

Faut-il vraiment laisser le déroulement d'une animation sous le contrôle de l'apprenant ?

Mireille Bétrancourt
TECFA

Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education
Université de Genève
CH1205 GENEVE
Mireille.Betrancourt@tecfa.unige.ch

Nicolas Realini

Faculté de Lettres
Université de Fribourg
CH FRIBOURG
Nicolas.Realini@unifr.ch

Résumé

Grâce aux possibilités technologiques accrues, l'utilisation d'animations dans les documents multimédia à visée technique ou didactique, est devenue un usage courant. Cependant, les études qui ont comparé « toute chose égales par ailleurs » animations et graphiques statiques montrent que le bénéfice des graphiques animés, loin d'être automatique, dépend des dispositifs d'interaction mis à la disposition des utilisateurs. Sur la base de la littérature, nous proposons que l'usage d'animations qui puissent être contrôlées par l'étudiant (rythme de défilement, direction) allègerait considérablement la difficulté de l'apprentissage. L'objectif de cette étude expérimentale est d'analyser l'effet de la possibilité de contrôler le défilement de l'animation sur son efficacité en termes de mémorisation et de compréhension d'un système dynamique complexe (le potentiel d'action neuronal).

Introduction

De l'efficacité des graphiques statiques et dynamiques

Il est légitime de penser qu'un graphique animé aura toutes les chances de faciliter la compréhension du fonctionnement de systèmes dynamiques tels que dispositifs mécaniques, processus biologiques ou phénomènes physiques, dans la mesure où il permet de visualiser ce fonctionnement. Au niveau de la forme, l'animation est séduisante et l'on peut penser qu'elle motivera davantage l'utilisateur à étudier le document. De fait, avec les récentes avancées des technologies graphiques informatisées, la présence de graphiques dynamiques a proliféré dans les documents multimédia et sites web. Mais qu'apporte réellement un graphique animé du point de vue du traitement de l'information par rapport à un graphique statique ?

L'atout des animations est de fournir un support au sujet pour la construction d'un modèle mental « qui tourne » (*runnable mental model*, d'après Mayer, 1989), ce qui rend le traitement de l'information plus facile qu'à partir d'un simple texte écrit ou qu'à partir d'un texte accompagné d'une image statique. En effet, Hegarty & Sims (1994) ont montré que la résolution d'inférences concernant le fonctionnement d'un système de poulies à partir de graphiques statiques et de textes demandait un effort cognitif considérable aux sujets. Ceux-ci procédaient par animation mentale locale, poulie par poulie, dans l'ordre de la chaîne causale, et ce processus était d'autant plus difficile que les sujets avaient de faibles compétences visuo-spatiales. Le texte reste approprié à la description d'une séquence linéaire de procédures, cependant, dans le cas où les procédures sont cycliques, l'animation devrait être particulièrement adaptée.

Ainsi, l'animation devrait être le moyen le plus naturel pour communiquer le concept de changement dans le temps, de même que l'espace dans les graphiques est le moyen le plus naturel de transmettre des relations spatiales. L'animation devrait donc être efficace pour représenter des processus comme les systèmes de régulation biologiques, ou les phénomènes météorologiques et les circuits électriques. Etant donné les nombreux domaines pour lesquels l'animation semble convenir, et l'accessibilité croissante des outils permettant de créer des animations, l'enthousiasme des concepteurs de systèmes d'informations multimédia est compréhensible. Cependant, les recherches qui ont estimé les apports de l'animation ne vont pas renforcer cet enthousiasme (Bétrancourt & Tversky, 2000, Bétrancourt, Bauer-Morrison & Tversky, 2001, Rieber & Kini, 1991). En effet, l'animation n'a induit de bénéfices

par rapport à des illustrations statiques que dans un nombre limité d'études, que ce soit en termes de mémorisation ou de compréhension, ou même de motivation.

A partir de ces études, Bétrancourt *et al* (2001) ont identifié trois sources de difficulté de traitement cognitif des animations multmédia :

- Difficultés attentionnelles : détecter quels sont les éléments en mouvement, ce qui a déclenché leur mouvement, qui n'est pas une tâche facile même lorsque l'on peut ralentir ou stopper l'animation.
- Difficultés « computationnelles » : liées aux opérations mentales que l'on peut appliquer sur les graphiques animés : par exemple, il est très difficile de visualiser la trajectoire d'un point d'après son mouvement.
- Difficultés mnésiques : comprendre l'enchaînement causal des mouvements du système demande d'avoir mémorisé les positions absolues et relatives de chaque élément à différentes étapes de l'animation.

Outre des difficultés cognitives, des différences inter-individuelles importantes ont pu être identifiées, notamment en fonction des connaissances préalables et des capacités visuo-spatiales. Nous postulons que l'animation peut faciliter la compréhension de phénomènes dynamiques si l'interface fournit à l'utilisateur les moyens de diminuer ou de contrôler la charge cognitive qu'entraîne leur traitement. Un facteur simple mais prometteur est le niveau de contrôle que l'utilisateur peut exercer sur le rythme de défilement de l'animation.

Contrôle du défilement de l'animation

D'après Mayer et Chandler (2001), un contrôle simple de l'utilisateur sur l'animation (possibilité de faire des pauses entre séquences animées) pourrait affecter les processus cognitifs à la fois durant la phase d'apprentissage et durant la phase de restitution. Ce contrôle pourrait avoir deux effets principaux sur les processus d'apprentissage : elle pourrait réduire la charge cognitive de l'apprenant et par ce fait lui permettre de construire petit à petit un modèle mental cohérent. Dans deux expériences, des étudiants sont invités à suivre deux présentations successives de la même animation commentée découpée en huit séquences sur la formation des éclairs. Puis on leur fait passer un test de rétention de l'information et un test de transfert des connaissances. Dans la première expérience, les apprenants de la première condition ont la possibilité de contrôler la cadence de l'animation : la présentation stoppe après chaque séquence, et le sujet choisit de passer à la séquence suivante en pressant sur un bouton (D pour discret). Puis ils assistent à la même animation en continu, c'est-à-dire sans contrôle (C pour continu). Ces étudiants de la condition DC obtiennent de meilleurs résultats au test de transfert que les apprenants qui ont reçu les deux présentations dans l'ordre inverse, c'est-à-dire CD. Aucune différence n'est observée au test de rétention. Dans une seconde expérience, les apprenants peuvent exercer un contrôle sur la cadence de l'animation et ce sur les deux présentations successive (DD). Ils obtiennent de meilleurs résultats que les apprenants qui ne pouvaient pas agir sur le déroulement des animations (CC). Ces résultats confirment la théorie de la charge cognitive mais également la théorie de la construction des modèles mentaux. Schwan & Riempp (2004) ont observé des résultats similaires avec des films vidéos qui expliquaient comment faire quatre noeuds nautiques de complexité croissante. Pour chaque noeud, les participants devaient d'abord regarder la vidéo, puis devaient essayer de le refaire sans l'aide de la vidéo. Dans une première condition, les sujets avaient le contrôle sur le défilement de la vidéo (arrêt, marche, avant ou arrière avec deux niveaux de vitesse). Dans une seconde condition, ils devaient regarder la vidéo in extenso à vitesse normale, le nombre de fois qu'ils souhaitaient. Les résultats montrent que les sujets apprennent significativement plus vite à lier les noeuds lorsqu'ils peuvent contrôler le rythme et la direction de défilement de la vidéo. Les auteurs en déduisent que les sujets sont capables de gérer eux-mêmes la distribution de leur attention et de leurs ressources cognitives sur certains passages de la présentation en fonction de leurs besoins cognitifs.

Suite à ces premières recherches, nous postulons que le contrôle sur le défilement permet à l'apprenant de maîtriser efficacement son traitement de l'animation. Alors que Mayer & Chandler (2001) ont utilisé le degré minimal de contrôle (possibilité de lancer la séquence suivante), Schwan & Riempff (2004) ont à l'inverse utilisé un niveau de contrôle avec de multiples possibilités. Dans cette étude, nous explorons l'effet de deux niveaux de contrôle sur le traitement qu'en fait l'utilisateur et l'efficacité de l'apprentissage résultant. En accord avec les études précédentes, nous postulons que la possibilité de contrôler le rythme de défilement de l'animation permet de diminuer la charge cognitive et d'améliorer l'efficacité de l'apprentissage et l'expérience subjective de l'apprenant. Cependant, nous faisons l'hypothèse qu'un niveau de contrôle trop complexe induit une charge de gestion de la présentation qui va finalement diminuer l'efficacité du traitement par rapport à un contrôle minimal.

Dans une première étude présentée à l'édition 2003 de la conférence JETCSIC (Tassini et Bétrancourt, 2003), trois conditions de contrôle ont été comparées : sans contrôle (l'animation défile du début à la fin), contrôle partiel (possibilité de pauser l'animation) et contrôle total (possibilité de pause et de défilement avant et arrière). Le matériel traitait du potentiel d'action dans le neurone avec le système de dépolarisation de la membrane, sujet en général difficile à saisir pour les élèves et étudiants. Les résultats allaient dans le sens d'une supériorité des conditions avec contrôle (partiel ou total) sur la condition sans contrôle en termes de temps d'étude et de scores de mémorisation et compréhension, mais les différences n'atteignaient pas le seuil de significativité.

Cette expérience réplique l'expérience précédente, avec les mêmes conditions et sur le même sujet, avec toutefois deux différences majeures. Premièrement, un outil d'enregistrement des actions utilisateurs sur les boutons de contrôle était mis en place afin d'obtenir des indicateurs sur le comportement des sujets en conditions avec contrôle. En second lieu, le temps d'étude était maintenu équivalent dans les trois conditions afin de permettre la comparabilité des performances d'apprentissage.

Méthodologie

Participants

Les participants étaient 75 étudiants de psychologie (16 hommes et 59 femmes) en première ou deuxième année ou d'étudiants d'autres branches universitaires. L'âge des sujets variaient entre 18 et 29 ans. Ils étaient aléatoirement répartis dans les 3 conditions (sans contrôle, contrôle partiel et contrôle total).

Matériel

Le matériel est constitué d'une animation comprenant 4 étapes expliquant ce qu'est le potentiel d'action (signal électrique qui se propage le long de la membrane d'un neurone). Trois versions de l'animation ont été réalisées :

- dans la version *sans contrôle*, l'apprenant lance l'animation puis n'a plus de contrôle sur son défilement jusqu'à ce qu'elle se soit déroulée entièrement ;
- dans la version *contrôle partiel*, l'apprenant a la possibilité de stopper l'animation à n'importe quel moment, puis de la relancer (fonctions pause, play dans la barre d'outils en bas de l'animation) ;
- dans la version *contrôle total*, l'apprenant peut choisir de stopper l'animation, de revenir à l'étape précédente ou d'atteindre l'étape suivante.

Dans les trois versions, les étapes sont visualisées dans la barre d'outil en bas de la fenêtre (Figure 1). Le matériel de présentation a été développés avec le logiciel Macromedia Flash MX ® et le questionnaire de test avec le logiciel Macromedia Authorware ®.

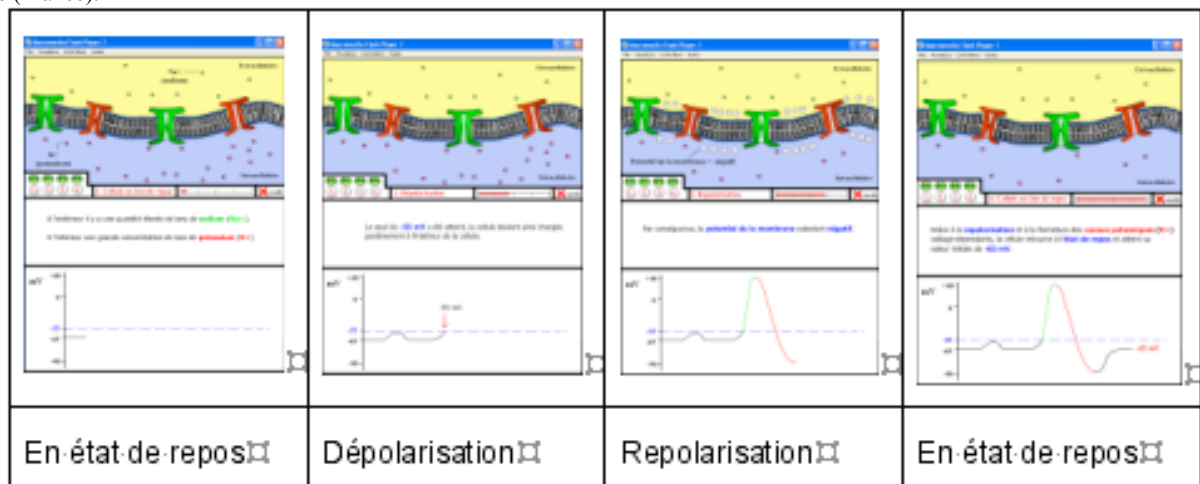


Figure 1 : Les quatre phases de l'animation utilisée en version contrôle total. La version contrôle partiel ne comprend que deux boutons (Pause / Jouer) et la version sans contrôle ne possède aucun bouton (sinon le « Rejouer » à la fin de l'animation).

Procédure

Les participants passaient l'expérience par petits groupes sans communication entre eux. Chaque sujet a dû remplir un questionnaire personnel qui comprenait son âge, le sexe, la langue maternelle, l'orientation choisie lors du secondaire supérieur. Cette dernière indication était motivée par le fait que notre matériel faisait appel à des notions scientifiques davantage abordées dans certaines filières du secondaire. En outre, avant la présentation, trois questions spécifiques sur le potentiel d'action étaient soumises en guise de pré-test. Les données des participants qui réussissaient ces trois questions ont été éliminées.

Quelle que soit la condition, les participants avaient 10 minutes (l'équivalent de trois passages de l'animation) pour explorer le matériel. Ensuite, en l'absence du matériel, les participants devaient répondre à 16 questions, dont 10 portaient sur des informations explicites (rétention) et 6 sur des informations à inférer du matériel présenté (compréhension), dont trois demandent à inférer des informations non explicitement communiquées. Toute l'expérience se déroule sur écran.

Résultats

Performances d'apprentissage

Le temps passé par les participants sur les différentes parties de l'animation était comparé dans les trois conditions. Aucune différence significative n'a été notée, bien que les participants des conditions contrôle partiel et contrôle total avaient les moyens de gérer leur temps d'étude sur chaque étape de la présentation multimédia.

Le tableau 1 présente les scores obtenus aux questions de rétention et de compréhension. Au total, les performances sont en faveur du groupe sans contrôle mais les différences entre les trois conditions ne sont que marginalement significatives ($F(2, 72) = 2.977; p = .057$). Si l'on distingue par type de question, on n'observe pas d'effet significatif du facteur contrôle pour les questions explicites ($F(2, 72) = 3.677; p = .329$), alors que la différence entre les trois conditions est significative pour les questions d'inférence ($F(2, 72) = 3.887; p < .05$), avec une nette supériorité du groupe Sans contrôle (différence significative entre la condition Sans contrôle et Contrôle total, $p < .05$).

Tableau 1: Moyennes (et écart-types) des trois conditions aux questions de rétention et d'inférence et au total

Type de questions

	Rétention (sur 10)	Compréhension (sur 6)	Score total (sur 16)
Contrôle Total	7.19 (1.767)	4.31 (1.192)	11.50 (2.1985)
Contrôle Partiel	7.92 (1.863)	4.54 (1.250)	12.46 (2.105)
Sans contrôle	7.76 (1.786)	5.16 (.898)	12.92 (2.06)

Actions sur le dispositif de contrôle

Pour explorer si le dispositif de contrôle était vraiment utilisé par les participants, nous avons enregistré le nombre de fois que chaque participant (conditions contrôle partiel ou total) exerçait un contrôle sur le dispositif. Les résultats sont présentés dans le tableau 2. En raison d'une distribution très étendue, la médiane a été préférée à la moyenne.

Tableau 2: Distribution des actions de contrôle sur le dispositif dans les conditions contrôle partiel et contrôle total.

	Médiane	Ecart Interquartile	Etendue
Contrôle Total	16	17	134 (2 – 136)
Contrôle Partiel	10.5	11.75	33 (1– 34)

Comme on pouvait s'y attendre, il y a plus d'actions de contrôle dans la condition contrôle total, qui offre plusieurs possibilités de navigation dans le matériel, que dans la condition contrôle partiel, où seul le bouton « pause » est disponible. Néanmoins, on observe dans les deux conditions une grande hétérogénéité des comportements, depuis les participants qui n'utilisent quasiment jamais le contrôle jusqu'à une utilisation systématique (surtout dans le groupe contrôle total). Un test non paramétrique (U de Mann-Whitney) révèle qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes ($U = 229.5$, *NS*).

Compte tenu de la variabilité des comportements dans ces groupes, le nombre d'action sur le dispositif pourrait être un meilleur prédicteur de la performance que la présence du dispositif de contrôle. C'est pourquoi nous avons opéré, pour chaque condition de contrôle total et partiel, une segmentation de l'échantillon de ces deux groupes en fonction de leur utilisation du dispositif de contrôle (segmentation en quatre groupes selon les quartiles), créant une nouvelle variable indépendante a posteriori. Cependant, l'analyse de variance ne permet pas de révéler d'effet de cette nouvelle variable sur les scores au questionnaire de rétention et de compréhension dans aucune des deux conditions avec contrôle. Il n'y a pas non plus de corrélation entre le nombre d'actions de contrôle et les performances au questionnaire.

Variabiles personnelles

Nous avons également mesuré l'éventuel effet de variables personnelles (âge, sexe, langue maternelle et orientation au secondaire) sur les performances et le comportement d'étude du dispositif.

Aucun effet des variables âge et sexe n'a été observé sur les mesures effectuées dans cette étude. En revanche, la variable langue maternelle a eu un effet significatif sur les performances aux questions de rétention ($F(1,73) = 7.01$, $p < .05$), mais sans interaction avec le type de condition expérimentale. Sans surprise, les étudiants de langue maternelle française ont mieux réussi à ces questions sur le contenu explicite, mais aucune différence n'a été observée sur les questions de compréhension ($F(1,73) = .625$, *NS*).

En outre, l'orientation scolaire au secondaire a eu un effet significatif sur les performances aux questions de compréhension ($F(1,73) = 13.96$, $p < .0001$) : les étudiants ayant suivi une orientation scientifique (ci-après étudiants en scientifique) ont significativement mieux réussi que ceux qui ont suivi une orientation non scientifique (ci après étudiants en non scientifique). Plus intéressant, on

observe une interaction significative ($F(2, 69) = 3.873, p < .05$) entre l'orientation et la condition (figure 2a) : alors que les étudiants en non scientifique réussissent mieux dans la condition « Sans contrôle », les étudiants en scientifique réussissent mieux en condition contrôle partiel. Dans aucun des cas, la condition contrôle total n'est la meilleure.

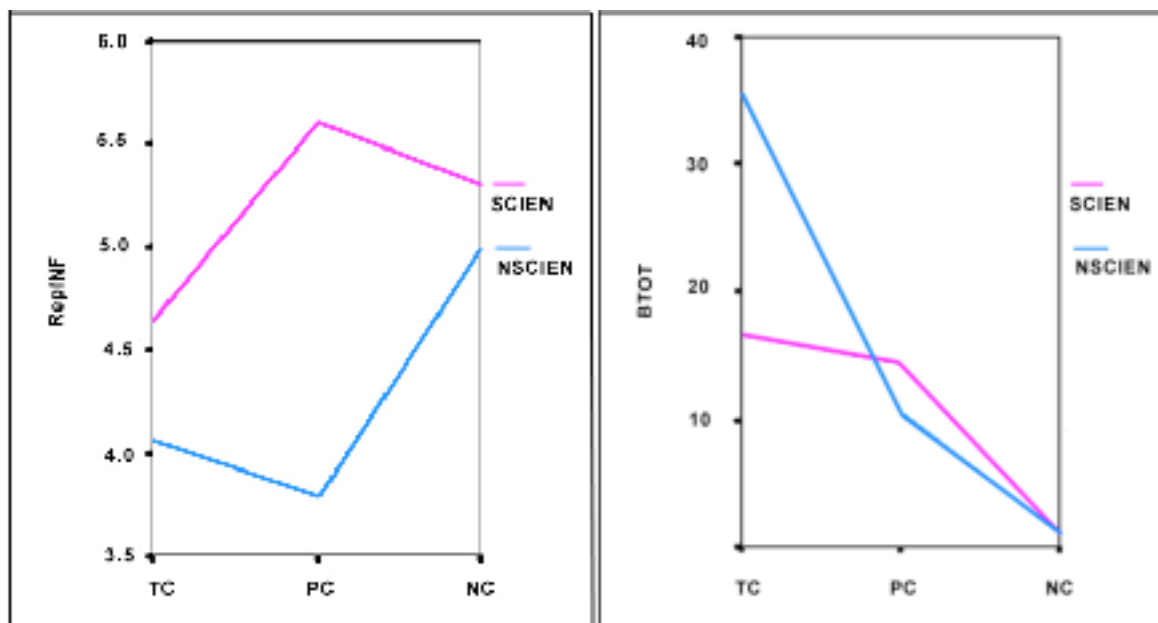


Figure 2 : a. Performance aux questions de compréhension (RepInf) dans les trois conditions (TC = Contrôle Total, PC = Contrôle Partiel et NC = Sans contrôle) en fonction de l'orientation au secondaire (scientifique ou non scientifique) ; b. Nombre d'actions de contrôle dans les trois conditions en fonction l'orientation au secondaire.

Pour comprendre ce résultat, nous avons réexaminé les comportements d'action sur le dispositif de contrôle en fonction de l'orientation au secondaire (Figure 2b). Curieusement, dans la condition Contrôle Total les résultats montrent que les étudiants en non scientifique utilisent davantage le dispositif de contrôle que les étudiants en scientifique (moyenne de 35 vs. 17), sans que cela soit accompagné de meilleures performances. Inversement, dans la condition contrôle partiel, ce sont les étudiants en scientifiques qui utilisent le plus le bouton de contrôle, bien que les différences soit réduites (moyenne de 15 vs. 10).

Discussion et conclusion

Notre hypothèse était que le degré de contrôle aurait une influence sur la mémorisation et la compréhension d'une animation multimédia sur un phénomène dynamique complexe. En effet, selon Mayer et Chandler (2001), la possibilité de stopper l'animation permet au sujet d'intégrer progressivement les informations dans le modèle mental. En outre, selon Schwann et Riempp (2004), un contrôle total permettrait au sujet de gérer le temps et donc les ressources cognitives en fonction de la difficulté des passages. Contre toute attente, nos résultats vont à l'inverse de ces prévisions : ce sont les participants de la condition sans contrôle qui obtiennent les meilleures performances au questionnaire de compréhension. En outre, dans les groupes avec contrôle, on n'observe pas d'effet du contrôle sur la gestion du temps sur les différentes phases de l'animation.

Comment expliquer l'avantage du groupe sans contrôle ? Plusieurs résultats donnent des pistes d'explication : d'abord, l'on observe une grande hétérogénéité dans les comportements d'action dans les conditions avec contrôle. Il ne suffit pas de mettre des possibilités de contrôle pour que les utilisateurs s'en servent. De plus, aucune donnée ne permet de conforter l'hypothèse d'un lien entre le nombre d'actions de contrôle et les performances au questionnaire. La seule explication que l'on puisse retenir à ce stade serait que la présence d'un dispositif de contrôle aurait entraîné un effet de

Communication à la 11^{ème} journée d'étude sur le traitement cognitif de systèmes d'informations complexes (JETCSIC), 17 juin 2005, Nice (France).

partage de l'attention (split-attention effect, Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998), que l'utilisateur s'en serve ou non. Une seconde explication serait que la présence d'un bouton « pause » serait très différente du dispositif utilisé par Mayer et Chandler (2001) où l'animation s'arrêtait elle-même à des moments prédéfinis par le concepteur, ne causant pas d'effet de partage de l'attention.

Une nouvelle expérience en cours de mise en place utilisera un dispositif de contrôle minimal du type de celui utilisé par Mayer et Chandler (2001) à la place du bouton « pause » et prévoira de mesurer la charge cognitive éprouvée par les sujets en utilisant une échelle adaptée du nasa-TLX déjà utilisée dans une précédente étude (Rebetez, Sangin, Bétrancourt & Dillenbourg, 2004).

Bibliographie

Bétrancourt, M., Bauer-Morrison, J. & Tversky, B. (2001). Les animations sont-elles vraiment plus efficaces ? *Revue d'intelligence artificielle*, 14, 149-166.

Bétrancourt, M. & Tversky, B. (2000). Effect of computer animation on users' performance: a review. *Le travail Humain*, 63, 311-330.

Hegarty, M. & Sims, V.K. (1994). Individual differences in mental animation during mechanical reasoning. *Memory & Cognition*, 22, 411-430.

Mayer, R. E. (1989). Models for understanding. *Review of Educational Research*, 59, 43-64.

Mayer, R. & Chandler, P. (2001). When Learning is Just a Click Away: Does Simple User Interaction Foster Deeper Understanding of Multimedia Messages? *Journal of Educational Psychology*, 93, 390-397.

Rebetez, C., Sangin, M., Bétrancourt, M., & Dillenbourg, P. (2004). Effects of collaboration in the context of learning from animations, In *Proceedings of the EARLI SIG meeting on Comprehension of Texts and Graphics: Basic and applied issues* (pp 187-192). September 2004, Valencia (Spain).

Rieber, L.P. & Kini, A.S. (1991a). Theoretical foundations of instructional Applications of computer-generated animated visuals. *Journal of computer-based instructions*, 18, 83-88

Schwan, S. & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: Learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction*, 14, 293-305.

Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G., & Paas, F. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-295.

Tassini, S. & Bétrancourt, M. (2003) Effet du contrôle de l'animation sur son efficacité cognitive. *Communication à la 8^{ème} journée JETCSIC*, Juin 2003, Dijon (France).