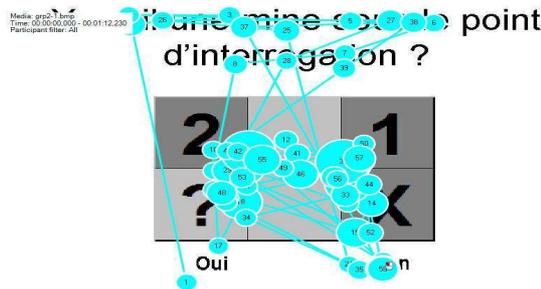


Figure 27 : Exemple d'un protocole de fixation pour un problème d'apprentissage. Les points représentent les fixations oculaires. Les chiffres la durée de la fixation en millisecondes. Les traits de couleur correspondent aux transitions oculaires.

La phase test débute juste après la présentation du quatrième problème d'apprentissage. La consigne est rappelée aux participants. Puis, les deux problèmes tests sont présentés un par un. Le visuel des problèmes d'apprentissage est joint (Figure 28).

et aux problèmes tests des deux groupes. Les résultats ne montrent pas de différences significatives entre les deux groupes (tous problèmes confondus), ce qui atteste de l'équivalence des groupes. Il n'y a pas d'écarts de niveaux entre les participants de ces deux groupes. Les résultats ne montrent pas non plus de différences entre les niveaux de réussite aux problèmes en fonction de leur type (apprentissage ou test) ce qui atteste de l'équivalence de difficulté des problèmes tests par rapport à ceux de la phase d'apprentissage.

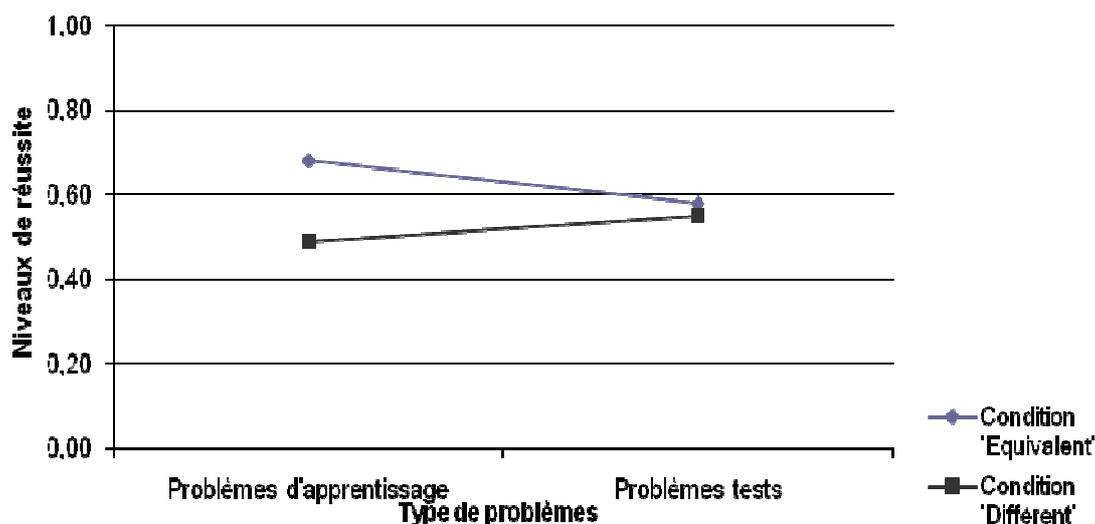


Figure 29 : Niveaux de réussite aux problèmes d'apprentissage et aux problèmes tests en fonction de l'apprentissage reçu.

Les participants du groupe 'équivalent' présentent un niveau de réussite moyen plus élevé pour les problèmes d'apprentissage que les participants du groupe 'différent' ($F(1, 35) = 5.0375, p < .031$). Les problèmes visuellement équivalents sont davantage résolus par les participants que les problèmes visuellement différents.

► La Figure 30 présente les niveaux de réussite moyens par problèmes et par condition en fonction du type de problèmes. Les performances des participants sont équivalentes quel que soit le problème d'apprentissage dans la condition 'équivalent' ($F(3, 51) = .768, ns$) ce qui confirme l'équivalence intra-groupes des problèmes en terme de difficulté pour cette condition.

Nous observons une différence de réussite aux problèmes d'apprentissage pour la condition 'différent' ($F(3, 54) = 2.94, p < .041$). Le problème visuellement différent 4 est fortement échoué (20% de réussite en moyenne vs 58% pour les autres problèmes d'apprentissage visuellement différents). Ces résultats peuvent expliciter ceux observés ci-dessus (Figure 30). Le problème visuellement différent 4 pénalise une majorité de participants de la condition 'différent'. Il semble plus difficile que les autres.

Nos résultats montrent également une différence significative de réussite entre le problème test équivalent et le problème test différent les deux conditions confondues ($F(1, 36) = 6.337, p < .016$), pas de différence significative pour la condition 'équivalent'

($F(1,17) = 2.03, ns$); et une différence significative de réussite entre le problème 'équivalent' et le problème 'différent' pour la condition 'différent' ($F(1,18) = 4.45, p < .049$). Le problème 'différent' est moins bien résolu que le problème 'équivalent' (40% vs 72%). Le visuel du problème 'différent' semble augmenter la difficulté de ce problème; les deux problèmes, comme les huit problèmes d'apprentissage, se résolvant pourtant grâce à la même règle de résolution.

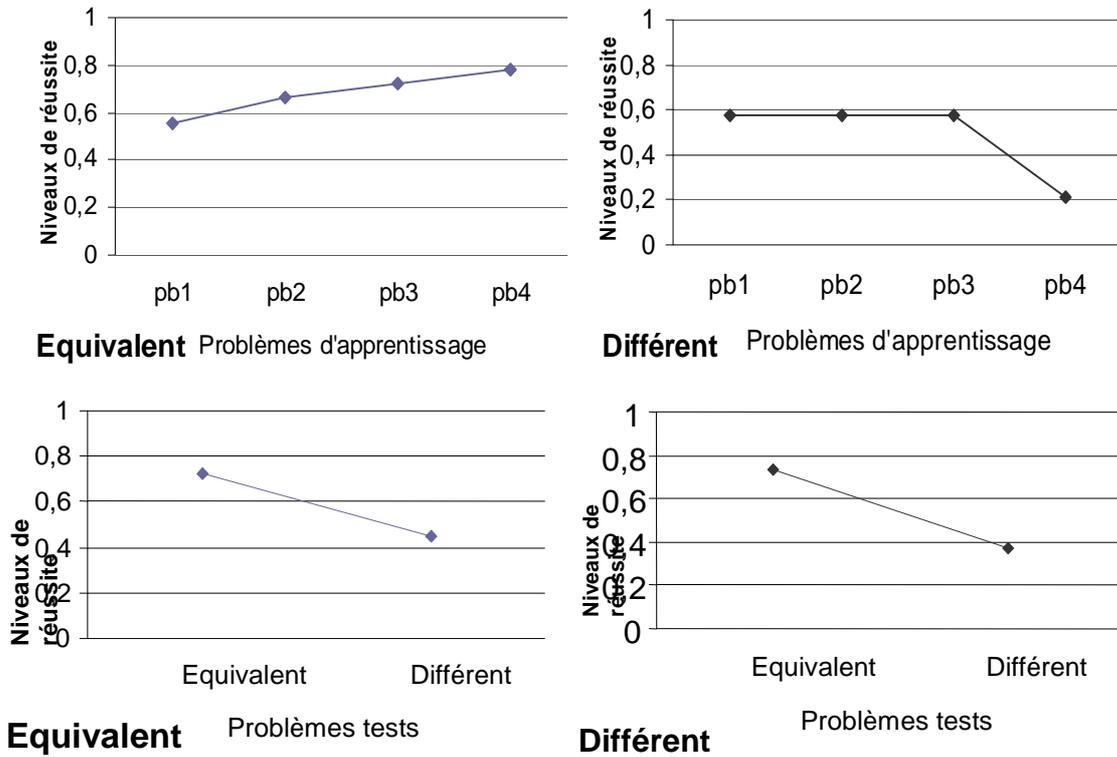


Figure 30 : Niveaux de réussite aux différents problèmes par condition et type de problèmes

Les performances des deux conditions sont similaires. Au niveau des problèmes de transfert, le problème test différent semble plus difficile à résoudre pour l'ensemble des participants et plus particulièrement pour ceux de la condition 'différent'.

5.3.2. Analyses des mouvements oculaires

Afin d'examiner l'hypothèse que nous avons formulée sur la consultation des problèmes déjà rencontrés lors de la résolution des problèmes tests, nous avons analysé les fixations oculaires des 37 participants. Nous avons étudié, d'une part, le nombre de fixations et leur durée dans la zone de problèmes qui a été créée (Figure 31); d'autre part le nombre de transitions à l'intérieur de cette zone et entre cette zone et le problème test.

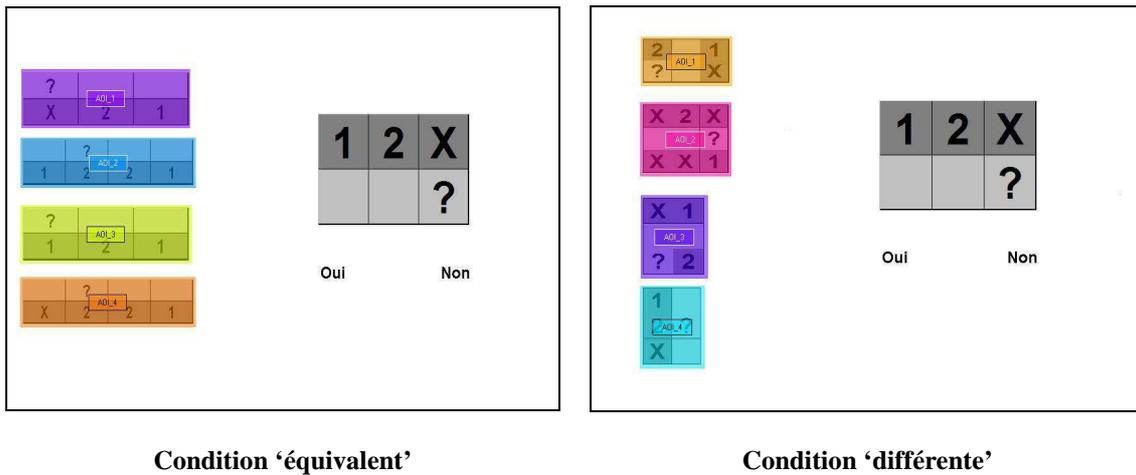


Figure 31 : Visuel de la zone de problèmes pour chaque condition. Celle-ci regroupe les quatre zones d'intérêt colorées représentant chacune un problème (condition 'équivalent' et 'différente')

Dans la Figure 31, les zones colorées correspondent aux zones d'intérêts. Celles-ci sont calquées sur les problèmes d'apprentissage. C'est l'addition des quatre zones d'intérêt qui constitue pour chaque condition la zone de problèmes.

Nombre de fixations

► Les dimensions des différentes zones d'intérêt n'étant pas égales, l'indicateur retenu n'est donc pas le nombre brut des fixations mais le rapport entre le nombre des fixations et la surface de la zone d'intérêt considérée. Il est noté 'indice de fixation'.

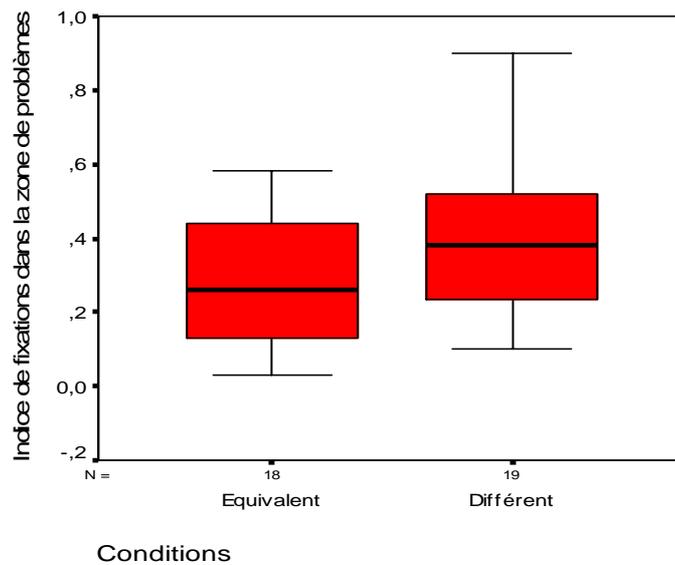


Figure 32 : Indice moyen de fixation dans la zone de problèmes par condition

Comme le montre la Figure 32, l'indice de fixation est plus élevé pour la condition 'différent (28 vs 38). Les participants de cette condition regardent significativement plus les problèmes d'apprentissage lors de la résolution des problèmes tests ($F(1, 36) = 5.098, p < .03$).

► Si nous détaillons par problème, nous observons que le facteur problème n'est pas significatif. L'indice de fixation est le même pour les deux problèmes tests ($F(1, 35) = 0.189, ns$).

Tableau VII : Indice de fixations pour la zone problème en fonction de l'apprentissage reçu et du problème test.

| Conditions expérimentales | Condition 'équivalent' | | Condition 'différent' | |
|------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | Problème équivalent | Problème différent | Problème équivalent | Problème différent |
| Indice de fixations | 0.24 | 0.29 | 0.39 | 0.44 |

Les différences observées dans le Tableau VII entre les problèmes pour chaque condition ne sont pas significatives (pour la condition 'équivalent' : $t(17) = -.408, ns$; pour la condition 'différent' : $t(18) = -.254, ns$).

► Nous constatons que les fixations dans la zone de problèmes sont assez présentes. 66.5% des participants présentent au moins une fixation dans la zone de problème au cours du test. Cette fréquence (66.5%) se répartit de manière équitable entre les conditions et les problèmes (Tableau VIII).

Tableau VIII : Pourcentage de participants par condition et par problèmes présentant au moins une fixation dans la zone problème

| | Condition 'équivalent' | Condition 'différent' |
|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Problème équivalent | 61 % | 63 % |
| Problème différent | 72 % | 68 % |

Nous observons que le nombre de participants ayant au moins une fixation dans la zone de problèmes est similaire quel que soit la condition et le problème (61% vs 72% pour la condition 'équivalent' ; 63% vs 38% dans la condition 'différent').

► Nous retrouvons cette répartition en fonction de la réussite aux problèmes tests. Quel que soit le problème et qu'il soit réussi ou non, autant de participants ont plus de trois fixations dans la zone problème (Tableau IX). Nous observons que 48% des participants

présentent plus de trois fixations dans la zone de problèmes pour le problème test équivalent lorsque celui-ci est réussi vs 60 % lorsque celui-ci est échoué et que 43% des participants présentent plus de trois fixations dans la zone de problèmes pour le problème test différent lorsque celui-ci est réussi vs 65% lorsque celui-ci est échoué.

Tableau IX : Pourcentage de participants présentant aucunes, peu ou beaucoup de fixations dans la zone de problèmes en fonction du problème et de son caractère réussi ou non. Les deux conditions sont confondues.

| | Problème équivalent | | Problème différent | |
|--------------------------|---------------------|-------------|--------------------|-------------|
| | Réussite | Echec | Réussite | Echec |
| Aucune fixation | 4 % | 20 % | 43 % | 22 % |
| Peu de fixations <3 | 8 % | 20 % | 14 % | 13 % |
| Beaucoup de fixations >3 | 48 % | 60 % | 43 % | 65 % |

Les différences observées entre réussite et échec ne sont pas significatives ni pour le problème test équivalent ($F(1, 36) = 392$, ns) ni pour le problème test différent ($F(1, 36) = 1.761$, ns).

► Enfin, quel que soit la condition et quel que soit le problème test, davantage de participants présentent plus de trois fixations dans la zone problème pour le premier problème test qu'ils rencontrent. En moyenne, 86.5% des participants présentent plus de trois fixations dans la zone problèmes pour le premier problème vs 21.5% pour le second problème rencontré ($F(1, 33) = 84.595$, $p < .001$).

Tableau X : Pourcentage de participants ayant aucunes, peu ou beaucoup de fixations dans la zone de problèmes en fonction du groupe expérimental et du problème test rencontré.

| | Condition 'équivalent' | | Condition 'équivalent' | | Condition 'différent' | | Condition 'différent' | |
|-----------------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-------------|
| | Groupe 1 | | Groupe 2 | | Groupe 3 | | Groupe 4 | |
| | PbE | PbD | PbE | PbD | PbE | PbD | PbE | PbD |
| Aucunes fixations | 11 % | 56 % | 0 % | 60 % | 67 % | 0 % | 78 % | 0 % |
| Peu de fixations | 11 % | 11 % | 10 % | 20 % | 22% | 0 % | 0 % | 22 % |
| Beaucoup de fixations | 78 % | 33 % | 90 % | 20 % | 11% | 100 % | 22 % | 78 % |

Note : Les groupes 1 et 2 rencontrent le problème équivalent en premier (PbE). Les groupes 3 et 4, le problème différent (PbD).

Comme nous pouvons le voir dans le Tableau X, les deux groupes rencontrant le problème test équivalent en premier ont davantage de participants présentant plus de trois fixations pour ce problème test. De manière symétrique les deux groupes rencontrant le problème test différent en premier ont davantage de participants présentant plus de trois fixations pour ce problème test.

► Si nous observons de plus près les problèmes tests. Nous pouvons isoler chaque case comme une zone d'intérêt et ainsi comptabiliser le nombre de fixations par case. Dans la Figure 33, les zones d'intérêt sont colorées.

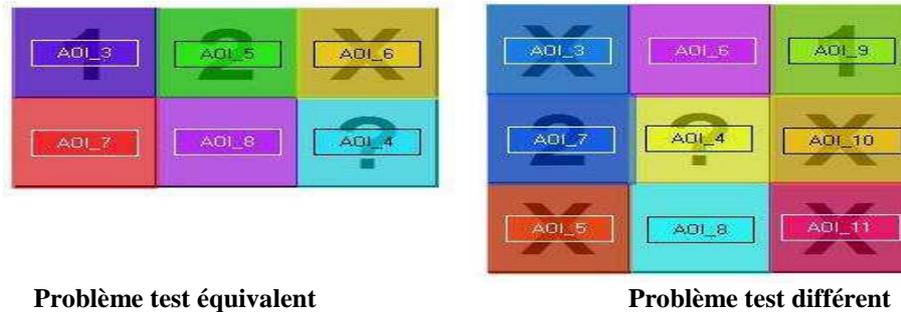


Figure 33 : Zone d'intérêt pour les deux problèmes tests. Les zones d'intérêts (colorées) correspondent aux différentes cases des problèmes.

Les participants regardent significativement²⁶ davantage la zone 5 pour le problème équivalent. Celle-ci correspond à la case contenant le chiffre 2. Celui-ci semble central dans la résolution du problème.

Pour le problème différent, c'est la zone 4 puis la zone 7 qui reçoivent significativement²⁷ le plus de fixations. La zone 4 correspond à la case contenant le point d'interrogation, la zone 7 à la case contenant le chiffre 2. Ce problème pose plus de difficulté aux participants (Figure 33)

Longueur des fixations

Afin de tester l'hypothèse que nous avons formulée sur la consultation des problèmes déjà rencontrés lors de la résolution des problèmes tests, nous relevons également la longueur des fixations dans la zone de problèmes. Les dimensions des différentes zones d'intérêt n'étant pas égales, l'indicateur retenu n'est ici pas la longueur brute des fixations mais le rapport entre cette longueur et la surface de la zone d'intérêt considérée. Il est noté 'durée de fixation'.

Comme le montre la Figure 34, la durée de fixation est plus élevée pour la condition 'différent' (0.10 vs 0.21). Les participants de cette condition regarde significativement

²⁶ Le nombre de fixations dans la zone 5 est significativement supérieur au nombre de fixations dans les autres zones ($t_{zones3-5} (36) = -6.259, p < .000$; $t_{zones4-5} (36) = -3.756, p < .001$; $t_{zones6-5} (36) = 7.629, p < .000$; $t_{zones7-5} (36) = 6.690, p < .000$; $t_{zones8-5} (36) = 2.803, p < .008$).

²⁷ Le nombre de fixations dans la zone 4 est significativement supérieur au nombre de fixations dans les autres zones ($t_{zones3-4} (36) = -5.372, p < .000$; $t_{zones5-4} (36) = 5.237, p < .000$; $t_{zones6-4} (36) = 5.587, p < .000$; $t_{zones7-4} (36) = 3.832, p < .000$; $t_{zones8-4} (36) = 5.748, p < .000$; $t_{zones9-4} (36) = 5.238, p < .000$; $t_{zones10-4} (36) = 5.107, p < .000$; $t_{zones11-4} (36) = 5.989, p < .000$).

Le nombre de fixations dans la zone 7 est supérieur au nombre de fixations dans les autres zones, à part la zone 4, ($t_{zones3-7} (36) = -4.613, p < .000$; $t_{zones5-7} (36) = -3.936, p < .000$; $t_{zones6-7} (36) = -3.457, p < .001$; $t_{zones8-7} (36) = 4.009, p < .000$; $t_{zones9-7} (36) = 2.917, p < .006$; $t_{zones10-7} (36) = 2.729, p < .010$; $t_{zones11-7} (36) = 5.311, p < .000$).

plus longtemps les problèmes d'apprentissage lors de la résolution des problèmes tests ($F(1, 36) = 6.305, p < .017$).

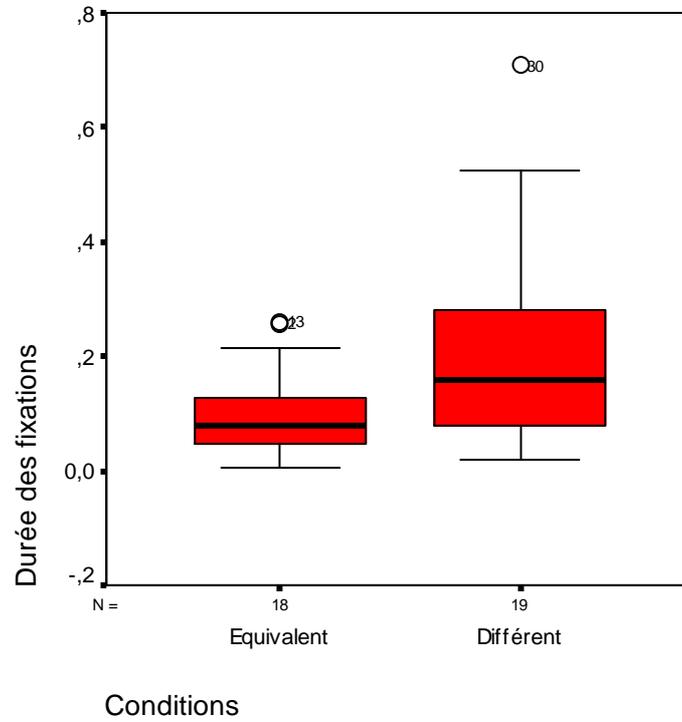


Figure 34 : Durée des fixations dans la zone de problèmes pour les deux conditions

Ces résultats appuient ceux présentés précédemment. La durée de fixation tout comme l'indice de fixation est plus importante pour la condition 'différent' c'est-à-dire pour les participants ayant eu à résoudre les problèmes d'apprentissage visuellement différents (pour la durée de fixation : 0.10 vs 0.21 ; pour l'indice de fixation : 28 vs 38)

Nombre de transitions

Le nombre de transitions correspond au nombre de mouvements oculaires à l'intérieur d'une zone donnée. La Figure 35 présente le nombre de transitions observés dans la zone problème et entre cette zone et le problème test, quel qu'il soit.

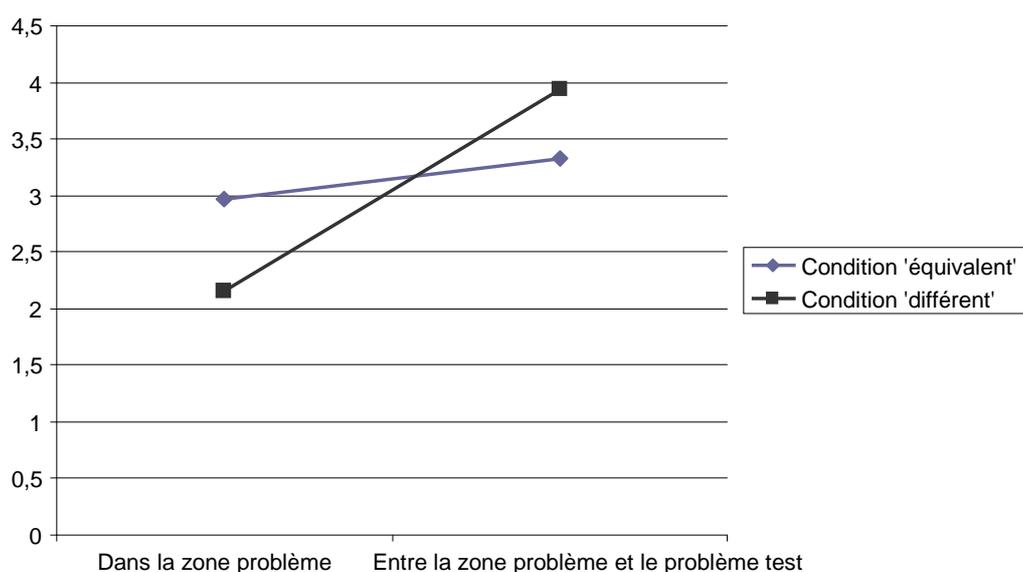


Figure 35 : Nombre de transitions dans la zone problème et entre la zone problème et le problème test par condition

L'écart constaté entre les deux conditions n'est pas significatif ($F(1, 72) = .025$, ns). Quel que soit le type d'apprentissage, les participants produisent autant de transitions. Les groupes sont donc homogènes.

Cependant, nous observons une différence significative entre le nombre de transitions dans la zone de problèmes et le nombre de transitions entre celle-ci et les problèmes tests pour la condition 'différent' ($t(37) = -3.326$, $p < .002$). Les participants de la condition 'différent' présentent davantage de transitions entre la zone de problèmes et le problème test qu'à l'intérieur de la zone de problèmes (2.16 vs 3.33).

Les participants de la condition 'différent' réalisent davantage d'allées et venues oculaires entre la zone de problèmes et le problème test, quel qu'il soit, que de balayage entre les problèmes sources de la zone problème.

Les participants de la condition 'équivalent' réalisant quant à eux 2.97 transitions à l'intérieur de la zone de problèmes et 3.3 entre celle-ci et le problème test. Cet écart est non significatif. Les participants de cette condition réalisent moins de fixations, des fixations plus courtes et également réparties entre la zone de problèmes et le problème test.

Profils de fixations

► Les participants qui réussissent les problèmes tests semblent présenter des profils d'exploration différents. Quel que soit l'apprentissage qu'ils ont reçu, ils présentent un plus faible indice de fixation (0.31 vs 0.50) et une plus faible durée de fixation (0.11 vs 0.16).

Tableau XI : Résultats moyens des participants ayant réussi les deux problèmes tests par rapport à la population totale des participants.

| | Population | Participants ayant réussi les deux problèmes tests |
|---|------------|--|
| Indice de fixation | 0,50 | 0,31 |
| Durée de fixation | 0,16 | 0,11 |
| Transitions dans zone | 2,57 | 2,44 |
| Transitions entre zone de problèmes et problèmes tests | 3,61 | 2,81 |

Comme le montre le Tableau XII, comparés à l'ensemble des participants, les participants ayant réussi les deux problèmes tests présentent moins de fixations, plus courtes et moins de transitions mais ces différences ne sont pas significatives²⁸.

5.4. Bilan du Chapitre 5

Dans cette expérience, nous avons étudié l'impact des traits de surface de problèmes sources (visuellement équivalent ou visuellement différent) sur la réussite de deux problèmes tests (un équivalent, un différent). La présentation des problèmes tests étant accompagnée de la présentation des problèmes d'apprentissage, notre hypothèse était que les participants de la condition 'différent' auront abstrait la règle de résolution et se référeront moins aux problèmes de la première phase avant de résoudre les problèmes tests. Cette hypothèse, la variabilité favorise l'élaboration de connaissances, étant basée sur les conclusions des travaux issus du champ de l'interférence contextuelle (Shea & Morgan, 1979, notamment).

Les résultats que nous avons obtenus n'appuient pas notre hypothèse. Les participants de la condition 'différent' sont ceux qui présentent l'indice de fixation le plus élevé dans la zone de problèmes (0.42 vs 0.26). D'autre part, ils présentent une durée de fixation dans la zone de problèmes supérieure (0.22 contre 0.10) aux participants de l'autre condition. L'étude des transitions montrent que ces fixations se situent essentiellement dans un va et vient de la zone de problèmes aux problèmes tests. Enfin, le type de problèmes sources n'influence pas les performances ; quelle que soit la condition expérimentale, nous n'observons pas de différences de réussite aux problèmes tests.

Ces résultats suggèrent dans un premier temps que les différences visuelles rencontrées lors de la phase d'apprentissage n'influencent pas la réussite de nouveaux problèmes. Le transfert ne semble être ni avantaagé ni pénalisé par une similarité ou une dissimilarité visuelle. Cependant, l'analyse des mouvements oculaires montrent une différence de profil de résolution entre les deux conditions. Les participants confrontés à des

²⁸ Le faible nombre de participants ayant réussi les deux problèmes tests (11 les deux conditions confondues) peut expliquer la non significativité des résultats.

problèmes d'apprentissage visuellement différents ont davantage besoin de s'y référer pour résoudre de nouveaux problèmes que des participants confrontés à des problèmes d'apprentissage visuellement équivalents. La présentation de problèmes visuellement similaires semble inciter davantage les participants à se détacher des problèmes d'apprentissage. Ceci pourrait leur faciliter l'extraction du schéma de résolution permettant de résoudre les problèmes tests. Ces résultats vont à l'encontre des hypothèses posées par les travaux du champ de l'interférence contextuelle. Ils rejoignent les résultats des études de Holyoak et Koh (1987) et de Reed, Dempster et Ettinger (1985). Spencer et Weisberg (1986) observent que des contextes similaires peuvent favoriser l'élaboration du schéma de résolution ainsi que le transfert de celui-ci lors de la résolution d'un problème isomorphe. Leur étude n'observe pas de transfert entre les différents problèmes proposés (sources et cible) lorsque le contexte de résolution est différent. Pour eux, le transfert ne peut se faire spontanément sans aide. Mettre les participants face à des problèmes trop différents et/ou sans indication d'une similarité entre les problèmes pénalise l'élaboration d'un schéma commun de résolution. Nos résultats vont dans ce sens. Les participants soumis à des problèmes sources visuellement proches semblent davantage détachés de ceux-ci. À l'inverse, les participants confrontés aux problèmes visuellement différents semblent rester attachés aux contextes visuels des problèmes et s'y réfèrent davantage lors de la confrontation aux problèmes tests. Le nombre plus important de transitions entre la zone de problèmes et le problème test, pour cette condition, suggère que ces participants réalisent un appariement entre les problèmes sources et les problèmes cibles au lieu de chercher à extraire une règle de résolution générale à partir des problèmes sources. Les traits de surface n'influencent pas, dans notre expérience, la réussite aux problèmes tests mais semblent favoriser lorsqu'ils sont équivalents l'élaboration d'un schéma abstrait de résolution. À l'égalité entre les deux conditions en termes de performances s'ajoute le faible niveau de réussite globale des participants ($< .60$). Celui-ci n'étant pas plus élevé pour les problèmes tests. L'apprentissage proposé ne semble pas suffisant pour favoriser la réussite des problèmes.