

CONDITIONS DE RÉUSSITE

QUELS APPORTS DE LA THÉORIE DE LA CHARGE COGNITIVE À LA DIFFÉRENCIATION PÉDAGOGIQUE ? QUELQUES PISTES CONCRÈTES POUR ADAPTER DES SITUATIONS D'APPRENTISSAGE.



André TRICOT

Professeur et directeur du Laboratoire Travail et Cognition à l'Université Toulouse 2 Jean Jaurès, France

La théorie de la charge cognitive est fondée sur le fait que pour apprendre des connaissances scolaires, les élèves doivent fournir des efforts cognitifs importants (Sweller, 2015, 2016 ; Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011 ; voir en Français Chanquoy, Tricot & Sweller, 2007) à la différence d'autres apprentissages qui ne présentent pas cette exigence, *i.e.* les apprentissages adaptatifs et implicites de connaissances « primaires » comme la langue maternelle orale ou la reconnaissance de visages (Geary, 2008). Pour apprendre à l'école, les élèves réalisent des tâches sur des supports (c'est le moyen d'apprendre) pour élaborer des connaissances (c'est le but d'apprentissage). Au contraire, avec les apprentissages adaptatifs, on fait ce que l'on apprend et on apprend ce que l'on fait : le moyen et le but sont identiques. On peut donc analyser l'exigence cognitive de chaque situation d'apprentissage scolaire comme relevant de trois sources (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998) :

- la charge intrinsèque, liée aux informations à traiter pour réaliser la tâche ;
- la charge extrinsèque, liée aux informations inutiles pourtant présentes sur les supports ;
- la charge essentielle, liée à l'apprentissage lui-même, c'est-à-dire à la transformation de connaissances.

Au sein de cette théorie, depuis le milieu des années 1980 (par exemple Owen & Sweller, 1985) plusieurs milliers d'expérimentations randomisées, où un groupe expérimental est comparé à un groupe contrôle, les deux groupes étant soumis au même pré-test et au même post-test de connaissances, ont essayé de mettre au jour des « effets » pour réduire la charge extrinsèque, voire la charge intrinsèque, afin de libérer le plus de ressources cognitives possible pour l'apprentissage lui-même. Ces travaux ont donc permis de mettre en évidence :

1. L'effet de non spécification du but. Il est généralement plus efficace de ne pas trop spécifier le but d'un problème comme celui présenté dans la figure 1.

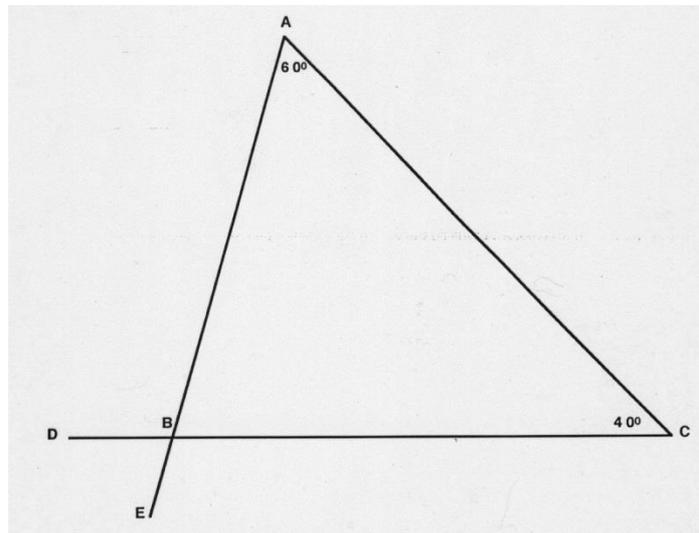


Figure 1. Calculez la valeur de l'angle DBE

Un énoncé comme « Calculez la valeur d'autant d'angles que vous pourrez » permet un meilleur apprentissage qu'un énoncé « Calculez la valeur de l'angle DBE ». En effet, ce type d'énoncé enlève une exigence de la tâche : celle qui consiste à identifier que l'angle DBE n'est pas calculable directement, et qu'il faut donc commencer par calculer l'angle ABC. L'apprentissage de la mise en œuvre de la somme des angles du triangle et des angles opposés par le sommet est le même.

2. L'effet du problème résolu. Il est généralement plus efficace d'étudier un problème résolu que de résoudre un problème pour apprendre : par exemple, pour le problème présenté dans la figure 1, on peut, en dessous de l'énoncé, écrire la solution du problème, qui passe par la somme des angles d'un triangle qui est égale à 180° ; puis par les deux angles opposés par le sommet qui sont égaux. Si on donne à des élèves 5 problèmes résolus puis un problème à résoudre, *versus* 6 problèmes à résoudre, le 6^e problème sera mieux réussi dans la 1^{ère} condition que dans la 2^{nde}. Cet effet, peut-être parce qu'il peut paraître contre intuitif, a été répliqué plusieurs centaines de fois depuis Sweller et Cooper (1985 ; voir aussi la synthèse de Renkl, 2014), dans des disciplines scientifiques, technologiques, littéraires et linguistiques. Par exemple, les élèves rédigent de meilleures rédactions après avoir étudié une rédaction que s'ils rédigent directement (Kyun, Kalyuga & Sweller, 2013). Ils apprennent plus de concepts et de mots en langue vivante étrangère si on leur propose de lire un texte traduit qu'un texte non-traduit (Roussel, Tricot & Sweller, 2016).
3. L'effet du problème à compléter. Il est généralement plus efficace d'alterner les problèmes résolus et les problèmes à résoudre, que de ne présenter que des problèmes résolus. Les problèmes à compléter (solution partielle donnée ; par exemple la première étape et non les

suivantes) peuvent agir comme un substitut à cette alternance.

4. L'effet d'attention partagée. Il est généralement plus efficace de présenter la solution de façon intégrée au problème que de façon adjacente (figure 2). Toutes les sources inutiles (par ex. images décoratives) nuisent à l'apprentissage.

Dans la figure ci-dessus, trouvez la valeur de l'angle DBE.

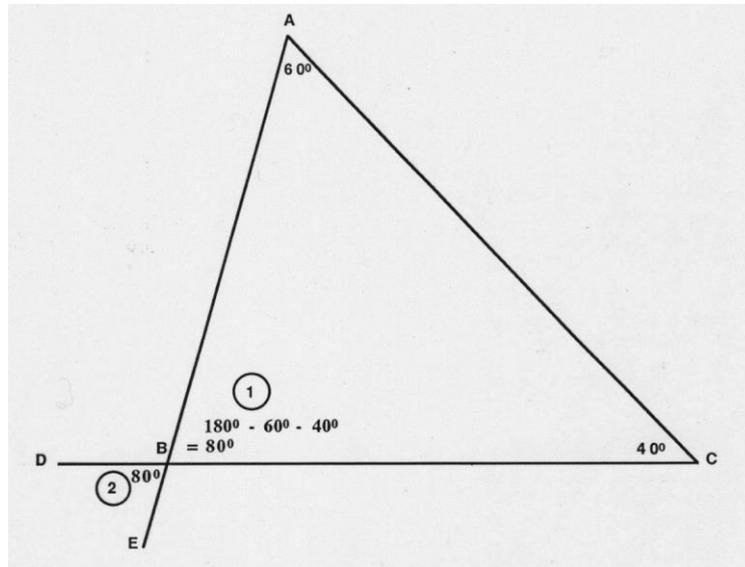


Figure 2. La solution du problème est intégrée dans la figure, réduisant la charge extrinsèque

5. L'effet de modalité. Lorsque la compréhension implique l'intégration de multiples sources d'information, il est généralement plus efficace de présenter les deux sources d'information dans des modalités différentes (auditive et visuelle), plutôt que de présenter le matériel d'une façon physiquement intégrée (visuelle seule).
6. L'effet de redondance. L'intégration physique ou l'effet de modalité sont efficaces si et seulement si les différentes sources d'information sont complémentaires. L'information redondante au contraire détériore généralement l'apprentissage.
7. L'effet de l'interactivité entre éléments. Les techniques précédentes sont efficaces si et seulement si la charge cognitive intrinsèque est élevée, *i.e.* s'il y a de nombreux éléments à mettre en relation pour comprendre la situation.
8. L'effet de variété des exemples. Il est plus efficace de faire varier les exemples, avec parcimonie en début d'apprentissage, plutôt que de présenter des exemples très différents entre eux dès le début.
9. L'effet de disparition progressive du guidage. Une séquence d'enseignement efficace peut consister en des problèmes initialement résolus, suivis par des problèmes à compléter, et enfin par des problèmes proposés sans aucune aide.

10. L'effet d'imagination. Imaginer qu'on réalise une procédure / comment on va la réaliser peut parfois être aussi efficace que la mise en œuvre effective.
11. L'effet d'auto-explication. Devoir s'expliquer à soi-même une procédure ou un concept est souvent plus efficace que simplement essayer de faire ou de comprendre. Cet effet a été préalablement obtenu par Chi *et al.* (1989).
12. L'effet de l'information transitoire. Le fait qu'une information soit « transitoire » (par exemple un document sonore, une vidéo, par opposition à une information « fixe » comme un texte ou une image) peut altérer l'apprentissage, notamment quand la connaissance à apprendre est séquentielle : l'oral est moins efficace que l'écrit ; les animations sont moins efficaces que les images fixes. L'information transitoire impose à l'élève, qui ne peut pas réguler son activité, de réaliser la tâche / traiter le support en même temps qu'il apprend.
13. L'effet de mémoire de travail collectif. Quand une tâche est complexe, le travail en groupe est plus efficace que le travail individuel. Quand la tâche est simple, le travail individuel est plus efficace. Dit autrement, apprendre en groupe est efficace si et seulement si le même apprentissage est trop exigeant quand il est réalisé seul. Dans les autres cas, le travail en groupe impose une charge cognitive inutile.
14. **L'effet de renversement dû à l'expertise.** Les effets précédents fonctionnent si et seulement si les apprenants ont peu de connaissances dans le domaine. Quand les apprenants sont avancés dans le domaine, ces effets sont inefficaces, puis nocifs avec les experts.

Ce dernier effet, découvert il y a presque 20 ans (Kalyuga, Chandler & Sweller, 1998), a donné lieu à une première synthèse et théorisation 5 ans plus tard (Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003) puis d'un numéro spécial d'une très bonne revue du domaine (Kalyuga & Renkl, 2010). Il correspond pour une part à un effet préalablement connu sous le nom de *achievement treatment interactions* (Tobias, 1976).

On peut appliquer l'effet de renversement dû à l'expertise à n'importe quel effet obtenu dans le cadre de la théorie de la charge cognitive. Cela permet de prédire, par exemple, que les élèves les plus avancés seront plus efficaces dans leur apprentissage avec un problème à résoudre, tandis que les élèves les moins avancés seront plus efficaces avec le même problème, mais présenté avec sa solution, pour une tâche d'étude du problème résolu (Kalyuga, Chandler, Tuovinen & Sweller, 2001), avec les autres effets. Ainsi, au sein d'une même classe, des élèves différents peuvent réaliser le même apprentissage, avec les mêmes problèmes, mais présentés différemment. On parvient de cette manière à faire porter la différenciation sur la tâche et le support, mais pas sur la connaissance à apprendre !

Cette approche de la différenciation pédagogique présente une particularité : la différence entre individus est envisagée sous un seul angle, celui des connaissances de l'élève, elles-mêmes conçues comme spécifiques au domaine (Tricot & Sweller, 2014). Ainsi, chaque élève est en difficulté ou au contraire bien avancé dans tel apprentissage de façon spécifique à la connaissance et à la tâche en jeu dans cet apprentissage. La difficulté est donc conçue comme une caractéristique de la situation et

non de l'élève. Selon cette approche, il n'y a donc aucune raison de considérer qu'un élève puisse être en difficulté d'apprentissage de façon générale.

Cela implique une approche de la différenciation pédagogique fondée sur une évaluation précise dans la difficulté de tel élève dans telle situation avec tel objectif d'apprentissage. Pour tenter de contourner cette contrainte, nous avons essayé de laisser les élèves choisir eux-mêmes la version la plus adéquate (ex. problème présenté avec ou sans sa solution). Les travaux conduits au sein du laboratoire CLLE à Toulouse depuis 15 ans selon cette perspective (Lemercier *et al.*, 2001) ont échoué. Nous n'avons pu que répliquer l'effet du « paradoxe de la demande d'aide » (Nelson-Le Gall, 1985) : ce sont les élèves qui ont le plus besoin d'aide dans la réalisation d'une tâche scolaire qui sont les moins pertinents dans la demande d'aide, soit qu'ils « sur-demandent », soit qu'ils « sous-demandent » de l'aide, le coût social et personnel de la demande d'aide (par exemple exposer le fait que l'on n'est pas compétent puisqu'on demande l'aide) n'étant pas étranger à ce paradoxe.

Plus largement, les travaux conduits au sein de la théorie de la charge cognitive ont contribué à la prise de conscience des dangers d'une approche sans nuance des apprentissages par découverte ou par problèmes (Kirschner, Sweller & Clark, 2006), sorte de constructivisme pédagogique mal digéré (Tobias, & Duffy, 2009). Il est impossible d'ignorer que plus les élèves sont éloignés du but d'apprentissage, plus ils ont besoin de guidage. Réciproquement, quand les élèves sont proches du but d'apprentissage, le fait de moins les guider, de les conduire à produire des inférences ou des hypothèses, mais aussi à interagir avec des pairs, améliore les apprentissages (Chi & Wylie, 2014 ; voir aussi McNamara *et al.* 1996 ; Fiorella & Mayer, 2015).

L'ensemble des travaux dans le cadre de la théorie de la charge cognitive permet donc de formuler un ensemble de propositions concrètes pour la différenciation pédagogique, portant sur la façon de présenter la tâche ou le support. J'ai tenté de résumer cela dans le tableau suivant. Celui-ci peut être lu comme un ensemble de propositions, à objectif d'apprentissage égal et problème identique, au sein d'une approche de la différenciation pédagogique parcimonieuse : on dispose de suffisamment de résultats cohérents qui attestent des risques et même des effets négatifs, au plan des apprentissages scolaires, d'une approche systématique ou trop poussée de la différenciation pédagogique (Crahay, 2013), en raison de processus qui vont bien au-delà du niveau cognitif abordé ici, pour ne pas s'engager tête baissée dans cette voie.

Avec les élèves les plus en difficultés pour l'apprentissage visé	Avec les élèves les plus avancés pour le même apprentissage visé
Ne pas trop spécifier le but du problème, indiquer plutôt à l'élève qu'il doit atteindre tous les buts qu'il peut atteindre, faire tout ce qu'il sait faire	Spécifier le but du (même) problème
Donner à l'élève le problème résolu et lui demander d'étudier la solution	
Alterner les problèmes résolus et les problèmes à résoudre	Donner le (même) problème à résoudre
Donner le problème avec une solution partielle	
Intégrer physiquement les informations que l'élève devra mettre en relation mentalement pour rendre cette information intelligible	
Éliminer toutes les informations inutiles ou décoratives	Éviter la redondance : ne pas répéter inutilement ce qui peut être présenté une seule fois d'une seule manière
Présenter les sources d'information que l'élève devra mettre en relation dans des modalités différentes (auditive et visuelle)	
Si l'information à présenter est complexe (beaucoup d'éléments et de relations), alors la présenter progressivement, partie par partie	Présenter le tout d'emblée plutôt que par parties, pour que l'élève puisse apprendre les relations entre les sections
	Présenter l'information avec beaucoup de variabilité pour que l'élève puisse apprendre quelles variables sont pertinentes et quelles ne le sont pas
Varié les exemples, avec parcimonie en début d'apprentissage	
	D'emblée, ne pas guider, laisser l'élève explorer librement
Faire disparaître le guidage progressivement	
Demander à l'élève de mémoriser les relations les plus importantes	Demander à l'élève de s'auto-expliquer les relations les plus importantes
Ne pas présenter d'information transitoire continue (oral, vidéo); présenter plutôt des informations statiques, faire des pauses aux moments pertinents et guider l'attention sur les parties pertinentes	Présenter de l'information transitoire continue (oral, vidéo)
Proposer du travail en groupe (selon un scénario précis) quand l'apprentissage visé est éloigné des élèves ; sinon, le travail peut être réalisé seul	Si l'accès aux connaissances d'autrui est nécessaire, alors le travail en groupe est utile. Sinon, le travail individuel peut être mis en œuvre.
Mettre en exergue ce qui est important	Ne pas tout expliquer : engager les élèves dans des activités de production d'inférences, d'hypothèses, de conjectures
Expliciter les liens entre les parties d'un tout	

Remerciements

Je tiens à remercier John Sweller et Gérard Sensevy pour leurs commentaires sur une version précédente de ce texte.

Références

Bellec, D. (2015). Apprentissages par enseignement à partir d'environnements complexes : effets de l'isolement des éléments en interaction et du séquençement de la présentation (Thèse de doctorat en psychologie, université Toulouse).

Chanquoy, L., Tricot, A., & Sweller, J. (2007). La charge cognitive : théorie et applications. Paris : Armand Colin.

Chi, M. T., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework : Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219-243.

Chi, M. T., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations : How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13(2), 145-182.

Crahay, M. (Ed.), (2013). L'école peut-elle être juste et efficace ? Bruxelles : De Boeck.

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2015). Learning as a generative activity : eight learning strategies that promote understanding. New York : Cambridge University Press.

Geary, D. C. (2008). An evolutionarily informed education science. *Educational Psychologist*, 43(4), 179-195.

Kalyuga, S., & Renkl, A. (Eds.). (2010). Special issue : Expertise reversal effect. *Instructional Science*, 38(3).

Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23-31.

Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors : The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(1), 1-17.

Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 579-588.

Khacharem, A., Zoudji, B., Spanjers, I. A., & Kalyuga, S. (2014). Improving learning from animated soccer scenes : Evidence for the expertise reversal effect. *Computers in Human Behavior*, 35, 339-349.

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work : An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.

Kyun, S., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2013). The effect of worked examples when learning to write essays in English literature. *The Journal of Experimental Education*, 81(3), 385-408.

Lemercier, C., Tricot, A., Chênerie, I., Marty Dessus, D., Morancho, F., & Sokoloff, J. (2001). Quels apprentissages sont-ils possibles avec des exercices multimédia en classe. Réflexions théoriques et compte rendu d'une expérience. Paris : Rapport de recherche, contribution au rapport du PNER « Usages éducatifs des exercices ».

- McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better ? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition & Instruction*, 14(1), 1-43.
- Nelson-Le Gall, S. (1985). Help-seeking behavior in learning. *Review of Research in Education*, 12, 55-90.
- Owen, E., & Sweller, J. (1985). What do students learn while solving mathematics problems ? *Journal of Educational Psychology*, 77(3), 272.
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example - based learning. *Cognitive Science*, 38(1), 1-37.
- Roussel, S., Tricot, A., & Sweller, J. (2016). Is learning content and a second language simultaneously a good idea ? 9th International Cognitive Load Theory Conference, Bochum, 22-24 june.
- Sweller, J. (2015). In academe, what is learned, and how is it learned ? *Current Directions in Psychological Science*, 24(3), 190-194.
- Sweller, J. (2016). Story of a research program. *Education Review//Reseñas Educativas*, 23. <http://edrev.asu.edu/index.php/ER/article/view/2025>
- Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition & Instruction*, 2(1), 59-89.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York : Springer.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Tobias, S. (1976). Achievement treatment interactions. *Review of Educational Research*, 46, 61-74.
- Tobias, S., & Duffy, T. M. (Eds.). (2009). *Constructivist instruction : Success or failure ?* New York : Routledge.
- Tricot, A., & Sweller, J. (2014). Domain-specific knowledge and why teaching generic skills does not work. *Educational Psychology Review*, 26(2), 265-283.
- Van Gog, T., Ericsson, K. A., Rikers, R. M., & Paas, F. (2005). Instructional design for advanced learners : Establishing connections between the theoretical frameworks of cognitive load and deliberate practice. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), 73-81.