

Apprendre avec des images et des animations multimédias interactives

Jean-Michel Boucheix

LEAD-CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté

Jean-Michel.Boucheix@u-bourgogne.fr

Qu'apprend-t-on avec des images, des schémas, et plus généralement avec des représentations graphiques contenues dans les documents multimédias que le texte seul ne saurait transmettre? Les documents multimédias sont composés de textes, accompagnés d'images, de sons, d'animations, de vidéos, d'environnements ou d'objets virtuels. Les recherches sur les documents d'apprentissage ont longtemps été dominées par le texte. Pourtant, avec l'arrivée massive des technologies, des tablettes tactiles, la quantité de représentations graphiques (images statiques ou animées, schémas, graphiques, cartes, diagrammes techniques, vidéos, 2D et 3D) ne cesse de croître dans les documents. La recherche est moins avancée que celle portant sur l'apprentissage de l'écrit.

1. De la compréhension des représentations graphiques statiques aux animations virtuelles

Une récente analyse des formats utilisés dans les manuels scolaires de sciences de la fin d'école primaire a montré que la grande majorité des pages de ces ouvrages contenaient des représentations graphiques variées: photographies, images réalistes, abstraites, schémas, graphiques, cartes géographiques, arborescences, arbres généalogiques, radiographies, etc. Ces représentations graphiques, souvent présentées par paires sur la même page, décrivent des connaissances variées: phénomènes naturels, cycles, mécanismes biologiques évolutifs, processus physiques et techniques. Peu d'entre elles semblent décoratives (voir exemples sur la Figure 1).

L'analyse a également montré que le contenu informationnel des textes qui accompagnent les images n'est pas toujours en cohérence avec les représentations graphiques. Enfin, ces représentations contiennent des conventions graphiques de toutes sortes, implicites (comme des flèches) qui ne sont pas toujours comprises par les élèves de 10-11 ans.

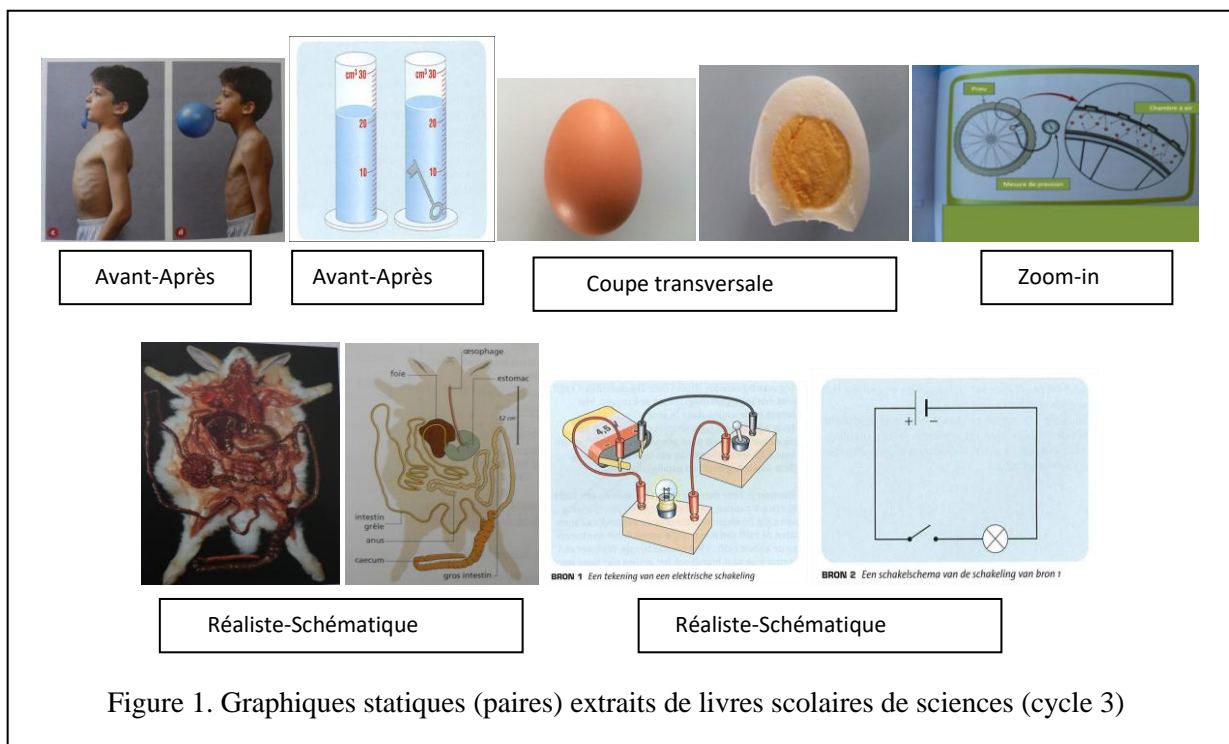
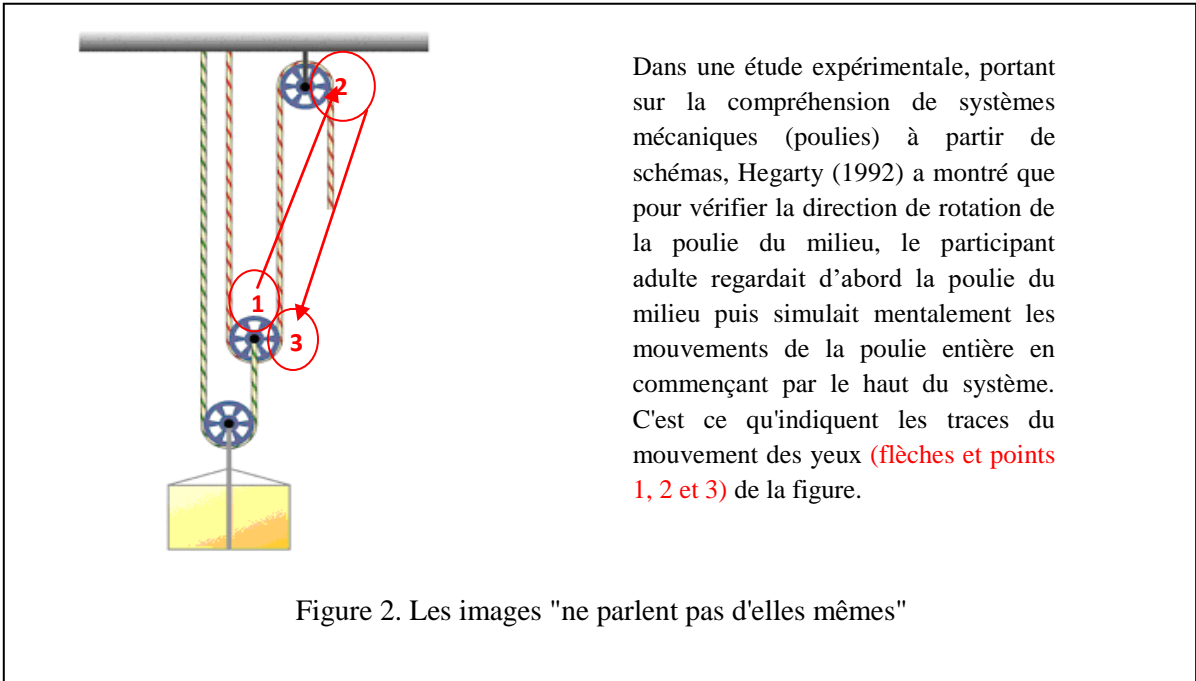


Figure 1. Graphiques statiques (paires) extraits de livres scolaires de sciences (cycle 3)

Si l'usage des images augmente (en formation professionnelle, images et graphiques techniques occupent une place cruciale), la conception des représentations graphiques à visée éducative repose plus sur l'intuition et des critères esthétiques, que sur des bases scientifiques. Pourtant de nombreuses recherches, chez l'adulte, ont montré leur rôle facilitateur dans la mémorisation et la compréhension de textes explicatifs ou procéduraux. Par ailleurs, l'aspect motivant des images pour l'apprentissage a été observé.

La compréhension d'une représentation graphique statique, accompagnée ou non de texte, ne consiste pas seulement à la création instantanée d'un cliché, "d'une copie", interne de l'image externe. Ce que l'on doit apprendre pour "lire" un graphique, qui dépeint par exemple un mécanisme technique, consiste à construire pas à pas une représentation mentale cohérente, appelée un modèle mental du mécanisme en action (voir Figure 2).



Cette construction implique d'élaborer (i) une représentation interne de la configuration des composants du graphique (forme, relations spatiales); (ii) l'apprenant doit ensuite inférer le comportement des composants (mouvement) puis (iii) construire une représentation fonctionnelle et intégrée des relations entre les comportements de tous les composants du système. Cette activité de compréhension nécessite la mise en œuvre de ressources cognitives coûteuses. Le texte qui parfois accompagne le schéma peut constituer une aide pour l'apprentissage, à condition que le design du texte (structure, organisation spatiale, concepts, vocabulaire etc.) soit compatible avec l'organisation de la représentation graphique. De plus, le partage d'attention nécessaire à la compréhension des deux médias, texte et image, peut ajouter un coût cognitif supplémentaire. Une méthode récente pour faciliter l'apprentissage de processus dynamiques complexes a consisté à proposer à l'apprenant des animations (réalistes ou virtuelles) des événements qui constituent le phénomène (par exemple les étapes de l'apparition d'un volcan et de son irruption, le fonctionnement d'une pompe, d'un circuit de freinage, du cerveau, etc.).

2. Apprendre avec des animations, est-ce bénéfique ?

Le nombre des animations "explose" sur les sites internet. Selon Bétrancourt et collaborateurs, une animation se définit comme "une application (ou un procédé) qui génère une série d'images de

telle manière que chaque image qui apparaît soit une altération de l'image qui la précède. La séquence des images (rythme, vitesse, ordre, nombre de visualisations) est déterminé soit par le concepteur soit par l'utilisateur". Cette définition englobe toute une série de documents comme des graphiques animés, des animations virtuelles ou des vidéos. Parce qu'elles montrent concrètement les changements temporels, les animations sont ainsi à même de décrire des phénomènes dynamiques explicitement, en particulier dans les domaines scientifiques et techniques, ou médicaux. La présupposition qui a guidé l'usage des animations était qu'elles devaient faciliter chez l'apprenant la compréhension des changements temporels des phénomènes complexes et qu'elles étaient motivantes. Pourtant, de nombreuses études ont révélé que les animations n'étaient pas toujours plus efficaces qu'une série d'images statiques pour aider la compréhension. Pourquoi?

(i) Les animations *sont éphémères* et rapides, chaque image est remplacée par une autre. Elles imposent à l'apprenant un coût cognitif, d'encodage, de stockage temporaire et d'intégration de l'information, plus élevé que les ressources de traitement dont il dispose en un temps restreint. Les animations sont difficilement appréhendables, surtout si elles ne sont pas familières pour l'apprenant.

(ii) Les contraintes liées aux processus perceptifs et à l'attention limitent la "profondeur" des apprentissages à partir de documents animés: les éléments saillants visuellement sont perçus les premiers mais ils ne sont pas toujours les plus pertinents pour comprendre le contenu proposé (voir Figure 3).

(iii) Confronté à une série d'images statiques qui représentent les phases clés d'un processus dynamique, l'élève doit inférer les événements entre les étapes présentées alors que face à une animation, l'activité consiste plutôt à suivre perceptivement le processus. Dans le premier cas, l'apprenant simule activement le processus. Dans le second, il visualise plus passivement l'animation. Il peut même avoir l'illusion de l'avoir "bien vue" et comprise. Cependant, simuler mentalement un processus dynamique à partir d'images statiques n'est possible que si l'apprenant est capable de réaliser cette simulation, c'est à dire s'il dispose des connaissances préalables sur le processus dynamique à apprendre, des ressources cognitives et des habiletés visuo-spatiales suffisantes.

Les peintres de la renaissance éprouvaient des difficultés à reproduire sans erreur le galop du cheval dans des tableaux figurant des cavaliers. Il a fallu attendre la photographie (longue séquence

d'images statiques), pour mieux comprendre la complexité du galop. En résumé, les modalités de présentation réalistes des animations sont susceptibles de générer des difficultés perceptives, attentionnelles et cognitives. Les études des quinze dernières d'années se sont attachées à améliorer les conditions de présentation des animations.

3. Améliorer la conception et la présentation des animations.

Trois catégories principales d'amélioration des animations multimédias ont été étudiées, principalement chez l'adulte, avec leurs effets sur la compréhension: (a) donner un contrôle interactif à l'apprenant sur le déroulement de l'animation; (b) attirer l'attention; (c) segmenter l'animation. D'autres techniques ont donné lieu à quelques études: (d) la présentation d'animations simultanées, (e) le dessin. Récemment une approche différente des précédentes a été proposée fondée sur un modèle cognitif de la compréhension des animations.

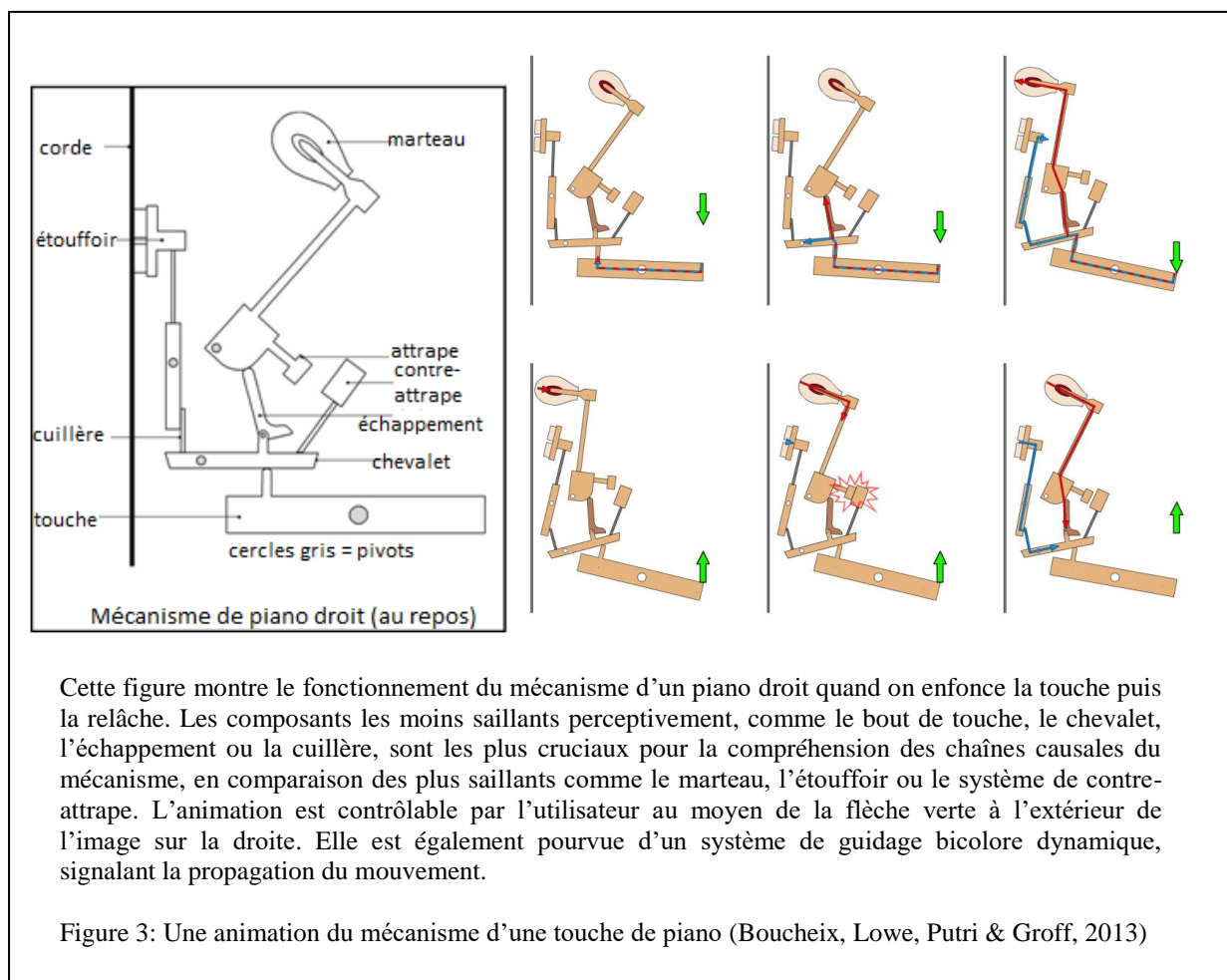
3.1. L'effet de l'interactivité : chouette, c'est interactif! Donc c'est mieux?

Pour permettre au sujet de réguler son apprentissage en fonction du son propre rythme, il est possible d'intégrer à l'animation un dispositif de contrôle de la vitesse et de la direction du défilement des images. Les études ont montré que l'autocontrôle par l'apprenant sur l'animation n'entraînait pas de bénéfice d'apprentissage. Pour utiliser efficacement ce contrôle, l'apprenant doit avoir conscience de ses besoins en information, ce qui favorise ceux qui disposent de connaissances préalables sur le domaine. Au cours de l'interaction avec une animation, la dimension qui semble cruciale est de savoir quel est le bon point de vue pour étudier le processus décrit (quoi regarder, quand, dans quel but) plutôt que le niveau d'interactivité qui est donné à l'élève. C'est un facteur déterminant dans le cas des images en 3D. Enfin, le dispositif de contrôle (souris, boutons, tactile) peut représenter une tâche supplémentaire qui entre en compétition avec la tâche d'apprentissage.

3.2. Attirer l'attention de l'élève: où regarder, quoi et quand?

Du fait du caractère simultané de l'apparition des événements, l'apprenant doit partager son attention entre différentes localisations de l'animation pour détecter les informations

pertinentes comme les composants et les trajectoires. Le partage de l'attention n'est pas seulement spatial mais également temporel. Selon les phases du déroulement du processus, un composant central pour la compréhension de la phase initiale d'un phénomène peut être secondaire lors des phases suivantes. Il s'ensuit une "compétition visuelle" pouvant générer une charge perceptive et cognitive importante. Chez les novices, les éléments perceptivement saillants de l'animation (en raison de leur taille, de leur proximité spatiale, des contrastes de vitesse) attirent l'attention au détriment des éléments moins saillants. Or, les événements les moins saillants perceptivement peuvent aussi être thématiquement importants pour la compréhension. C'est ce que nous avons montré dans une étude sur la compréhension du fonctionnement d'un système technique non familier, une touche de piano (voir Figure 3).



Les techniques de signalisation utilisent des flèches directionnelles, points et/ou contrastes de couleurs et/ou des consignes verbales. Une revue de question menée par De Koning et collaborateurs en 2010, a montré que si la signalisation attirait efficacement l'attention de l'apprenant, les effets sur la compréhension étaient plus limités. En revanche, l'ajout des signaux dynamiques et non statiques semblait plus favorable pour la compréhension comme nous l'avons vérifié dans notre étude illustrée Figure 3.

3.3. La segmentation et autres techniques pour optimiser l'allocation des ressources cognitives

Spanjers et collaborateurs ont montré en 2010 que la segmentation de longues animations en courtes sections (significatives) dont la taille est compatible avec les limites de traitement et de stockage de la mémoire de travail conduit à une augmentation des performances d'apprentissage comparativement à des animations non-segmentées.

Présenter simultanément de courts segments animés d'un processus temporel long permet à l'apprenant de faire des comparaisons entre les segments animés, ce qui est plus difficile lorsque l'animation est présentée séquentiellement. Les activités de comparaison renforcent l'élaboration de relations entre les étapes ou les paramètres d'un processus technique ou physique. Par exemple, dans le domaine de la voile, apprendre comment la direction du vent interagit avec la manipulation de la barre pour conserver le cap du bateau est facilité par des présentations simultanées de l'effet de ces paramètres. En revanche, faire dessiner aux élèves les étapes d'une animation, même pour de formes simples, pourrait avoir un effet négatif sur l'apprentissage. En effet, l'activité de dessin elle-même tend à focaliser l'apprenant sur la qualité de la reproduction des formes des configurations dans leur dimension statique. Cette activité s'avère cognitivement coûteuse en elle-même et entre en compétition avec le traitement cognitif de la dimension temporelle que constitue l'aspect pertinent de l'animation. Enfin, ralentir la vitesse de l'animation n'a pas toujours d'effet positif.

3.4. Le cas particulier de l'apprentissage de procédures gestuelles

Apprendre à faire un nœud (par exemple, en chirurgie), des gestes de secours, un scoubidou, un pas de danse, des gestes techniques, est significativement facilité par l'utilisation de vidéos

comparativement à des séries d'images statiques qui pourtant présentent de façon permanente les étapes de la procédure. Ce résultat robuste a été mis en relation avec la capacité "naturelle" des êtres humains à apprendre des tâches qui impliquent des mouvements, des activités motrices, en observant les gestes d'autrui. Le modèle neuroscientifique des "neurones miroirs" a été avancé pour expliquer cet avantage des visualisations dynamiques sur d'autres modalités d'apprentissage. D'après ce modèle, issu des travaux de neurosciences (par exemple, Rizzolatti & Sinigaglia, 2008), les aires cérébrales qui sont actives au cours de la réalisation d'actions qui impliquent la réalisation de mouvements sont en partie les mêmes que celles qui sont actives lorsque l'on observe ces mêmes actions réalisées par autrui, cela à travers un vidéo par exemple. Ces découvertes ont suscité un regain d'intérêt pour l'étude de l'apprentissage par imitation d'autrui et pour l'analyse des conditions d'efficacité de telle méthodes de formation basées sur l'imitation. Celles-ci sont de plus en plus utilisées dans l'apprentissage à distance avec le développement des MOOC (*massive open online course*) par exemple.

En résumé, les travaux qui ont consisté à enrichir les animations en *ajoutant* des propriétés supplémentaires ont eu des effets limités sur l'amélioration des apprentissages, faute peut-être de modèles théoriques de la compréhension des animations.

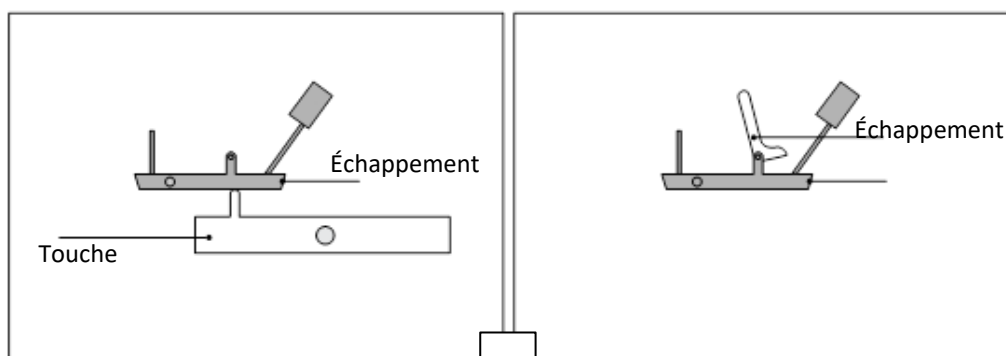
4. Pour aller plus loin : un modèle de la compréhension des animations explicatives

Peu de travaux se sont intéressés aux mécanismes cognitifs "*on line*" de compréhension des animations explicatives. Avec Richard Lowe, en nous appuyant sur des données issues de l'analyse du mouvement des yeux des apprenants, nous avons élaboré un modèle de compréhension spécifique des animations explicatives (sans ou avec peu de texte). Le modèle APM (pour *Animation Processing Model*) décrit en cinq étapes comment l'apprenant construit progressivement une représentation mentale unique, cohérente et appropriée du processus exposé dans l'animation. Cette représentation intègre un nombre de composants visuels reliés de plus en plus grand et de plus en plus fonctionnels.

Au cours de la première étape, l'élève doit segmenter le flux continu des informations en unités événementielles pertinentes, c'est à dire décomposer l'animation en unités événementielles. Dans cette approche, la notion d'événement est cruciale: un événement correspond à un composant de l'animation complété par le ou les comportements associés à ce composant. Par exemple, une partie

d'un mécanisme (technique ou biologique) ou une relation causale, forme un sous-groupe structuré d'événements. La segmentation des évènements est difficile et couteuse. Cette étape met l'accent sur l'importance des aspects perceptifs dans le traitement cognitif d'une image réaliste. Par exemple, un évènement grand ou coloré, attirera l'attention en premier. Au cours des étapes suivantes, l'apprenant élabore progressivement des groupes organisés d'événements dynamiques - des *chunks* dynamiques - qui relient (causalement par exemple) un nombre de composants de plus en plus grand. Il s'agit de la phase de composition des événements. Ce modèle suggère que l'on pourrait soutenir la difficulté de la décomposition du flux des évènements en fournissant à l'élève de petits groupes (pairs) d'évènements pertinents, de façon séquentielle, cela permettrait de faciliter la phase de composition, comme le montre la figure 4 ci-dessous.

Mini-animations de paires de composants



Regroupement de niveau supérieur: deux mini-animations ensemble

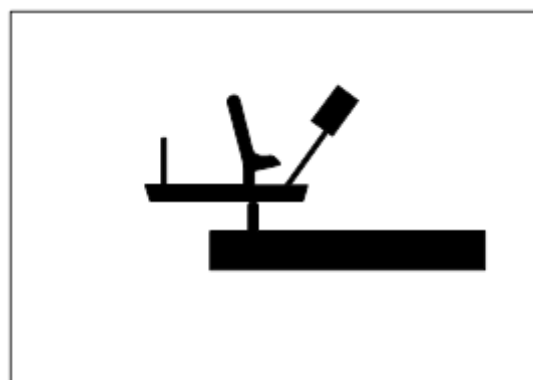


Figure 4. Dans cette exemple, la présentation des petits groupes de mini-animation de paires de composants (animation touche-chevalet, puis animation chevalet-échappement, etc.) sont présentés séquentiellement en suivant l'ordre de la chaîne causale du système mécanique.

5. Le rôle des facteurs individuels

De nombreux travaux ont mis en évidence l'effet de facteurs individuel sur les performances d'apprentissage à partir de représentations graphiques.

Lorsque l'on mesure les habiletés spatiales des apprenants avec des tests standardisés qui évaluent des capacités comme la rotation mentale de figure 3D, le pliage de figures, ou l'orientation dans l'espace, il est généralement observé que les participants ayant des habiletés spatiales élevées obtiennent de meilleures performances de compréhension d'image ou de schémas. Cependant, plus intéressant, il existe une interaction entre les conditions de présentation des images et les habiletés spatiales. Les apprenants ayant des habiletés spatiales faibles bénéficient plus d'une animation que d'une série d'images statiques portant sur le même contenu. Ils "rattrapent" ainsi les sujets ayant des habiletés spatiales élevées. (De la même façon, les animations sont plus bénéfiques que des séries d'images statiques pour les apprenants novices dans le domaine considéré que pour des sujets possédant des connaissances préalables. Enfin, chez les personnes âgées, la compréhension d'animations rapides est plus difficile que chez les jeunes, partiellement en raison du déclin des habiletés spatiales.

Conclusion

Les recherches visant à améliorer l'ergonomie des représentations graphiques ont montré des effets positifs sur les apprentissages, qui permettent de suggérer des principes de conception comme la signalisation, l'interactivité, la segmentation, l'intégration spatiale. Mais ces effets sont d'ampleur limitée. Un modèle théorique pourrait permettre de tester des alternatives plus prometteuses. Par ailleurs, l'effet de la combinaison de différents médias (textes, images multiples, modalité haptique) pourrait être plus précisément étudié. Par exemple, quelles sont les caractéristiques physiques et sémantique d'un texte accompagnant une animation qui facilitent efficacement la compréhension des informations issues de l'animation ? "La lecture" des représentations graphiques ne fait pas l'objet d'apprentissage systématique à l'école. L'acquisition des conventions graphiques reste implicite. Des interventions de type entraînement, entraînement à l'animation mentale d'un processus, entraînement à la manipulation de figures à l'écran, ou encore l'apprentissage des conventions, pourraient améliorer l'apprentissage à partir de ces représentations graphiques.

Références pour aller plus loin

a) En français

- Bétrancourt, M., Bauer-Morrison, J., & Tversky, B. (2001). Les animations sont-elles vraiment plus efficaces? *Revue d'Intelligence Artificielle*, 14, 149-166.
- Boucheix, JM. & Rouet, J.F. (2007). Les animations interactives multimédias sont-elles efficaces poue l'apprentissage? *Revue Française de Pédagogie*, 159.
- Gaonac'h, D. & Fayol, M. (2003). *Aider les élèves à comprendre*. Paris : Hachette.
- Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2008). *Les neurones miroirs*. Odile Jacob, Paris.

b) En anglais

- Bétrancourt, M., Ainsworth, S., de Vries, E., Boucheix, J.M., & Lowe, R. K. (2012). Graphicacy: Do readers of scientific texts need it? *Proceedings EARLI SIG Text and Picture comprehension conference*, Grenoble, 28-31 August.
- Boucheix, J.M., Lowe, R.K., Kemala-Putri, D., & Groff, J. (2013). Cueing animations: Dynamic signaling aids information extraction and comprehension. *Learning and Instruction*, 25, 71-84
- Hegarty, M. (1992). Mental animation: Inferring motion from static displays of mechanical systems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 18(5), 1084-1102.
- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: a meta-analysis. *Learning an Instruction*, 17, 722e738.
- Jamet, E., Gavota, M., & Quaireau, C. (2008). Attention guiding in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 18, 135–145.
- Lowe, R. K., & Boucheix, J.-M. (2008). How mental model are built. In *IEEE, Diagrams, Lecture Notes in Artificial Intelligence and Computer Science*, 266-281.