



**HAL**  
open science

## Nouvelles technologies et aide à la compréhension de documents techniques

Jean-Michel Boucheix

► **To cite this version:**

Jean-Michel Boucheix. Nouvelles technologies et aide à la compréhension de documents techniques : Construction et expérimentation d'un simulateur de fonctionnement de grues à tours pour l'apprentissage de la notion de courbe de charge chez des grutiers peu lettrés. Cinquième colloque Hypermédias et apprentissages, Apr 2001, Grenoble, France. pp.275-282. edutice-00000468

**HAL Id: edutice-00000468**

**<https://edutice.hal.science/edutice-00000468>**

Submitted on 11 Jun 2004

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## NOUVELLES TECHNOLOGIES ET AIDE À LA COMPRÉHENSION DE DOCUMENTS TECHNIQUES

### Construction et expérimentation d'un simulateur de fonctionnement de grues a tours pour l'apprentissage de la notion de courbe de charge chez des grutiers peu lettrés

Jean-Michel BOUCHEIX

LEAD/CNRS-UMR 5022 - Université de Bourgogne,  
6, Boulevard Gabriel - 21000 Dijon

Jean-Michel.Boucheix@u-bourgogne.fr

***Résumé :** Cet article est consacré à la présentation des résultats d'une démarche de conception, puis construction et enfin évaluation d'un outil multimédia d'aide à la compréhension de documents techniques pour des conducteurs de grues professionnels, faiblement lettrés.*

***Mots-clés :** compréhension, documents techniques, ergonomie cognitive de l'apprentissage, simulateur, multimodalité, nouvelles technologies, illettrisme, représentation fonctionnelle.*

***Abstract :** Reading skills are more and more required to succeed professional examination. French crane drivers are concerned with this problem. In order to help them, we have conducted a study with three main steps. First, we carried out a cognitive work analysis. Second, we test several analogical modalities of written presentations focusing on the construction of a specific simulator. Finally, two experiments are presented showing a significative effect of this simulator on the comprehension of cranes technical documentation.*

***Keywords :** comprehension, technical writings, cognitive ergonomic training, simulator, instructional technology, illiteracy, functional mental model.*

## INTRODUCTION

La capacité à comprendre et manipuler des documents techniques écrits de type tableaux ou graphes, pour l'obtention d'un examen technique, peut être un obstacle majeur pour des professionnels peu lettrés, non familiers de représentations symboliques abstraites (Gombert & Fayol, 1995). C'est le problème posé à la

formation des grutiers : compétents, et maîtrisant parfaitement le système technique de la grue, ils doivent obtenir un certificat (obligatoire) d'aptitude à la conduite en sécurité (CACES, recommandation légale de la CNAM), comportant une épreuve théorique de lecture de courbes de limites de transports de charges concernant le fonctionnement des grues. La formation dispensée pour la préparation de l'examen est courte (1 à 2 semaines) excluant toute possibilité de ré-apprentissage fondamental en lecture. Confrontés à des supports classiques (figure 1 et tableau 1) les professionnels échouent massivement, du fait de la situation de « quasi illettrisme » d'une grande partie d'entre eux. Toute possibilité d'adaptation des supports écrits est envisageable pendant la formation, mais exclue pour l'examen, pour lequel tableaux et courbes classiques sont maintenus. Cette difficulté soulève le problème plus général des modalités ou formats des représentations externes des connaissances à apprendre (Samurçay & hoc, 1996) ; dans une perspective de d'ergonomie cognitive de type didactique professionnelle (Samurçay & Pastré, 1995). Notre but est la conception d'un outil d'aide à la compréhension pouvant permettre aux grutiers faiblement lettrés de mieux comprendre, traiter et utiliser les tableaux et courbes de charges, afin d'optimiser leur maîtrise de la sécurité du système.

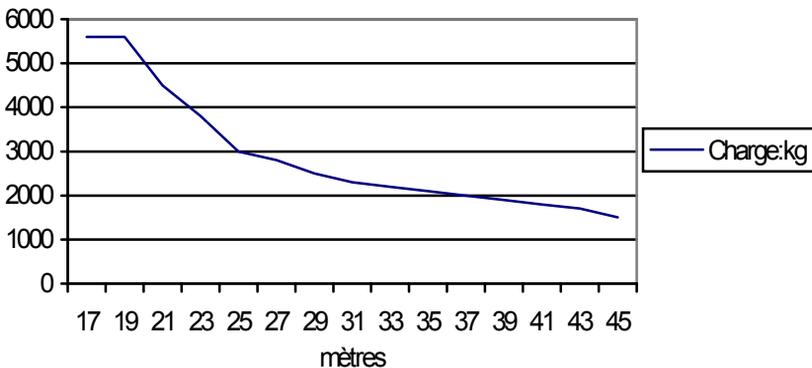


Figure 1. Exemple de courbe de charge utilisée dans la formation.

S.M (Crochet en Simple Moufflage)		Portée (Distance) (m)					Maxi-Max (Kg/m)
Flèche	m/	30	35	40	45	50	/
	50	4000	4000	3200	2500	2000	4000/35
	45	4000	4000	3400	2650		4000/35
	40	4000	4000	3600			4000/35
	35	4000	4000				4000/35
	30	4000					4000/35

Tableau 1. Exemple de tableau de charge utilisé pour l'examen du CACES.

Les quelques travaux consacrés à l'amélioration des textes techniques (modes d'emplois, instructions etc. pour une synthèse récente voir Ganier, Gombert & Fayol (2000), visant à palier les fréquentes difficultés de compréhension de ces documents portent exclusivement sur la lisibilité textuelle de l'écrit (lexique, syntaxe, logique et sémantique des actions). Ces améliorations, notables pour des lecteurs « compétents », apparaissent insuffisantes pour des opérateurs faiblement lettrés, parce que

l'activité de lecture y est cognitivement aussi exigeante que dans des textes classiques. Et surtout, il n'existe qu'une faible relation explicite entre le contenu des documents et les représentations fonctionnelles des opérateurs expérimentés. Dans des travaux plus récents, l'effet favorable des illustrations et animations, à certaines conditions, est souligné (Gyselinck & Tardieu, 1999 ; Bétrancourt & Tverski, 2000) de même que le recours à des modalités de présentation non interférentes de l'information verbale (audio-visuel), Mayer & Moreno, 1998. Nous faisons l'hypothèse d'un effet favorable sur la compréhension de documents, d'une aide exposant explicitement la liaison entre la représentation fonctionnelle interne de la situation de référence chez l'opérateur, ici le grutier, et la représentation symbolique écrite externe, courbes et tableaux de charges. Pour la matérialisation physique de cette liaison, les possibilités informationnelles offertes par les nouvelles technologies peuvent s'avérer très pertinentes : formats, multimodalité, simulation interactive, conception de représentations analogiques à l'écran des systèmes techniques à apprendre, et des représentations fonctionnelles.

## **MÉTHODES ET TECHNIQUES**

Nous avons conçu une démarche en trois étapes. La première consiste à mettre en évidence la représentation fonctionnelle interne de l'équilibre des grues chez des professionnels expérimentés (peu lettrés). Nous avons ainsi conduit une analyse cognitive du travail de 10 grutiers « experts » accompagnée d'un diagnostic des connaissances disponibles (enregistrements vidéo-audio en situation centrés sur les regards du professionnel, suivis d'entretiens d'explicitation). En complément, des tests de différents formats de présentation de l'équilibre des grues ont été réalisés pour chaque grutier. Munis des résultats de cette première étape nous avons ensuite construit un simulateur d'apprentissage de tableaux et courbes de charge. Enfin, nous avons évalué l'apprentissage avec ce simulateur aux cours de deux expérimentations.

## **RÉSULTATS**

Nous évoquerons allusivement les résultats de la première étape (voir Boucheix & Chanteclair, 1999). Les grutiers disposent d'une représentation procédurale du rapport poids-portée, organisée par les indices techniques du système (Klaxon, limites de vitesse, coupes circuits). Nous avons mis en évidence une connaissance intuitive, implicite, de la relation proportionnelle distance-poids fortement « encapsulée » dans l'action et liée aux interactions quotidiennes avec la grue. Nous avons montré l'existence d'une expression possible de cette connaissance pour un format de présentation analogique (voir figure 2, l'exemple d'écran).

### **Principes « cognitifs » de conception du simulateur**

Il s'agit d'un simulateur<sup>1</sup> de fonctionnement de la relation poids-portée de la grue (Samurçay & Rogalski, 1998) qui conserve la représentation fonctionnelle du

---

<sup>1</sup> réalisé en collaboration avec le Centre National d'Étude des Technologies Avancées : CNERTA-ENESAD (École Nationale Supérieure D'enseignement Agronomique de Dijon).

grutier (mise en scène de la grue, de l'environnement de conduite, cadrans et klaxon) et une modalité de l'activité (transporter des charges). À cette représentation analogique, s'intègre, progressivement sous la grue, la représentation symbolique du fonctionnement du système : courbes puis tableaux de charges, cf. figure 2. Le travail sur le simulateur se compose d'exercices de recherche de limites de transports entrecoupés de séquences didactiques animées. Le grutier transporte des objets pour éprouver des limites, toutes les consignes de travail et les explications sont données à l'oral (et apparaissent simultanément à l'écrit), des animations sont conçues, dans certaines phases, pour matérialiser la relation entre les manifestations de la grue et la courbe de charge. Le recours à l'écrit est faible, sauf pour la dernière phase d'entraînement à la lecture de « vrais » tableaux de charge. Le principe des tâches du simulateur est de chercher les limites de la grue en transportant virtuellement des charges le long de la flèche (en utilisant la souris). Les résultats de cette recherche s'affichent sous la grue et conduisent les professionnels à construire leur propre courbe de charge sous la flèche du système. Le grutier observe les effets de son action : sur la grue, sur les cadrans (distance, poids, moment restant apparents en permanence sur le côté de l'écran) et sous forme graphique. Si l'on approche des limites le klaxon retentit, si on les dépasse, la grue tombe. Après cette phase d'utilisation « facile et naturelle » du système, l'interface se transforme progressivement en courbes puis tableaux de charges réels.

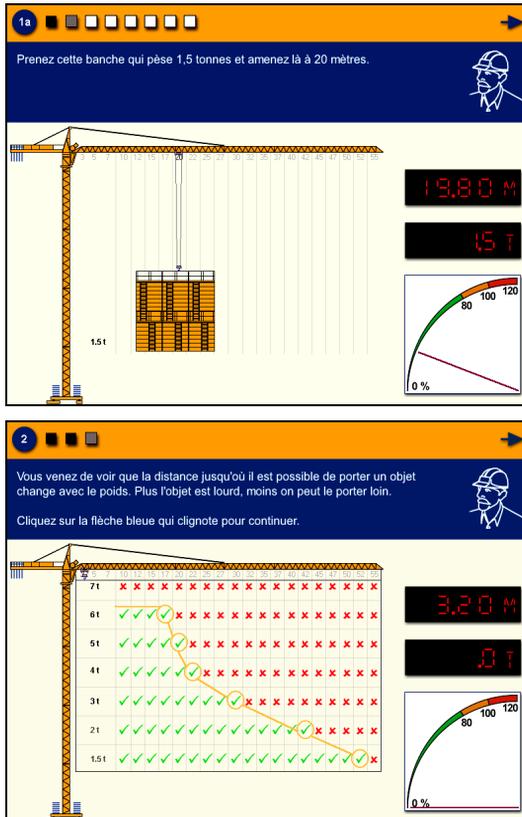


Figure 2 : Exemples d'écrans montrant le format de présentation utilisé.

Le professionnel s'entraîne alors au traitement et à l'utilisation des graphiques. Le simulateur est composé de 13 séquences correspondant à 49 exercices (et 11 courtes séquences didactiques) dont les réponses individuelles (et les temps) des sujets sont enregistrées.

### Expérience 1 : validité du simulateur

Il s'agit de vérifier l'effet du simulateur sur la compréhension des courbes et tableaux de charge dans une situation réelle de formation préparant à l'examen. Les participants constituent un échantillon de 31 grutiers professionnels expérimentés en formation (préparation de l'examen CACES de 1 à 2 semaines, centre Potain, et Pico). Deux groupes ont été constitués : 21 grutiers ont été affectés à un groupe expérimental et 10 à un groupe contrôle. Nous avons aussi déterminé trois groupes de sujets répartis selon le degré d'illettrisme : 12 illettrés, 8 peu lettrés et 3 lettrés pour le groupe expérimental, 8 illettrés et 2 peu lettrés pour le groupe contrôle. Compte tenu du temps disponible au tout début du stage, la majorité des grutiers du groupe expérimental (13/21) et tous les sujets du groupe contrôle (10) ont travaillé avec le simulateur d'apprentissage avant d'avoir abordé la notion de courbe de charge. Une autre partie (8/21 pour le groupe expérimental), plus tard dans la formation, après avoir commencé à apprendre cette notion. La passation du logiciel est individuelle, pilotée par l'expérimentateur dans une salle à part de la formation, selon un déroulement en trois phases :

1- Pré-test : Lecture et utilisation de tableaux et de courbes de charges classiques (similaires à celles de l'examen (abaques, figures 1 et 2) : épreuve composée de huit items.

2- Travail de passation du simulateur d'apprentissage (1 fois).

3- Post-test : exercices composés de huit items similaires au prétest. La procédure de passation s'organise comme suit (avec une pause entre les trois temps) : groupe expérimental : **pré-test ; simulateur ; post-test** ; groupe contrôle : **pré-test ; post-test ; simulateur**. Les huit exercices du pré-test, et du post-test, se divisent en deux séries de 4 items distinctes et comportent des questions de lecture-utilisation de la courbe et des tableaux (ex : quelle est la distance maximum où tu peux porter x tonnes ? Quel est le poids maximum que tu peux porter à x m ?) : la première série de quatre est réalisée sur supports papiers classiques (similaires à la figure 1 et au tableau 1). La deuxième série est effectuée en utilisant un simulateur de conduite, présent dans l'un des centres de formation et qui implique la lecture de tableaux de limites.

Les progressions des performances de lecture-compréhension entre le prétest et le posttest, pour le groupe expérimental (figure 3a), attestent d'un effet significatif tous sous-groupes confondus d'une part,  $F(1,20) = 119,96$   $p < .00000$ , mais aussi avant et après formation d'autre part ( $t = 18,75$ ,  $p < .0001$  ;  $t = 4.64$ ,  $p < .002$ ).



Figure 3 a

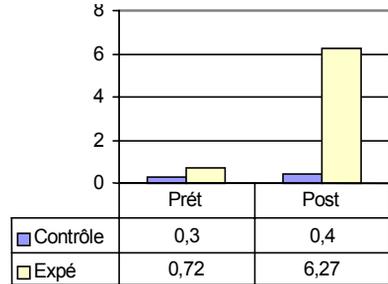


Figure 3 b

Figure 3 a et b. Nombre moyen de questions(/8) réussies au pré et post-test.

a : groupe expérimental (G.exp), Avant Formation (AvF) et Après Formation (ApF).

b : groupe contrôle et groupe expérimental  
(sujets aux mêmes profils avant formation peu et illettrés).

Comme le montrent les données de la figure 3b ces progressions significatives du groupe expérimental ( $F(1,19) = 235.4, p < .0001$ ) ne se retrouvent pas pour le groupe contrôle ( $F(1,19) = 1.47, p > .24$ ). De plus, l'analyse des progrès selon le « degré d'illettrisme » montre un effet tendanciel du groupe au départ et à l'arrivée,  $F(1,19) = 3.12, p = .08$ , mais une absence d'interaction entre le facteur groupe et le facteur pré-post test,  $F(1,19) = .41, p = .52$ . Ainsi, l'accroissement des performances est similaire quelque soit le niveau d'illettrisme. Pour les 49 items, l'ensemble des sujets obtient des performances élevées (46.5 pour les illettrés, 48.25 pour les peu lettrés et 49 pour les lettrés). Nous constatons, en revanche, une différence de temps de passage du logiciel en fonction du degré d'illettrisme (peu ou illettrés  $m = 68$  minutes ; lettrés  $m = 49$  mn). Les erreurs sont relativement peu fréquentes (3%) malgré une augmentation de celles-ci au moment du passage aux premiers exercices dans un environnement de représentation symbolique (19%). Bref, cette première évaluation montre l'intérêt de l'utilisation d'une représentation analogique multimodale dans l'apprentissage du traitement des tableaux de charge. Mais, qu'apporte un tel outil relativement à la formation traditionnelle. Quelle peut être la place occupée par un simulateur d'apprentissage au cours de la formation ? C'est le but de l'expérience suivante.

## Expérience 2

L'évaluation s'est déroulée comme l'expérience précédente, au cours des formations (CACES) avec une population composée de 39 grutiers professionnels (de 21 à 63 ans : 22 lettrés ; 17 peu lettrés et illettrés) conformément à la procédure suivante :

- 1- Pré-test : lecture d'une série de 8 courbes et tableaux de charges classiques (procédure et choix des items identiques à l'expérience 1).
- 2- La passation des exercices du simulateur, et de deux post-tests (similaires mais différents du pré-test : 8 tableaux et courbes de charge à lire), se déroule soit avant la formation, (groupe A :  $n=22$ ) soit après la formation (groupe B :  $n=16$ ) selon la procédure suivante :
  - Groupe A- avant formation : Pré-test simulateur post-test 1 Formation post-test 2.**
  - Groupe B- après formation : Pré-test formation post-test 1 Simulateur post-test 2.**
- 3- Épreuves d'empan mnémoriques (ces épreuves ne seront pas considérées ici)

Les scores moyens obtenus aux post-tests, en fonction de la position du logiciel et de la formation, sont consignés figure 5, selon le degré d'illettrisme repéré, pour 38 sujets (22 lettrés, 16 peu ou illettrés)<sup>2</sup>.

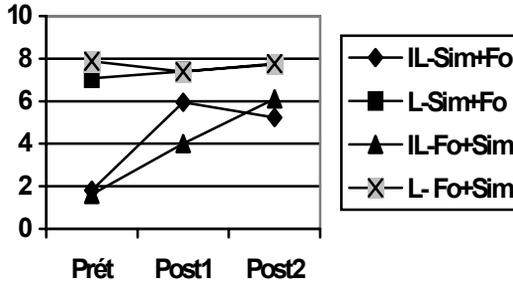


Figure 5. Moyennes (/8) obtenues aux différentes phases de la passation selon le groupe d'appartenance.

Le simulateur a un effet important lorsqu'il est réalisé au début de la formation, dans ce cas, la formation semble n'y rien ajouter. Mais, la séquence pédagogique formation+simulateur semble légèrement plus efficace. Si l'on s'intéresse aux bénéfices, respectivement liés au simulateur et à la formation, l'analyse statistique montre que l'écart lié au simulateur est plus élevé que celui lié à la formation ( $F(1,34)=10,12, p<.003$ ), et concerne surtout les grutiers peu ou illettrés ( $F(1,34)=49.44, p<.001$ ). Enfin les bénéfices liés à la formation et au simulateur diffèrent selon leur position respective ( $F(1,34)=5.58; p<.023$ ) et le degré d'illettrisme ( $F(1,34)=4.53; p<0.4$ ).

## CONCLUSION

Lorsqu'il existe une liaison explicite entre la représentation interne des opérateurs et la représentation écrite externe à apprendre, le traitement des informations par des professionnels peu lettrés s'en trouve facilité. La raison tient à l'augmentation de la compatibilité entre la structure des représentations des opérateurs et la représentation externe proposée. Qu'ont appris les grutiers dans cette situation simulée ? Certainement pas à remédier à leurs difficultés générales en lecture, il faudrait pour cela beaucoup plus de temps, et d'autres niveaux d'investigation. En revanche, nous pensons qu'ils ont appris à lire, comprendre et manipuler plus aisément une classe de documents techniques, des tableaux et des graphes de limites de charge, mais également qu'ils ont enrichi la structure conceptuelle de la notion de moment. Il serait d'ailleurs intéressant de savoir si ces acquisitions sont généralisables à d'autres types de graphes. Ce sont les grutiers faiblement lettrés qui bénéficient le plus du simulateur, il apparaît donc que ces professionnels ont compris les exercices proposés et les concepts sous-jacents. Les difficultés relevées dans certains exercices proviendraient plutôt des problèmes de charge cognitive en

2 Un sujet n'a pu (ou voulu) réaliser aucun des post-tests alors que son score au logiciel est élevé, par ailleurs deux sujets (en retard en formation) n'ayant pas pu passer le pré-test, nous leur avons affecté, à cette épreuve seulement, la moyenne des autres sujets (en tenant compte du groupe d'appartenance (lettrés ou peu/ill-lettrés)).

mémoire de travail, notamment la gestion du partage d'attention à effectuer entre des tâches et informations multiples et des consignes concernant les conditions des réponses à donner. La réussite de l'apprentissage réalisé ici par les professionnels peu lettrés atteste de l'intérêt des nouvelles technologies, à certaines conditions qui tiennent compte des contraintes cognitives des apprenants. D'une part, elles facilitent et rendent possible la conception de formats spécifiques de représentations externes, et interactifs (le professionnel agit) ; d'autre part, la multimodalité (oral, sons, images, animations) peut alléger la charge cognitive liée au traitement de l'écrit pendant la compréhension, et favorise la construction de représentations cognitives dynamiques (pour une synthèse voir Rouet, 2001).

## BIBLIOGRAPHIE

- Bétrancourt M. & Tverski B. (2000). « The effect of computer animations on user's performance », *Le Travail Humain*, vol. 63, n° 4, p. 311-329.
- Boucheix J.-M. & Chanteclair A. (1999). « Analyse de l'activité, cognition et construction de situations d'apprentissages. Le cas des conducteurs de grues à tours », *Éducation permanente*, n° 139, p. 115-141.
- Ganier F., Gombert J.-E. & Fayol M. (2000). « Effet du format de présentation des instructions sur l'apprentissage de procédures à l'aide de documents techniques », *Le Travail Humain*, vol. 63, n° 2, p. 121-152.
- Gombert J.-E. & Fayol M. (1995). « La lecture compréhension : fonctionnement et apprentissage », in D. Gaonac'h, C. Golder (éds), *Manuel de psychologie pour l'enseignement*, Hachette éducation.
- Gyselink V. & Tardieu H. (1999). « The role of illustration in text comprehension: what, when, for whom and why? », in S. R. Goldman & H. van Oostendorp (éds), *The construction of mental representation during reading*.
- Mayer R. E. & Moreno R. (1998). « A split attention effect in multimedia learning: Evidence for a dual processing system in working memory », *Journal of educational Psychology*, vol. 90, p. 312-320.
- Rouet J.-F. (2001). *Les activités documentaires complexes. Aspects cognitifs et développementaux*, H.D.R, Université de Poitiers, LACO/CNRS.
- Samurçay R. & Hoc J. M. (1996). « Causal versus topographical support for diagnosis in a dynamic situation », *Le Travail Humain*, vol. 59, n° 1, p. 45-68.
- Samurçay R. & Pastré P. (1995). « La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences », *Éducation permanente*, n° 123, p. 13-32.
- Samurçay R. & Rogalski J. (1998). « Exploitation didactique des situations de simulation », *Le Travail Humain*, vol. 61, n° 4, p. 333-359.