
La régulation de la charge cognitive : un nouveau point de vue

André Tricot

CLLE-LTC, CNRS, EPHE et Université de Toulouse le Mirail
IUFM Midi-Pyrénées, 56 avenue de l'URSS, 31 078 Toulouse cedex
andre.tricot@toulouse.iufm.fr

RÉSUMÉ

En résolution de problème chez les enfants ou dans la gestion du trafic aérien chez des contrôleurs, le même double phénomène est observé : (a) les différentes stratégies mises en œuvre pour réaliser une même tâche sont plus ou moins coûteuses cognitivement, le coût étant lié à la quantité d'informations à traiter pour réaliser la tâche ; (b) pour réussir la tâche, les individus peuvent choisir, de façon plus ou moins délibérée, des stratégies moins coûteuses, c'est-à-dire réduire le nombre d'informations qu'ils traitent sans pour autant éliminer les informations les plus pertinentes et sans nécessairement diminuer leur probabilité de réussir. Le fait que des enfants de 6 ou 7 ans mettent en œuvre de telles stratégies et les conditions dans lesquelles ils le font (matériel et tâche nouveaux), plaident en faveur de l'hypothèse selon laquelle ces stratégies ne sont pas liées à l'expertise. Réciproquement, les experts ne parviennent pas toujours à réduire la charge cognitive liée à une situation en traitant inutilement certaines informations. La théorie de la charge cognitive (Sweller, 2007) est utilisée pour tenter de rendre compte de ces faits de façon cohérente. Une expérimentation est rapportée. Les implications ergonomiques sont envisagées.

MOTS-CLÉS

Charge cognitive, théorie de la charge cognitive, régulation, stratégies, expertise

1 INTRODUCTION

La charge cognitive « correspond à l'intensité du traitement cognitif mis en œuvre par un individu lorsqu'il réalise une tâche donnée dans un contexte particulier » (Chanquoy, Tricot & Sweller, 2007). Cette notion continue de susciter des débats, notamment en France (Tricot & Chanquoy, 1996 ; Jourdan & Thereau, 2002) où nous semblons avoir du mal à admettre le fait que cette notion soit en même temps bien floue et très utile. Plus récemment, nous avons argumenté que cette notion était d'une « utilité toute provisoire » (Chanquoy, Tricot & Sweller, 2007 ; Tricot, 2008) : elle sert à étudier les situations (ou les phénomènes) nouvelles et complexes, elle permet d'accumuler les premiers résultats qui améliorent notre compréhension de ce qui est difficile à mettre en œuvre dans la situation étudiée, puis elle laisse la place à l'étude des processus cognitifs impliqués (voir l'exemple ancien de l'étude de la production écrite, ou celui plus récent de l'effet de menace du stéréotype). Dit autrement, l'étude de l'« intensité du traitement cognitif » en situation (notion floue, car l'intensité n'est pas une caractéristique connue des processus cognitifs et générale car à ce stade de l'étude, les processus ne sont pas identifiés) est suivie de l'étude de la nature et du fonctionnement des mêmes processus.

Ceci n'empêche donc pas d'essayer d'identifier « ce qui est difficile à mettre en œuvre » dans des situations nouvelles ou complexes, au sein desquelles on n'a pas encore identifié tous les processus cognitifs mobilisés. L'enjeu ergonomique notamment, justifie cet intérêt : on ne peut pas attendre qu'une situation soit parfaitement comprise pour essayer de l'améliorer ou de réduire les risques d'erreurs liés aux difficultés rencontrées par les opérateurs. Parmi les phénomènes particulièrement intéressants à étudier, il y a la régulation de la charge. C'est ce qui nous occupe ici.

En résolution de problème chez les enfants ou dans la gestion du trafic aérien chez des contrôleurs, le même double phénomène est observé : (a) les différentes stratégies mises en œuvre

pour réaliser une même tâche sont plus ou moins coûteuses cognitivement, le coût étant lié à la quantité d'informations à traiter pour réaliser la tâche ; (b) pour réussir la tâche, les individus peuvent choisir, de façon plus ou moins délibérée, des stratégies moins coûteuses, c'est-à-dire réduire le nombre d'informations qu'ils traitent sans pour autant éliminer les informations les plus pertinentes et sans nécessairement diminuer leur probabilité de réussir (Bastien, 1987 ; Bastien, Pélissier & Tête, 1990 ; Beilock & DeCaro, 2007 ; Cary & Carlson, 1999 ; Sperandio, 1972, 1977).

Le fait que des enfants de 6 ou 7 ans mettent en œuvre de telles stratégies (Bastien, 1997), et les conditions dans lesquelles ils le font (matériel et tâche nouveaux), plaident en faveur de l'hypothèse selon laquelle ces stratégies ne sont pas liées à l'expertise, contrairement à ce que l'on avait pu croire lors de la publication des résultats de Sperandio avec des contrôleurs aériens. Ces stratégies pourraient être considérées comme relevant de connaissances « biologiquement primaires » selon l'expression de Geary (2007), c'est-à-dire de connaissances acquises de façon implicite par les individus au cours des premières années de leur vie, et qui sont probablement le fruit d'une évolution longue de l'espèce humaine (par opposition aux connaissances « secondaires », à la fois récentes dans l'histoire de l'espèce humaine et qui requièrent un apprentissage explicite).

La théorie de la charge cognitive montre comment il est possible de concevoir une situation pour réduire la charge cognitive inutile (dite extrinsèque ou intrinsèque, selon qu'elle correspond à des traitements interférents ou inhérents à la tâche) et libérer des ressources pour la charge cognitive utile (dite essentielle, et qui contribue directement à l'atteinte du but de la tâche). Récemment, nous avons utilisé cette théorie pour réinterpréter la régulation de la charge (Tricot, Sweller, Amadiou, Chanquoy & Mariné, 2008). Selon nous :

- (a) les individus peuvent, dans certaines conditions, réduire eux-mêmes la charge cognitive liée à une situation pour traiter plus efficacement cette dernière ;
- (b) cette possibilité n'est pas un effet de l'expertise, mais peut être mise en œuvre par de jeunes enfants, de façon peu contrôlée ;
- (c) réciproquement, les experts ne parviennent pas toujours à réduire la charge cognitive liée à une situation en traitant inutilement certaines informations.

L'objectif de cette communication est d'étayer ce nouveau point de vue. Pour cela, je présente la théorie de la charge cognitive puis différents résultats empiriques anciens. J'essaie de montrer comment la théorie de la charge cognitive (Sweller, 2007 ; voir, en Français, Chanquoy, Tricot & Sweller, 2007) permet de rendre compte de façon cohérente de ces résultats. Ensuite, je présente une expérimentation où nous avons mis à l'épreuve notre point de vue (Roussel, Rieussec, Tricot & Nespoulous, 2009). En conclusion, j'envisage les implications ergonomiques de ce point de vue.

2 LA THÉORIE DE LA CHARGE COGNITIVE

Selon la théorie de la charge cognitive (Sweller, 2007), la charge est inversement proportionnelle aux connaissances de l'individu relatives à la tâche. Elle serait fonction :

- (a) du nombre d'unités de traitement cognitif qu'il est nécessaire de maintenir et de traiter en mémoire de travail pour réaliser la tâche : cette charge correspond à la difficulté intrinsèque à la tâche (cette charge est appelée intrinsèque) ; notons, en cohérence avec le modèle de MDTLT (Ericsson & Kintsch, 1995), qu'une unité de traitement cognitif n'a pas le même poids chez un novice et un expert, le maintien en mémoire de travail d'une connaissance déjà en MLT étant non coûteux.
- (b) des aspects environnementaux et personnels, cognitifs et non cognitifs, qui peuvent interférer dans cette relation entre l'individu et la tâche, ajoutant à l'intensité du traitement cognitif, mais par ajout de traitements différents et non par augmentation de la distance entre l'individu et la tâche, et qui ont des effets de type partage attentionnel (charge extrinsèque) ;
- (c) de l'exigence du but de l'activité elle-même : cette troisième forme de charge (dit essentielle) représente par exemple la charge impliquée par l'élaboration de connaissances nouvelles dans une tâche d'apprentissage. Ainsi, on distingue la charge liée à la mise en œuvre de l'activité et celle liée au but de l'activité.

3 STRATÉGIES DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES

Une stratégie (au sens de *modus operandi*) est une façon de réaliser une tâche. Il existe plusieurs études empiriques, dont les résultats semblent étayer l'hypothèse selon laquelle les individus essaient de mettre en œuvre des stratégies visant à réguler leur charge cognitive.

3.1 Stratégies d'experts

Les travaux de Sperandio (1972) sur les contrôleurs aériens constituent une excellente illustration du rôle des stratégies dans la régulation de la charge cognitive. Les contrôleurs aériens réalisent des tâches complexes où ils doivent prendre en compte de multiples critères (sécurité, rapidité de l'écoulement du flux, consommation de carburant, confort des passagers, charge de travail de l'équipage...). Ils se trouvent régulièrement dans la situation où ils doivent gérer simultanément l'approche (c'est-à-dire la phase avant l'atterrissage) de plusieurs avions. Évidemment, plus les avions sont nombreux et plus la tâche est complexe. La charge cognitive pourrait donc augmenter de façon plus ou moins linéaire en fonction du nombre d'avions, et qu'un certain nombre d'avions représente un état de surcharge cognitive, qui entraîne une détérioration de la qualité du travail (et conséquemment une augmentation des accidents). Or il n'en est rien. Sperandio a en effet observé que :

- Tant que le nombre d'avions est faible (entre 1 et 3), les contrôleurs utilisent des stratégies sophistiquées, prenant en compte l'ensemble des critères évoqués ci-dessus, pour la réalisation d'un contrôle optimal : chaque critère est pris en compte au mieux.
- Quand le nombre d'avions est intermédiaire (entre 4 et 8), les contrôleurs utilisent des stratégies moins sophistiquées, mais tout aussi efficaces, et ils privilégient certains critères (la sécurité, éventuellement la rapidité d'écoulement...) au détriment d'autres critères ; ils éliminent certaines informations à traiter, pour ne pas avoir à faire de raisonnements trop complexes ; ils ne traitent que l'information utile à la prise en compte des critères qu'ils ont choisi de privilégier.
- Quand le nombre d'avions est important (plus de 8), les contrôleurs utilisent des stratégies rudimentaires mais très efficaces, ne tenant plus compte que d'un seul critère : la sécurité. Sperandio (1980, p. 99) écrit : « Il est ainsi paradoxal de constater que pour chaque avion, le temps moyen accordé pour le traitement informationnel est minimal, alors que c'est évidemment lorsque la densité du trafic est élevée que les problèmes à résoudre sont les plus nombreux et les plus difficiles. Du point de vue des modes opératoires, les procédures les plus fréquemment employées sont stéréotypées, standard. La flexibilité du système est alors faible ».
- Enfin, quand le nombre d'avions est supérieur à la quantité qu'un contrôleur peut prendre en charge, le poste de travail est dédoublé : deux contrôleurs prennent en charge l'espace correspondant.

3.2 Stratégies de novices

Dans une expérience, Bastien (1987) a conçu quatre versions d'un même problème d'ordonnement de fractions pour des élèves de 5^{ème}. Ces derniers doivent ranger $\frac{62}{185}$, $\frac{66}{170}$ et $\frac{62}{170}$ par ordre croissant. Une première version du problème est présentée à un premier groupe de 21 élèves avec un énoncé concernant un rapport qualité-prix ; ce rapport correspond à une notion « non représentable » (i.e., il n'est pas possible d'élaborer une image mentale d'un tel rapport) et les unités au numérateur et au dénominateur sont différentes. La seconde version du problème est présentée à un autre groupe de 21 élèves avec un énoncé relatif au taux de participation de chanteurs à une chorale : ce rapport correspond à une notion « non représentable » et les unités au numérateur et au dénominateur sont identiques. Le troisième problème concerne des précipitations (représentable ; unités différentes). Le quatrième problème des pentes de ski (représentable ; mêmes unités). « Représentable » signifie donc qu'une image mentale de la notion peut être élaborée. L'analyse des résultats et de la façon dont les élèves procèdent pour traiter les problèmes montre que, quand le rapport est représentable, certains élèves ne traitent pas ce problème comme un problème mathématique, mais comme un problème « concret » (par exemple, ils dessinent les pentes de ski) ; quand les unités au numérateur et au dénominateur sont identiques, certains élèves n'identifient pas la

nature mathématique des objets à traiter (ils font une soustraction au lieu de faire un rapport). Dans le cas contraire, quand le problème n'est pas représentable et que les unités sont différentes au numérateur et au dénominateur (*e.g.*, le problème des rapports qualité-prix), les élèves réussissent le problème. Autrement dit, la façon dont est rédigé l'énoncé influence la stratégie qui est mise en œuvre qui, à son tour, influence le résultat. Il s'agit d'un effet qui peut être interprété comme relevant d'une charge extrinsèque : certaines formulations conduisent les élèves à effectuer des traitements interférents, d'autres au contraire leur permettent de se focaliser sur des traitements pertinents pour réaliser la tâche. Cette expérience montre bien que comprendre un problème implique non seulement une compréhension du texte (c'est-à-dire élaborer un modèle de situation), mais aussi une identification du registre de traitement pertinent à la réalisation de la tâche.

Une autre expérience (Bastien, Péliissier & Tête, 1990 ; rapportée dans Bastien, 1997) illustre parfaitement l'autre aspect des stratégies. Il s'agit de proposer un ensemble de 18 boutons de vêtements, pouvant avoir deux formes (carré, rond), trois nuances (noir, blanc, gris) et trois tailles (grand, moyen, petit) à des enfants de CP et de CE1. Il leur est demandé d'enlever « tous les boutons qui ne sont pas grands, carrés, noirs ». Les 18 boutons sont présentés de façon aléatoire sur un écran d'ordinateur. Il suffit de cliquer sur un bouton pour l'éliminer.

Les enfants réalisent trois essais consécutifs, et chaque essai est guidé puisque l'expérimentateur relance le participant en lui indiquant un aspect des boutons qu'il n'a pas éliminé, de sorte que chacun des trois essais est au bout du compte forcément réussi. A l'issue de ces trois essais, un essai-test est réalisé, dans les conditions identiques aux précédentes, mais sans relance.

L'un des résultats les plus intéressants ici est le suivant : les participants utilisent deux types de stratégies, l'une dite « par parties », qui traite les caractéristiques des boutons (ils éliminent d'abord les petits ronds gris, puis tous les petits ronds blancs, etc. jusqu'à ce qu'il ne reste que les grands carrés noirs) ; l'autre stratégie est spatiale, elle consiste à partir d'un côté de l'écran et à éliminer « en chemin » tous les boutons sauf les grands carrés noirs. Un tiers des enfants qui utilisent la stratégie « par parties » réussit l'essai-test, alors que plus de deux tiers des enfants qui utilisent la stratégie spatiale réussit la même épreuve. Il est intéressant de noter que certains enfants utilisent une stratégie « par parties » au premier essai puis adoptent peu à peu une stratégie spatiale. La stratégie spatiale peut être considérée comme une simplification du problème, c'est une stratégie qui élimine de nombreuses informations à traiter : chaque bouton est soit « un grand carré noir » soit « un non grand carré noir » (peu importe alors qu'il soit moyen ou petit, gris ou blanc).

Bastien (1997, p. 66) écrit, à propos des enfants qui ont choisi la stratégie spatiale : « ils passeraient d'une représentation consistant à éliminer à une représentation consistant à conserver. Ce second mode de résolution fait l'économie du calcul logique "les boutons qui ne sont pas grands carrés noirs sont des boutons"... » et ne suppose que le maintien en mémoire des propriétés définies par la consigne ». Il est extrêmement intéressant de noter que cette stratégie est mise en œuvre par de très jeunes enfants de 6, 7 et 8 ans, pour une tâche qui ne leur est absolument pas familière ; cette tâche n'est aucunement liée à l'expertise, ni probablement à la mise en œuvre de processus métacognitifs.

Ces deux exemples en résolution de problèmes chez des enfants montrent bien que les stratégies mises en œuvre par les individus, que ce soit par choix ou par effet de la modalité de présentation de la tâche, ont un effet direct sur la charge cognitive. Le premier exemple montre un effet de charge extrinsèque : certaines modalités de présentation de la tâche conduisent les participants à mettre en œuvre des stratégies où ils traitent des informations non pertinentes, tandis que d'autres modalités leur permettent de se focaliser sur les informations pertinentes. Le second exemple montre un effet de charge intrinsèque : certaines stratégies permettent de limiter le nombre d'informations à traiter, tandis que d'autres augmentent le nombre de ces informations.

Les exemples suivants illustrent en outre la mesure dans laquelle les stratégies sont utilisées par les apprenants de gérer leurs propres charges cognitives au cours de la résolution de problèmes.

Beilock et DeCaro (2007) ont étudié l'effet de la capacité de la mémoire de travail et des niveaux de pression sur les stratégies dans le domaine de la résolution de problèmes mathématiques, du type : « jugez de la valeur de vérité de l'équation : $34 - 18 \pmod{4}$ ». Les participants étaient des élèves, invités à résoudre ces problèmes dans des conditions de pression fortes ou faibles. Dans les conditions de « forte pression », plusieurs sources de pression, connues dans le monde réel, ont été utilisées : incitations financières (par exemple, obtention d'une bourse d'études), pression des pairs, et évaluation sociale (par exemple, des comités d'admission, les parents, les enseignants et les pairs). Les résultats

ont montré que, les conditions de « faible pression », plus les individus avaient une capacité de mémoire de travail élevée, plus ils étaient susceptibles d'utiliser des algorithmes de calcul exigeants (vs simples raccourcis) pour résoudre les problèmes, et plus précis étaient leurs résultats. Dans les conditions de « forte pression », les individus avec une capacité de mémoire de travail élevée ont utilisé des stratégies de résolution de problèmes plus simples (et moins efficaces) : leurs résultats étaient moins précis.

Cary et Carlson (1999) ont conçus deux expérimentations. Ils ont demandé à des participants de résoudre des problèmes arithmétiques avec ou sans un aide-mémoire (papier et crayon). Selon les auteurs, un aide-mémoire est un moyen de réduire la charge en mémoire de travail. Les auteurs distinguent deux types de stratégies visant à résoudre un problème. Les « stratégies conceptuelles » portent sur la structure du problème. Elles impliquent une compréhension profonde du problème et représentent une forte charge cognitive. Les « stratégies de réponse à la demande » sont utilisées pour résoudre le problème en passant par les différentes étapes selon l'ordre dans lequel elles sont présentées dans l'énoncé. Les résultats ont montré que les participants avec un aide-mémoire ont le plus souvent mis en oeuvre des « stratégies conceptuelles ». Dans l'expérience 2, les participants disposaient ou non d'un aide-mémoire et bénéficiaient ou non d'un exemple de problème résolu. Les exemples ont eu un effet important sur les stratégies de résolution de problèmes, mais pas autant que l'effet de l'aide-mémoire. Les résultats montrent l'importance des contraintes cognitives et liées à la situation sur la mise en oeuvre de stratégies de résolution problèmes.

Ces diverses expériences montrent bien, selon moi, à quel point le fait de mettre en oeuvre telle stratégie plutôt que telle autre peut modifier la charge cognitive. Le plus souvent, la réduction de la charge cognitive a un effet positif sur les performances et concerne la charge cognitive extrinsèque. Si la charge cognitive intrinsèque est réduite, alors elle peut entraîner une baisse de la performance.

Ainsi, il semble bien que la théorie de la charge cognitive, notamment avec les concepts de charge intrinsèque, extrinsèque et essentielle, permette de mieux comprendre le lien entre stratégies et charge cognitive. Le fait qu'une stratégie entraîne une diminution de la charge intrinsèque, extrinsèque ou essentielle a bien des effets différents sur les performances. Il s'agit maintenant de comprendre pourquoi les individus réduisent telle charge plutôt que telle autre, voire même d'identifier les facteurs qui ont un effet sur ces différentes réductions possibles.

Réciproquement, l'étude des stratégies vient enrichir la théorie de la charge cognitive, qui, jusqu'à présent, ignorait cet aspect de l'activité. Dans le même sens que Gerjets et Scheiter (2003) qui ont proposé que les buts d'apprentissage puissent agir comme des variables modératrices entre la situation d'apprentissage et la charge cognitive de l'apprenant, les stratégies pourraient agir comme modératrices entre la tâche et la charge.

Le fait que les changements de stratégies semblent se produire facilement et automatiquement chez des enfants et des adultes, sans instruction explicite, me conduit à penser que le phénomène est un aspect très basique de la cognition humaine (une connaissance « biologiquement primaire » selon l'expression de Geary, 2007), que les individus pourraient mettre en oeuvre en dehors de tout enseignement, de toute formation ou expertise. En même temps, il sera intéressant de voir si les changements de stratégie qui ont un effet sur la charge peuvent être explicitement enseignés, soit pour la réalisation d'une tâche particulière, soit même comme connaissance métacognitive, utilisable dans plusieurs situations.

Enfin, il pourrait être pertinent d'examiner quel type de charge est le plus aisément régulé par les individus. Comme la charge essentielle ne semble pas vraiment pouvoir faire l'objet d'une régulation (sauf à renoncer à l'atteinte du but de l'activité), nous avons envisagé d'étudier l'effet de la charge intrinsèque vs extrinsèque sur les stratégies.

4 EXPÉRIENCE

Je rapporte ici une expérience récente (Roussel, Rieussec, Nespoulous & Tricot, 2009) où nous avons essayé de mieux comprendre ces stratégies. Notre objectif général était d'analyser l'utilisation de lecteurs MP3 (arrêts, pauses, retours en arrière et avance rapide) pour mieux comprendre les stratégies de régulation de l'écoute et leurs effets sur la compréhension dans des situations d'apprentissage d'une langue seconde. Notons que dans cette expérience, il n'y a que des novices, c'est-à-dire des élèves

français qui apprennent d'Allemand et qui ne sont pas spécialistes de la tâche prescrite : l'écoute d'un discours en langue étrangère.

Dans l'expérience rapportée ici, nous avons étudié l'effet de la charge cognitive intrinsèque vs extrinsèque sur ces stratégies. Notre hypothèse était que la charge cognitive serait gérée par les participants : ils allaient mettre en œuvre des stratégies différentes, ce qui aurait des conséquences différentes sur l'apprentissage. En particulier, nous attendions à ce que certains participants réduisent leur charge cognitive.

4.1 Méthode

Dans une tâche de compréhension orale d'un discours, la charge cognitive est introduite par une difficulté d'ordre linguistique : 6 mots composés en allemand (Der Unternehmensberater, Das Wirtschaftsleben, die Betriebsleiterin, zahlungsunfähig, das Beruhigungsmittel, der Wohnzimmerboden) inconnus, mais dont le sens pouvait être inféré avec du temps et des efforts (ce qui avait été établi préalablement auprès d'un autre groupe de participants), ont été placés dans un bref discours (100 secondes). Nous avons examiné les stratégies mises en œuvre par les participants dans deux conditions :

- (a) les mots composés ont un rôle secondaire dans le discours, c'est-à-dire qu'il n'est pas utile de comprendre les mots difficiles pour comprendre le discours (cette condition correspond à la charge cognitive extrinsèque) ;
- (b) les mêmes mots composés ont un rôle important dans un autre discours, c'est-à-dire qu'il est nécessaire de comprendre les mots difficiles pour comprendre le discours (cette condition correspond à la charge cognitive intrinsèque).

Les participants étaient 40 élèves de classe de seconde (15-16 ans), dont l'Allemand était la première langue étrangère (soient 5 ans d'étude de la langue). Les participants ont été répartis dans deux groupes (condition a ou b). Ils devaient écouter le discours sur un lecteur MP3 présenté sur ordinateur. Ils pouvaient faire autant de mouvements (arrêter, faire une pause, revenir en arrière et avancer rapidement) qu'ils le souhaitaient. Ils devaient ensuite rappeler le texte en Français et répondre à des questions (de mémorisation littérale, de compréhension et de reconnaissance des mots composés). On distingue, dans l'analyse, le rappel du modèle de situation du rappel global du discours.

4.2 Résultats

Il y a une différence significative entre les deux groupes pour ce qui concerne la compréhension ($F = 4,97, p < 0,05$) : les performances sont meilleures quand la charge cognitive est extrinsèque plutôt qu'intrinsèque. Dans condition (a) il existe une corrélation négative entre le nombre de mouvements et de la qualité du rappel global ($r = -0,36$), ou la qualité du modèle de situation ($r = -0,21$). A l'inverse, dans la condition (b) il y a une corrélation positive entre le nombre de coups et de la qualité du rappel global ($r = 0,28$), et pas de corrélation avec la qualité du modèle de situation ($r = 0,06$). Une analyse en clusters confirme ce qui avait été observé lors de précédentes expérimentations : les connaissances antérieures en Allemand demeurent nécessaires pour expliquer les performances en compréhension. Mais cette analyse montre surtout une interaction entre ces connaissances et les stratégies : certains participants avec de bonnes connaissances préalables en Allemand se sont arrêtés sur des mots quand ils avaient un rôle important et ne se sont pas arrêtés lorsque les mots difficiles n'étaient pas importants. Les participants avec de faibles connaissances préalables en Allemand semblent moins en mesure de prendre ces décisions stratégiques.

4.3 Discussion

Les participants étaient tous, à des degrés différents, des novices. Certains semblent en mesure de gérer et de réduire leur propre charge cognitive lors d'une tâche d'écoute et de compréhension en langue seconde, mais cela est probablement plus réalisable lorsque charge cognitive est extrinsèque qu'intrinsèque. Il semble également plus facile pour les participants avec des connaissances préalables élevées en Allemand de mettre en œuvre des stratégies de régulation de leur écoute. Contrairement aux résultats de Bastien où des « novices absolus » semblaient réguler leur charge, ici les plus novices semblent moins capables de réguler que les autres.

5 CONCLUSION ET IMPLICATIONS

Mieux connaître la façon dont les individus gèrent leur propre charge cognitive nous semble être un enjeu ergonomique majeur. Cela a été bien souligné, dans des situations de travail individuel (Amalberti & Deblon, 1992) et collectif (Levin *et al.*, 2007) où les enjeux sont vitaux (le combat aérien pour la première référence, les services des urgences pour la seconde). Si nous parvenons à montrer que ces stratégies ne relèvent pas (ou pas uniquement) de l'expertise, alors cela devrait ouvrir de nouvelles perspectives dans la conception et l'amélioration de situations de travail et de formation. On devrait en particulier pouvoir identifier les aspects de situations qui conduisent les individus à optimiser leur régulation de la charge cognitive, voire les former à l'utilisation de stratégies efficaces.

6 RÉFÉRENCES

- Amalberti, R. & Deblon, F. (1992). Cognitive modelling of fighter aircraft process control : a step towards an intelligent on-board assistance system. *International Journal of Man-Machine Studies*, 36, 639-671.
- Bastien C. (1987). *Schémas et stratégies dans l'activité cognitive de l'enfant*. Paris : PUF.
- Bastien, C. (1997). *Les connaissances, de l'enfant à l'adulte*. Paris : A. Colin.
- Bastien, C., Péliissier, A., & Tête, A. (1990). A experiment in learning logical negation by 6- and 7-year-old children. *CPC: European Bulletin of Cognitive Psychology*, 10, 45-63.
- Beilock, S.L., & DeCaro, M.S. (2007). From poor performance to success under stress: Working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 33, 983-998.
- Cary, M., & Carlson, R.A. (1999). External support and the development of problem-solving routines. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 25, 1053-1070.
- Chanquoy, L., Tricot, A., & Sweller, J. (2007). *La charge cognitive*. Paris : A. Colin.
- Ericsson, K.A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211-245.
- Geary, D. (2007). Educating the evolved mind: Conceptual foundations for an evolutionary educational psychology. In J.S. Carlson & J.R. Levin (Eds.), *Psychological perspectives on contemporary educational issues* (pp. 1-99). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Gerjets, P., & Scheiter, K. (2003). Goal configurations and processing strategies as moderators between instructional design and cognitive load: Evidence from hypertext-based instruction. *Educational Psychologist*, 38, 33-41.
- Jourdan, M., & Theureau, J. (Eds.), (2002). *Charge mentale : notion floue et vrai problème*. Toulouse : Octarès.
- Levin, S. Aronsky, D., Hemphill, R., Han, J., Slagle, J., & France, D. (2007). Shifting toward balance: measuring the distribution of workload among emergency physician teams. *Annals of Emergency Medicine*, 50, 419-423.
- Roussel, S., Rieussec, A., Tricot, A. & Nespoulous, J.-L., (2009). The management of intrinsic vs extraneous cognitive load in second language listening and comprehension task. *3rd Cognitive Load Theory Conference*, Open University of the Netherlands, Heerlen, March 2-4.
- Sperandio J.-C. (1980). *La psychologie en ergonomie*. Paris : PUF.
- Sperandio, J.-C. (1972). Charge de travail et régulation des processus opératoires. *Le Travail Humain*, 35, 85-93.
- Sweller, J. (2006). How the human system deals with complexity. In J. Elen & R. E. Clark (Eds.), *Handling complexity in learning environments* (pp. 13-25). Amsterdam: Elsevier.
- Tricot, A. (2008). La charge mentale n'est pas un concept flou (mais son utilité est toute provisoire). *Journées d'été du GDR Psycho-Ergo*, Paris, 2-4 juillet.
- Tricot, A., & Chanquoy, L. (Eds.), (1996). *La charge mentale*. *Psychologie Française*, 41 (4).
- Tricot, A., Sweller, J., Amadiou, F., Chanquoy, L., & Mariné, C. (2008). Strategies used by humans to reduce their own cognitive load. *2nd Cognitive Load Theory Conference*, Wollongong, 29 Feb-2 March.