

# Bénéfices d'une animation dans la construction d'un modèle mental

Emmanuel Schneider

Jean-Michel Boucheix

LEAD / UMR CNRS 5022

Université de Bourgogne

Pôle AAFE

Esplanade Erasme

BP 26513

21065 Dijon Cedex

[emmanuel.schneider@lead.u-bourgogne.fr](mailto:emmanuel.schneider@lead.u-bourgogne.fr) ; [jean-michel.boucheix@u-bourgogne.fr](mailto:jean-michel.boucheix@u-bourgogne.fr)

## Introduction

L'efficacité que les animations sont supposées apporter aux lecteurs de documents techniques multimédias reste assez hypothétique (Bétrancourt & Tversky, 2000, Tversky, Bauer-Morrison, & Bétrancourt, 2002). Certains travaux montrent un effet positif de l'animation (Rieber, 1990, 1991), tandis que d'autres ne montrent aucun effet (Palmiter & Elkerton, 1993, Harrison, 1995), ou même des effets négatifs (Lowe, 1999, Schnotz, Boeckler & Grondziel, 1999). Pourtant, de nombreux travaux ont mis en évidence le rôle bénéfique des illustrations graphiques dans la compréhension de texte, et ceci en particulier dans les domaines techniques ou scientifiques (Hegarty & Just, 1993, Mayer 2001, Mayer & Moreno, 1998). On peut donc supposer que pour ce genre de contenu, une animation pourrait soutenir la construction par le sujet d'une simulation mentale du fonctionnement du système, nécessaire à l'intégration du mouvement des différents éléments du système (Bétrancourt & Tversky, 2000 ; Mayer, 2001, Hegarty, Narayanan & Freitas, 2002).

Les études qui ont tenté de mettre en évidence un bénéfice de l'animation par rapport à une illustration statique, présentant les mêmes informations, obtiennent des résultats contradictoires. L'animation ne fournit pas toujours des bénéfices mais induit aussi quelquefois des effets négatifs (Bétrancourt & Tversky, 2000, Boucheix & Guignard, à paraître, Lowe, 1999, Schnotz & Bannert, 2003, Tversky & al., 2002) .

Plusieurs raisons peuvent être (ou ont été) suggérées. D'abord, lorsque l'on compare les contenus conceptuels utilisés dans les études montrant un effet positif des animations, à ceux ne conduisant pas à un tel effet (Boucheix et Guignard, à paraître), il apparaît que les études montrant un effet bénéfique portent surtout sur des phénomènes dynamiques centrés sur le mouvement (poulies, pompes, système de freinage), ce n'est pas le cas des études portant sur des processus impliquant une succession de plusieurs étapes (migration cellulaire). Ensuite, les versions statiques et animées d'une même illustration ne délivrent pas les mêmes informations : la version animée fournissant les micro étapes du processus et donc une sorte de « feed-back » de fine granularité du fonctionnement du système au sujet. Enfin, l'animation ne suit pas toujours un principe « d'appréhendabilité », (Tversky, Bauer-Morrison & Bétrancourt, 2002). Les aspects dynamiques des transformations temporelles de l'animation, pouvant concerner plusieurs éléments de façon simultanée, entraîneraient des difficultés de traitement. Ceci impliquerait une surcharge cognitive chez le sujet : savoir où regarder pour repérer le déclenchement du mouvement, son organisation, et les différents éléments en fonction ; visualiser et intégrer des trajectoires différentes (poulies, engrenages) ; intégrer l'ensemble du mouvement. De plus on peut supposer que le traitement ne sera pas effectué de la même façon selon le niveau de connaissances préalables du sujet dans le domaine considéré.

Ainsi, l'absence de bénéfice des animations tiendrait moins à l'animation en elle-même qu'aux conditions de délivrance de celle-ci. En les rendant plus « appréhendables », les animations pourraient améliorer la construction de modèles mentaux précis des systèmes décrits. De ce point de vue deux solutions nous semblent pouvoir être proposées.

La première possibilité est de rendre l'animation contrôlable par le sujet. Le niveau de contrôle que le sujet pourra exercer sur l'animation pourrait avoir un effet sur son intégration. Nous avons pu montrer par exemple (Boucheix & Masson, 2001 ; Boucheix & Guignard, à paraître) qu'une

interactivité plus grande pour les sujets qui permet de contrôler le rythme des animations a un effet bénéfique sur la compréhension d'un système d'engrenage chez des enfants.

La deuxième possibilité, différente du contrôle, consiste à manipuler le format de présentation de l'illustration (pour favoriser la production d'animation interne). Il s'agit en particulier de rendre appréhendables et discrètes les micro-étapes du fonctionnement du système en sélectionnant le niveau de granularité pertinent (Bétrancourt, Bauer-Morisson & Tversky, 2002).

Dans cet article, nous testerons ces deux possibilités à travers une série de deux expériences destinées à la comparaison des effets de différentes versions d'un système de poulies sur sa compréhension par des sujets de niveaux d'aptitude spatiale différenciés.

Dans la première expérience, nous nous intéresserons au problème du format de présentation de l'illustration. Dans la seconde expérience nous nous centrerons sur le problème du contrôle de l'animation.

## Expérience 1

Cette première expérience a pour objectif d'étudier l'effet de différents formats de présentation des principes de fonctionnement du système de poulies sur la compréhension par des sujets possédant des aptitudes spatiales de niveaux différents.

### Sujets

63 étudiants ont participé à cette première expérience.

### Matériel

Nous nous inspirons du matériel utilisé par Hegarty & Just (1993) composé d'un texte et d'une illustration statique. Notre matériel est constitué d'une leçon comprenant un texte et une représentation graphique statique ou animée qui explique le fonctionnement d'un système à trois poulies. Nous avons conçu 4 formats différents de présentation des informations, dont un seul dynamique :

- une version avec un graphique unique statique.
- une version avec 5 graphiques statiques représentant (de façon fine) les différentes étapes du fonctionnement du système. Le sujet dispose du texte ainsi que des 5 représentations graphiques statiques disposées l'une à côté de l'autre qui représentent la levée et la descente du poids. Le sujet peut faire apparaître chaque image en cliquant sur la zone graphique. Il a sous les yeux les micro-étapes du fonctionnement des poulies (hormis la vitesse et la direction de rotation des poulies) et pour chaque étape, l'étape précédente reste visible (voir la figure 1).
- une version séquentielle en 5 étapes statiques successives. Le sujet dispose du texte et peut faire apparaître successivement les étapes du fonctionnement du système en cliquant sur la zone du graphique. Quand le sujet a sous les yeux une étape, il ne dispose pas de celle qui précède.
- Une version dynamique continue. Le sujet dispose du texte ainsi que d'une animation du fonctionnement du système de poulies déclenchée par un clic dans la zone graphique la représentation graphique.

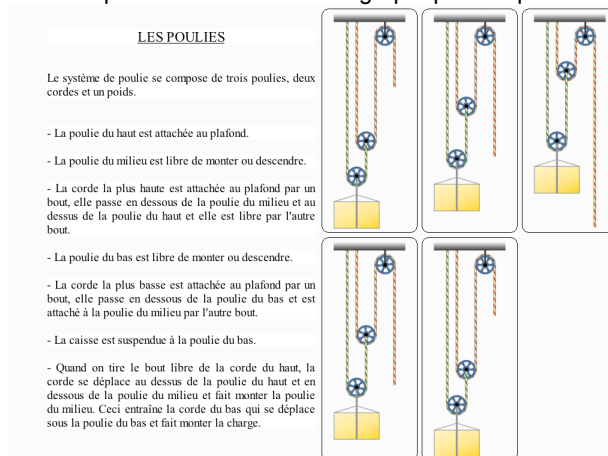


fig.1 : illustration de la version avec 5 graphiques

### Procédure

Les sujets sont tout d'abord pré-testés collectivement avec des épreuves d'aptitudes spatiales et mécaniques (DAT5). En fonction de leur performance les sujets sont ensuite répartis en deux

groupes. Trente deux sujets constituent le groupe possédant des aptitudes élevées ( $M = 64.43$ ,  $SD = 8.38$ ). Ce groupe est significativement différent ( $F(1, 55) = 97.80$ ,  $p < .001$ ) des trente et un autres sujets possédant des aptitudes moins élevées ( $M = 45.75$ ,  $SD = 6.41$ ). Les sujets de chaque groupe sont ensuite répartis de façon équilibrée dans les quatre formats du matériel.

Les sujets sont alors testés individuellement. Leur tâche est de comprendre le fonctionnement d'un système de poulie à l'aide d'un texte explicatif et d'une illustration au format différent selon les conditions expérimentales. Le temps de consultation est libre et par ailleurs, ils doivent manipuler l'illustration trois fois au moins ou l'imaginer trois fois pour les sujets étant dans les conditions statiques. Les sujets doivent ensuite répondre à un questionnaire de compréhension comprenant 14 questions écrites. Trois types de questions ont été distinguées qui s'adressent à différents niveaux d'intégration des éléments du système, en référence au modèle de Narayanan & Hegarty (1998, 2002). Une série de questions concerne *la configuration* des éléments du système et les connections référentielles (exemple : avec quoi la poulie du milieu est-elle en contact ?). Un autre série porte sur les mouvements, c'est à dire l'aspect *kinématique* (par exemple sur la montée et la descente des poulies). Enfin, le dernier niveau des questions concerne le *modèle mental fonctionnel* (ou *opératif*) du système : c'est à dire la chaîne causale du processus intégrant configuration et comportements des éléments dans le processus (exemple : que se passe-t-il pour tous les éléments quand on tire sur la corde ?). Nous nous attendons à une interaction entre types de question et formats présentés. Nous nous attendons également à une interaction entre formats et aptitudes spatiales.

## Résultats

Les résultats sont consignés figure n°2. En ce qui concerne le score global (configuration+kinématique+modèle fonctionnel), nous observons seulement un effet du niveau, les sujets à fortes habiletés en raisonnement spatial et mécanique obtiennent des performances supérieures aux sujets à faibles habiletés (respectivement  $M = 78.07$  et  $M = 70.16$ ),  $F(1, 57) = 6,75$ ,  $p = .011$ .

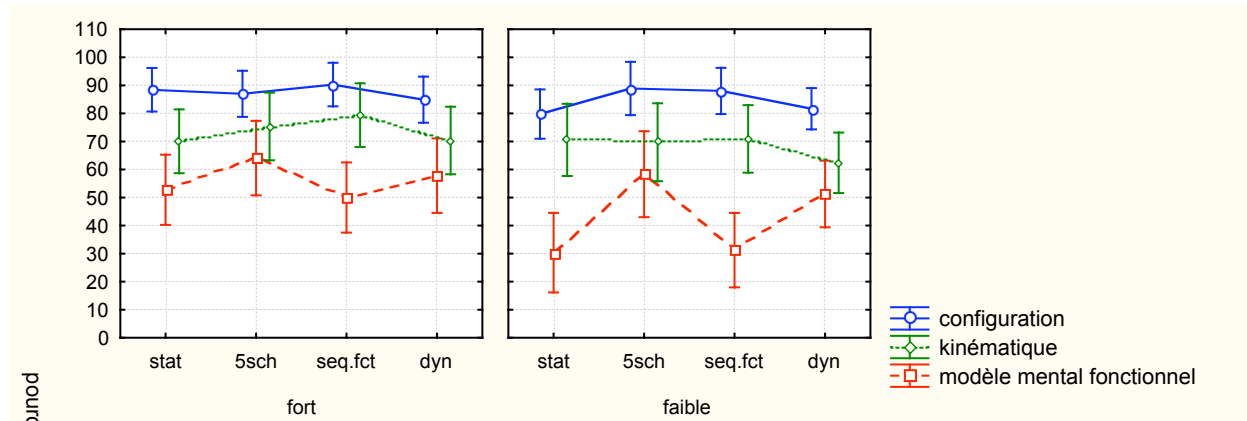


Fig.2 : Pourcentages moyens obtenus aux différentes tâches de compréhension en fonction du format et du niveau préalable des sujets

Comme attendu, on observe une interaction entre le type de questions et le format,  $F(6, 114) = 3.381$ ,  $p < .01$ , qui révèle la supériorité des formats 5 schémas et dans une moindre mesure dynamique. Cet effet concerne les questions portant sur le modèle mental fonctionnel ( $F(3, 57) = 4.40$ ,  $p < .01$ ) mais non celles portant sur la configuration et les mouvements des poulies du système. On constate enfin une interaction entre format, niveau et type de questions. Cette interaction montre que ce sont surtout les sujets possédant de faibles capacités préalables qui bénéficient des formats cinq schémas et dynamiques dans l'élaboration du modèle mental opératif du système,  $F(1, 57) = 8.08$ ,  $p < .01$ .

## Discussion

Les formats 5 schémas statiques et (dans une moindre mesure) dynamique fournissent une aide aux sujets dans l'élaboration d'un modèle mental fonctionnel plus précis du système, en particulier à ceux ayant de faibles habiletés spatiales. L'animation n'est pas la seule aide. Ainsi, des formats statiques qui permettent une décomposition fine du processus et dont la quantité d'informations sur les étapes du fonctionnement de rapproche de l'animation semblent être tout à fait

adaptés comme support de l'activité cognitive des sujets. Dans cette version, les cinq étapes alignées restent toujours présentes devant le sujet en montrant de façon statique la direction du fonctionnement des poulies. On peut donc penser que ce format de délivrance des informations favorise l'élaboration mentale par le sujet des transitions, c'est à dire des relations entre les étapes du système, qui sont à même de faciliter de cet manière la production d'animations internes (Bétrancourt, Bauer-Morisson & Tversky, 2002) . En revanche, les formats jouent peu pour les sujets disposant de fortes aptitudes spatiales.

## Expérience 2

L'objectif de la seconde expérience est d'étudier du rôle du contrôle des animations dans la compréhension de ce même système complexe de poulies, en fonction du niveau d'aptitudes préalables.

### Sujets

49 étudiants ont participé à cette première expérience en suivant la même procédure que pour l'expérience précédente, 23 sujets constituent notre groupe à fortes habiletés en raisonnement spatial et mécanique ( $M = 64.71$ ,  $SD = 7.66$ ) qui diffère significativement ( $F(1, 47) = 87.23$ ,  $p < .001$ ) du groupe des 26 sujets constituant notre groupe à faibles habiletés ( $M = 45.90$ ,  $SD = 6.43$ ).

### Matériel et procédure

La même leçon que celle de l'expérience 1 est déclinée selon trois niveaux de contrôle:

- Une version dynamique : le sujet dispose du texte et d'une animation de la représentation graphique. Il s'agit d'une simulation qui n'est pas contrôlée par le sujet, il peut seulement la faire repartir lorsqu'elle arrive à son terme.
- Une version séquentielle dynamique : le sujet dispose du texte et peut faire fonctionner le système séquence par séquence de façon dynamique. Le sujet exerce un contrôle partiel
- Une version manipulable : le sujet peut exercer avec la souris un contrôle total en tirant sur le bout de la corde.

Le questionnaire utilisé pour mesurer la compréhension des sujets ainsi que la procédure sont identiques à la l'expérience 1.

### Résultats

Les scores obtenus sont présentés figure 3.

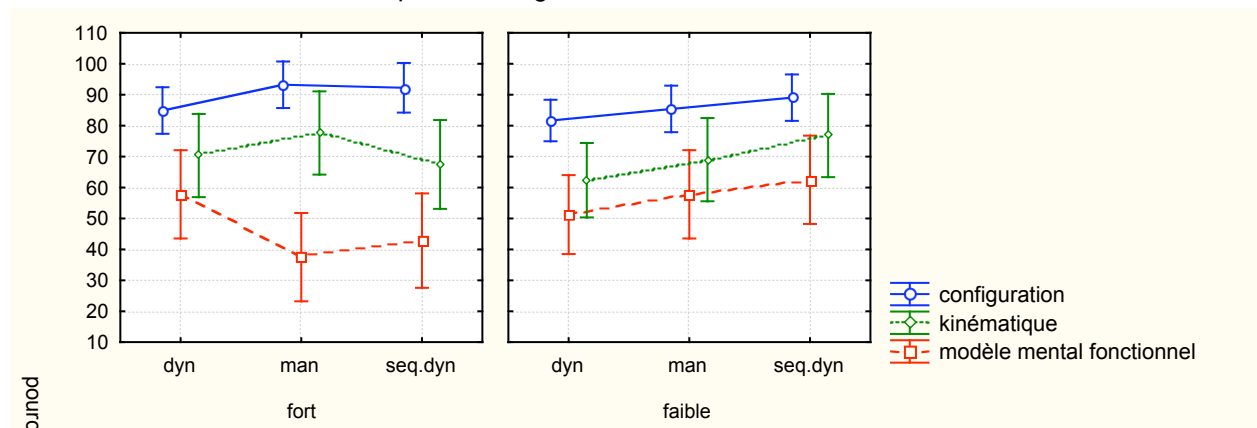


Fig.3 : Pourcentages moyens obtenus aux tâches portant sur les différents types de questions en fonction du contrôle et du niveau préalable.

En ce qui concerne la performance globale tout d'abord (configuration+kinématique+modèle mental) on n'observe pas d'effet significatif du niveau de contrôle de l'animation. On constate un effet (tendanciel) du niveau d'aptitudes spatiales en faveur des sujets à faibles habiletés ( $M = 46.20$  pour les forts et  $M = 56.73$  pour les faibles),  $F(1, 43) = 3.74$ ,  $p = .06$ . Pour ce groupe de sujet disposant des plus faibles aptitudes spatiales, on met en évidence un effet (tendanciel) du niveau de contrôle entre dynamique et séquentiel dynamique (respectivement  $M = 65.10$  et  $M = 76.12$ ),  $F(1, 43) = 3.92$ ,  $p = .054$ .

Considérons maintenant les différents types de questions. En ce qui concerne le score portant sur la configuration, on constate un effet (tendanciel) entre les présentations dynamique et dynamique séquentielle (respectivement,  $M = 83.10$  et  $M = 90.56$ ),  $F(1, 43) = 3.98$ ,  $p = .052$ ). Nous n'observons aucun effet pour les scores portant sur le kinématique. Pour les scores portant sur le modèle mental fonctionnel, on observe un effet du contrôle entre les présentations dynamique et manipulable pour les sujets présentant de fortes habilités spatiales (respectivement  $M = 57.81$  et  $M = 37.50$ ),  $F(1, 43) = 4.12$ ,  $p < .05$ ).

L'effet d'interaction entre le contrôle et le niveau est tendanciel,  $F(2, 43) = 2.48$ ,  $p = .095$ . Cette interaction indique que pour les sujets à fortes habiletés, le niveau de contrôle de l'animation n'améliore pas la compréhension, au contraire, alors que cette variable favorise les sujets à faibles habiletés. On constate également un effet d'interaction entre le contenu des questions et le niveau,  $F(2, 86) = 3.91$ ,  $p < .05$ . Cet effet est dû au fait que, pour les questions portant sur le modèle mental fonctionnel et dans une moindre mesure pour les questions concernant le mouvement, les sujets à fortes habiletés obtiennent des scores moins élevés que les sujets à faibles habiletés dans le cas de niveaux contrôle partiels (séquentiel dynamique) et total (manipulable) de l'animation.

## Discussion

Le niveau de contrôle, et particulièrement la version partiellement contrôlable, semble être plus bénéfique aux sujets ayant de faibles aptitudes spatiales qu'à ceux disposant de plus fortes habiletés. Ce résultat a été obtenu ici pour un échantillon relativement faible de sujets et serait à confirmer et à approfondir.

## Discussion générale

Ces deux expériences nous semblent apporter des éléments nouveaux sur les bénéfices qu'une animation peut apporter à la compréhension d'un système complexe. Ainsi, une présentation statique par étapes discrètes et ordonnées améliore la compréhension de façon au moins identique voir supérieure à une présentation animée. Ces bénéfices sont particulièrement importants pour les sujets disposant de faibles aptitudes spatiales. Le niveau de contrôle de l'animation s'avère également favorable aux sujets disposant des aptitudes spatiales plus les plus faibles. C'est lorsque le contrôle est partiel, et présentant par étape les séquences animées que le bénéfice apparaît. Un point commun entre la présentation en 5 schémas et le contrôle partiel est par ailleurs la séquentialité de la délivrance de l'information. Restent cependant nombre de problèmes. Tout d'abord comment expliquer les effets plutôt négatifs des présentations contrôlables chez les sujets ayant de fortes habilités spatiales ? Ensuite il est probable que les effectifs de ces deux expériences devraient être augmentés. Enfin, l'analyse des stratégies de lecture des documents à l'aide de l'étude des mouvements oculaires pourront permettre de répondre à certaines des interrogations.

## Références

- Bétrancourt, M. & Tversky, B. (2000). Effect of computer animation on user's performance : a review. *Le travail humain*, 63, 311-330.
- Boucheix, J. M. & Guignard, H. (à paraître). Which animated conditions can improve comprehension in children. *Journal of Psychology of Education*.
- Boucheix & Masson (2001). Effets du format de présentation des illustrations sur la compréhension de document multimédia. JETCSIC, Poitiers, Juin 2001
- Harrison, S. (1995). A comparison of still, animated or non-illustrated on-line help with written or spoken instructions in a graphical user interface. In *proceedings of The International Conference in a Computer Human Interaction CHI'95* (pp. 82-89). New York, NY:ACM Press.
- Hegarty, M. & Just, M. A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of memory and language*, 32, 717-742.
- Hegarty, M., Narayanan, N. H., Freitas & Freitas, P. (2002). Understanding machines from multimedia and hypermedia presentations. In J. Otéro, J. A. Léon, A. C. Graesser, (Eds). *The psychology of science text comprehension*, pp 357-384.mahawah:LEA
- Lowe, R.K. (1999). Extracting information from an animation during complexvisual learning. *European Journal of Psychology of Education. SpecialIssues: visual Learning*, W. Schnotz, (Ed), XIV, 2, 225-244.
- Mayer, R.E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R.E., & Moreno, R. (1998). A split attention effect in multimedialearning: Evidence for dual processing systems in working memory. *Journalof Educational Psychology*, 90, 312-320
- Narayanan, N. H. & Hegarty, M. (1998).On designing comprehensible interactive hypermedia manuals. *International journal of human-computer studies*, 48, 267-301.

- Narayanan, N. H. & Hegarty, M. (2002). Multimedia design for communication of dynamic information. *International journal of human-computer studies*, 57, 279-315.
- Palmiter, S. & Elkerton, J. (1993). Animated demonstrations for learning procedural computer-based tasks. *Human-Computer Interaction*, 8, 193-216.
- Rieber, L. P. (1990). Animation in computer-based instruction. *Education Technology, Research and Development*, 38, 77-86.
- Rieber, L. P. (1991). Animation, incidental learning and continuing motivation. *Journal of Educational Psychology*, 83, 312-328
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and instruction*, 13, 141-156.
- Schnotz, W. Boeckeler, J. & Grzondiel, H. (1999). Individual and co-operative learning with interactive animated pictures. *European Journal of Psychology of Education*, XIV, 245-265.
- Tversky, B., Bauer-Morrison, J. B. & Betrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate. *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 247-262.