
Nouvelles technologies et aide à la compréhension de documents techniques

Construction et expérimentation d'un simulateur de fonctionnement de grues à tour pour l'apprentissage de la notion de courbe de charge chez des grutiers peu lettrés¹

Jean-Michel Boucheix
Université de Bourgogne
LEAD/CNRS-UMR 5022
6, Boulevard Gabriel, 21000 Dijon
Jean-Michel.Boucheix@u-bourgogne.fr

1- INTRODUCTION

La capacité à comprendre et manipuler des documents techniques écrits de type tableaux ou graphes, pour l'obtention d'un examen technique, ou pour apprendre à interagir avec des interfaces complexes, peut être un obstacle pour des professionnels « experts » dans l'action mais peu lettrés, ou non familiers de représentations symboliques abstraites (Fayol, 1992). C'est le problème posé à la formation continue des grutiers : compétents, et maîtrisant parfaitement le système technique de la grue dans l'action, ils doivent obtenir un certificat obligatoire de conduite en sécurité (CACES, recommandation légale de la CNAM), comportant une épreuve théorique de traitement de courbes et tableaux 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 ou remédiation fondamentale en lecture-compréhension. Confrontés à des supports classiques (annexe, encart 1) les professionnels échouent massivement, 30 à 70% (selon les régions) des 7 à 9000 grutiers en exercice sont faiblement lettrés. Toute possibilité d'adaptation aux caractéristiques des grutiers et d'amélioration des supports écrits est envisageable pendant la formation, mais exclue pour l'examen, pour lequel tableaux et courbes classiques sont maintenus (documents de référence dans la grue). Cette difficulté soulève le problème plus général des modalités ou formats des représentations externes des connaissances à apprendre (Samurçay et Hoc, 1996).

Notre but est la conception d'un outil d'assistance à la compréhension pouvant aider les grutiers faiblement lettrés à traiter et utiliser les tableaux et courbes de charges indiquant les limites de fonctionnement de la grue, afin d'optimiser leur maîtrise de la sécurité du système (233 accidents graves recensés cette dernière décennie, dont 83 décès). Dans une perspective d'ergonomie cognitive de l'apprentissage, de type didactique professionnelle (Pastré, 1997; Samurçay et Rogalski, 1998), cet outil aura pour fondement une liaison explicite entre la représentation fonctionnelle interne de l'équilibre des grues chez le professionnel et la représentation symbolique externe, c'est à dire la courbe (fonction) ou le tableau (à double entrée) de charge. Les possibilités de multimodalité offertes par les nouvelles technologies rendent possible la matérialisation physique de cette liaison. Contrairement aux nombreuses recherches dans domaine des écrits narratifs, seulement quelques travaux ont été consacrés aux difficultés de compréhension des documents techniques, de type texte d'instruction ou procédural (consignes, modes d'emplois); Dixon, 1982 ; Ganier, Gombert & Fayol, 2000. Mis à part les travaux de didactique des sciences, à l'école, rares sont les études sur le traitement cognitif des graphes et des tableaux (Wright, 1999). Aussi rares sont les recherches concernant les adultes peu lettrés (Vautier & Al, 1997; Boucheix & Al, 1997). Deux grandes catégories d'origine des

¹ Ce travail a fait l'objet d'un contrat de recherche co-financé par le GFC-BTP (Groupement Paritaire pour la Formation Continue des Entreprises du Bâtiment et des Travaux Publics) et le Conseil Régional de Bourgogne.

difficultés de compréhension sont recensées : la première concerne les modalités de présentation des documents (rédaction contenant beaucoup d'informations implicites, lisibilité faible, ambiguïtés, terminologie trop technique, peu adaptée aux utilisateurs); la seconde tient aux difficultés cognitives du lecteur (manque d'automatisation des processus de décodage de l'écrit, difficultés de compréhension, connaissances préalables insuffisantes) et aux buts spécifiques de l'utilisateur (recherche d'informations particulières en fonction des besoins en cours d'action, mais pas de lecture systématique du document). Ces constats ont donné lieu à des actions correctives visant l'amélioration des écrits techniques. Cependant la plus grande partie de ces travaux ergonomiques est centrée sur la lisibilité des textes du point de vue de leur structure lexicale, syntaxique (simplification) et sur l'architecture textuelle (structure, plan, logique et sémantique des actions), (Barcenilla & Brangier, 2000). Dans certains travaux plus récents, l'effet favorable des illustrations, à certaines conditions, est soulignée, Ganier, Gombert & Fayol, 2000 ; Gyselinck & Tardieu, 1999; de même que le recours à des modalités de présentation non interférentes (audio-visuel), Mayer, 1999; ainsi que des animations (Bétrancourt & Tverski, 2000). Néanmoins, si ces améliorations peuvent être notables pour des lecteurs « compétents », elle apparaissent insuffisantes pour des opérateurs plus faiblement lettrés, parce que l'activité de lecture y est cognitivement aussi exigeante que dans des textes techniques classiques. Surtout, il n'y a pas de relation explicite entre le contenu des documents et les représentations fonctionnelles des opérateurs, spécialement lorsqu'ils sont expérimentés. Ainsi, plus qu'une question de lisibilité se pose un problème de choix du format de la représentation externe proposée à l'opérateur apprenant.

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 (notamment en ce qui concerne les formats) offertes par les nouvelles technologies peuvent (à certaines conditions) s'avérer pertinentes : multimodalité, simulation interactive, conception de représentations analogiques fonctionnelles. Au plan théorique, les travaux actuels sur les représentations cognitives construites à partir de textes explicatifs avec des informations multimodales (images, diagrammes, animations), montrant l'importance de l'élaboration de modèles mentaux contextualisés ou modèles de situations (Van Ostendorp & Goldman, 1999), dans les activités de compréhension, apportent des fondements à l'hypothèse précédente.

2- MÉTHODES ET TECHNIQUES

La démarche suivie comporte trois étapes :

2.1- 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 » accompagné d'un diagnostic des connaissances disponibles. Des enregistrements (individuels) audio vidéo (centrés sur les regards du professionnel) en situation ont été réalisés (1h30 à 2h en moyenne par grutier) suivis d'entretiens individuels d'explicitation des films. Enfin, des tests de différents formats de présentation de l'équilibre des grues ont été réalisés pour chaque grutier.

2.2- Munis des résultats de cette étape nous avons ensuite construit un simulateur d'apprentissage de tableaux et courbes de charge combinant de façon intégrée deux formats de représentation à l'écran: analogique avec les effets de l'action et symbolique écrite (tableau et courbe de charge).

2.3- Enfin, nous avons évalué l'apprentissage avec ce simulateur aux cours de deux expérimentations, l'une menée auprès de 31 grutiers peu lettrés, l'autre conduite auprès de 39 grutiers lettrés et peu lettrés.

3- RÉSULTATS

Nous évoquerons tout d'abord, allusivement, les résultats de la première étape (pour plus de détails voir Boucheix et Chanteclair, 2000) pour nous centrer ensuite plus longuement sur les principes cognitifs ayant guidés la conception du simulateur. Enfin, nous évoquerons très rapidement uniquement les conclusions des deux expérimentations en centre de formations (ces expériences sont exposées en détails dans un article plus long, Boucheix, à paraître). Après quoi, nous discuterons très brièvement, du point de vue de l'ergonomie des apprentissages, la perspective développée ici.

3-1- Représentation fonctionnelle de l'équilibre chez le grutier

Les grutiers disposent d'une représentation procédurale du rapport poids-portée, organisée par les indices technique du système (klaxon, limites de vitesse, coupes circuits). Nous avons mis en évidence l'existence d'une connaissance intuitive, implicite, de la relation distance-masse fortement « encapsulée » dans l'action, et liée aux interactions quotidiennes avec la comportement de la grue. Nous avons montré une expression possible de cette connaissance pour un format de présentation analogique de la relation poids-portée (cette représentation est consignée en annexe, encart 2). Elle correspond à une forme de tableau qui s'insère dans la représentation figurative d'une grue. Verticalement, contre la tour de la grue, s'étagent quatre poids (8t ; 6t ; 3t ; 1,5t). Horizontalement, le long de la flèche de la grue, se trouvent des indications de distances en mètres. Dans la tâche proposée, l'opérateur devait compléter (à l'aide de réponses oui/non ou de signes + et -) les cases d'un tableau pour une grue telle que celle représentée dans les évaluations classiques. Les exercices sur ce support analogique ont été beaucoup mieux réussis que ceux correspondants au format classique, comme le montrent les résultats consignés, tableau 1.

Tableau 1

Charges limites choisies par les grutiers expérimentés pour 6 distances possibles (respectivement 15, 20, 25, 30, 35, 40 m) et les 4 niveaux de charge proposés (respectivement 8, 6, 3, 1.5 tonnes)

Distance Grutier (6 ^E)	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m
1	8	8	6	3	3	3
2	3	1.5	1.5	1.5	1.5	<1.5
3	3	2.5	2.5	2	1.5	1.5
4	8	6	3	<1.5	<1.5	<1.5
5	8	6	3	1.5	1.5	<1.5
6	6	3	3	1.5	1.5	1.5

On observe que les masses considérées comme possibles à lever, données par les six « experts », « décroissent » avec l'augmentation de la portée, témoignant ainsi d'une sensibilité certaine (connaissance intuitive) à la relation masse-distance.

3-2- Principes « cognitifs » de conception du simulateur

Sur le principe des supports testés précédemment nous avons conçu un simulateur multimédia (sur écran) avec un scénario d'apprentissage ². Nous avons choisi de simuler la fonction principale (rapport -non proportionnel- poids-distance et limites de fonctionnement) de la grue, (avec mouvements et interaction directe via la souris de l'ordinateur), de façon à relier deux formes de représentation de ce même fonctionnement, la forme analogique (mise en scène du comportement concret de la grue) et la forme symbolique écrite (courbe et tableau de charge). Quelques planches illustrant le type d'interface présenté sont consignées en annexe, encart 3). Le principe de la tâche pour le grutier est de chercher les limites en transportant physiquement (avec la souris) des charges le long de la flèche d'une grue présentée de profil. Au cours de la première partie de l'entraînement, l'outil permet une utilisation « facile », nécessitant le moins possible le recours à des informations écrites. Puis, au cours des séquences d'entraînement réalisées, aux exercices de transports de charges destinés à construire son propre tableau (ou courbe) sous la grue, se substituent très progressivement des exercices (entrecoupés d'animations didactiques) de recherche de limites sur des courbes puis sur des tableaux à plusieurs lignes. La présentation analogique des informations devrait faciliter l'orientation, la recherche et l'intégration des informations par les stagiaires, et finalement favoriser l'accès aux tableaux de charge classiques. Dans le cadre d'une « typologie » des propriétés didactiques des simulateurs telle que celle décrite par Samurçay et Rogalski, 1998, le présent logiciel correspond à une situation de découplage de fonction (poids-portée, centrée sur la notion de moment). Les tâches

² en collaboration avec le CNERTA : Le Centre National d'Etude des Technologies Avancées est un département de l'ENESAD (Ecole Nationale Supérieure D'enseignement Agronomique de Dijon).

proposées aux professionnels constituent une manipulation de la tâche réelle, ou situation de référence, qui tente de conserver (une partie) des indices de l'activité mobilisée lors du transport de charges au cours du travail réel, sans reproduire à l'identique l'action de conduire la grue. En effet, il s'agit, devant la grue présentée de profil, de transporter des charges « pour voir l'effet de cette action sur (et sous) la grue » et non pas pour amener une charge à un équipier du chantier. La conception du logiciel tente de pallier les difficultés de traitement de l'écrit :

- Du point de vue des formats de représentations utilisés (analogiques), le recours au texte écrit seul est rare. Les consignes d'exercice et les messages sont courts (une à deux phrases par consigne), en langage « opératif », et délivrés à l'oral (en français) et en même temps à l'écrit. Tous les messages peuvent être réécoutés plusieurs fois en cliquant sur un icône ayant la forme du visage d'un chef de chantier ; ils ont un caractère incitatif à « expérimenter les effets de ses actions ». Afin de rendre les explications plus claires, des animations graphiques sont utilisées.

- L'environnement de travail visuellement représenté (grue, cadrans, consignes à observer) correspond au contexte habituel du professionnel.

- La tâche, elle même reste écologique puisqu'il s'agit le plus souvent de transporter réellement des charges avec une grue qui réagit de la façon similaire à celle du chantier (mise à part les sensations physiques liés à la conduite et au mouvement de la machine).

- A la fin de chaque exercice un récapitulatif permet visualiser et d'entendre une synthèse des notions vues au cours de l'exercice.

Pour prendre un objet avec le crochet, il suffit d'amener, avec la souris de l'ordinateur, le curseur sur le crochet, puis de descendre (en tirant les câbles) le crochet en bougeant la souris vers le bas, de cliquer sur l'objet pour le prendre puis de déplacer l'objet (réellement) le long de la flèche toujours en bougeant la souris. Lorsque l'objet a été amené à l'endroit voulu par la consigne, il suffit de cliquer une deuxième fois pour le décrochage. L'écran de l'interface comporte quatre zones. Dans la zone centrale, de travail, la grue, représentée de profil, permet le transport d'objets (banches, cuves de béton, poutres) qui apparaissent à son pieds au départ. Sous la flèche de la grue sont reportées les distances en mètres. Quand on prend un objet, au fur et à mesure du déplacement de la charge sous la grue, avec la souris, dans la zone des indicateurs, les cadrans (identiques à ceux d'une cabine réelle) de poids (en tonnes et kilogrammes), portée (distance en mètres) et de moment (en pourcentage de la puissance de la grue) réagissent, conformément à une grue réelle et selon les paramètres habituels. Quand le moment dépasse les 80%, le klaxon de la grue retentit et les câbles (supérieurs) deviennent de plus en plus rouges pour montrer que l'on va atteindre les limites. Après 100%, on voit la grue tomber. Les mouvements de la grue sont donc reliés, « on line » à deux autres formes de représentation. La première est matérialisée par les indicateurs des cadrans (poids, distance et moment). La deuxième correspond à ce qui se passe sous la grue: un tableau, qui prendra différentes formes jusqu' à évoluer vers une courbe de charge et un tableau réel, récapitule, pendant chaque exercice, les informations trouvées lors du transport des charges. On trouve toujours, en abscisse de ce tableau, la distance entre le crochet et l'axe de la mâture. Au départ, ces graduations sont affichées sur la flèche de la grue, comme si celle ci était graduée : cette représentation permet de relier la flèche de la grue à la première ligne d'abscisse d'un tableau de charge. Dans toutes les épreuves, quand on déplace le crochet, le nombre et la colonne correspondants à la position du crochet s'affiche en surbrillance. Enfin, dans la zone de consigne se trouve le texte qui indique précisément les objectifs et modalités de chaque exercice, étape par étape. Ces consignes sont lues en voix-off par l'ordinateur, et apparaissent en surbrillance pendant qu'elle sont lues, à tout moment il est possible de la réécouter en cliquant dessus. Quand le stagiaire fait une erreur, un feed-back correctif est proposé suivi d'une relecture automatique de la consigne. Le grutier est invité à observer l'effet de ses actions de différentes manières : d'une part les résultats de l'action s'affichent sous la flèche de la grue, sous une forme graphique qui va se transformer progressivement, au fil des exercices, en une courbe puis un tableau de charge (à trois lignes), d'autre part, simultanément, l'effet des actions est observable directement sur le comportement de la grue et les cadrans indicateurs identiques à ceux d'une grue réelle. Le logiciel est découpé en 13 séquences correspondant à 19 exercices (60 items au total). Dans une première partie, en transportant des objets du chantier, les grutiers construisent la courbe de charge de la grue, sous celle-ci, puis apprennent à utiliser la courbe et le tableau correspondant. Dans une deuxième partie, ils construisent une deuxième courbe de charge pour un autre modèle de grue, qui ajoutée à la première courbe va se transformer en un tableau de charge à plusieurs lignes, très proche

d'une abaque réelle. Enfin, la troisième partie est composée d'exercices visant l'entraînement à l'utilisation des tableaux de charge pour déterminer de limites de grues en réponse à des questions identiques à celles de l'examen. Bref, entre le simulateur plein échelle et le micro monde, cet outil constitue une cas (particulier pour les apprentissages) d'environnement (interface) écologique, centrée sur le problème de l'équilibre de la grue, une des caractéristiques clés est l'accès à plusieurs représentations, caractérisées par une « hiérarchie d'abstraction » d'un même processus, Terrier, Cellier, Carreras, 2001.

3-3- Expérimentation de la validité du simulateur

Notre but, ici, était de présenter les principes de conception d'un simulateur d'apprentissage. Nous ne ferons donc qu'une brève allusion aux objectifs de deux expérimentations. Leurs résultats sont exposés en détail par ailleurs (cf Boucheix, à paraître)

3-3-1-Expérience 1

Il s'agissait de vérifier l'effet du simulateur sur la compréhension des courbes et tableaux de charge par des grutiers faiblement lettrés, dans une situation réelle d'apprentissage préparant l'examen passé à la fin de la formation. Nous avons opté pour la procédure expérimentale générale suivante, à la quelle ont participé, individuellement, 31 grutiers faiblement lettrés.

- 1- Pré-test: Lecture et utilisation de courbes et de tableaux de charges classiques (identiques à ceux de l'examen et à ceux qui se trouvent dans les grues (annexe, encart 1): épreuve de huit items.
- 2- Travail de passation du simulateur d'apprentissage
- 3- Post-test : exercices composée de huit items similaires au prétest (mais différents).

Deux paramètres principaux ont été contrôlés

- Le degré « d'illettrisme » de chaque professionnel (grâce à un outil simple de dépistage);
- Parmi les 31 grutiers, deux groupes ont été constitués: l'un expérimental, l'autre contrôle.

Nous avons pu mettre en évidence, pour le groupe expérimental exclusivement, un effet très significatif du travail avec la simulateur sur le traitement et le compréhension des courbes et tableaux de charge par le grutiers faiblement lettrés (cf Boucheix, à paraître).

3-3-2- Expérience 2 : simulateur et formation classique

Nous avons voulu ensuite, savoir ce qu'apportait un tel outil relativement à la formation traditionnelle, en général plus longue et plus complète. Notamment, quelle pouvait être la place occupée par un simulateur d'apprentissage au cours de la formation ? Cette question a motivé le but de l'expérience 2. Pour y répondre, nous avons élaboré la procédure suivante, en passation individuelle, pour 22 grutiers lettrés et 17 peu ou illettrés.

- 1- Un prétest : lecture d'une série de 8 courbes et tableaux de charges classiques (à 2, 3 puis plus lignes) sur papier, puis,
- 2- La passation des exercices du simulateur d'apprentissage, et ensuite,
- 3- deux post-tests (similaires mais différents du prétest et entre eux): 8 tableaux et 8 courbes de charge à lire)

La succession de ces épreuves dans le temps se déroule, soit avant le début de la formation, (groupe **S+F**) soit après la fin de formation (groupe **F+S**) selon le programme suivant:

Groupe S+F: Prétest	simulateur	post-test 1	<i>formation</i>	post-test 2.
<i>Groupe F+S:</i> Prétest	<i>formation</i>	post-test 1	simulateur	post-test 2.

Les résultats ont montré que, chez les grutiers peu lettrés, le simulateur avait un effet significatif important lorsqu'il était réalisé au début du stage. La formation n'apportait pas de complément. Lorsque les stagiaires commençaient par la formation, l'apport de celle-ci était encore fortement renforcée par le travail avec le simulateur. Enfin il est apparu que les bénéfices liés au simulateur étaient significativement plus élevés que ceux liés à la formation, chez les grutiers peu ou illettrés.

4- DISCUSSION CONCLUSION

Validité du simulateur, aides à la compréhension et « didactique professionnelle »

Lorsqu'il existe une liaison explicite et matérielle entre la représentation interne des opérateurs et la représentation écrite externe à apprendre, le traitement des informations par des professionnels peu lettrés pourrait s'en trouver facilité. Ce type d'aide à la compréhension pourrait s'avérer même aussi (voir plus) efficace que des explications longues au cours d'une formation. La raison tient à l'augmentation de la compatibilité entre la structure des représentations des opérateurs et la représentation externe proposée. La démarche, très brièvement esquissée ici, s'apparente à une forme d'ergonomie cognitive des apprentissages (didactique professionnelle, Pastré, 1997, Rogalski & Samurçay, 1998), consistant à mettre en évidence les représentations fonctionnelles, à les manipuler pour les « mettre en scène » dans des situations d'apprentissage calculées. Alors, à un meilleur niveau du traitement de l'information de cette représentation externe, ici des limites de charge, semble s'associer une représentation conceptuelle (modèle mental) plus élaborée puisque les opérateurs peuvent manipuler plus aisément la notion de courbe de charge. Que peuvent apprendre 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, ils peuvent apprendre à lire, comprendre et manipuler plus aisément une classe de documents techniques des tableaux et des graphes de limites de charge, représentation symbolique du fonctionnement de la grue; mais également enrichir la structure conceptuelle de la notion de moment. Les acquisitions, ne peuvent se réduire à un effet d'entraînement, compte tenu de la variété des épreuves de transferts proposées aux post-tests. Il serait d'ailleurs intéressant de savoir si ces progrès, limités dans nos post-tests au tableaux de charges, sont généralisables à d'autres tableaux à double entrée ou à d'autres graphes de type fonction nécessitant de coordonner abscisse et ordonnée. Compte tenu de l'objectif d'apprentissage concerné ici, c'est à dire améliorer le niveau de traitement des graphes techniques en vue de réussir l'examen professionnel, nous n'avons pas évalué dans quelle mesure les progrès constatés sont à même de modifier, ensuite, au cours du travail réel, la gestion par les professionnels de situations de transports limites. Pour cela, une autre investigation serait nécessaire: une analyse du travail des grutiers formés, beaucoup plus tard, après la formation, sur divers chantiers.

Illettrisme et traitements d'écrits techniques

Ce sont les grutiers faiblement lettrés qui ont le plus bénéficié du simulateur, construit à dessein. Il est apparu que ces professionnels peu lettrés ont compris les exercices proposés et les concepts sous-jacents. On peut cependant suggérer que l'apprentissage sur simulateur proposée ici aux opérateurs peu lettrés devrait être prolongée par une formation visant un (ré)-apprentissage plus fondamental en lecture-écriture, qui assurerait à nombre de professionnels expérimentés un développement plus général de leurs compétences, Boucheix, Lété, Zagar & Jourdain, 1997.

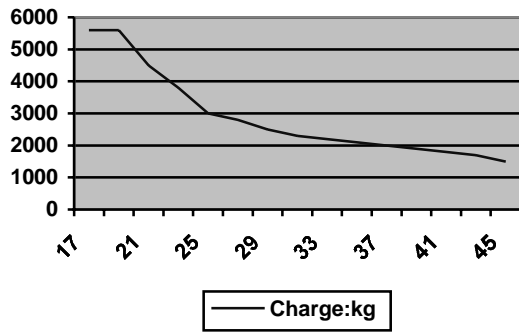
Nouvelles technologies et aides à la compréhension

Les résultats de ce travail auprès de professionnels faiblement lettrés attestent de l'intérêt des nouvelles technologies, à certaines conditions, qui tiennent compte des contraintes cognitives des apprenants (Mayer, 1999). D'une part, elles facilitent et rendent possible de la conception de formats spécifiques de représentations externes, et interactifs (le professionnels 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 favoriser la construction de représentations cognitive dynamiques, (Bétrancourt & Tverski, 2000), enfin elles peuvent prendre une orientation palliative à certaines formes de handicaps (.Spérandio, Uzan & Oltra, 1999 ; Uzan, Michel & Boutaud, 1999). Néanmoins, leur intérêt et leur efficacité dans les apprentissages, dépend moins de la nouveauté ou de la sophistication technique des outils que des analyses et des théories de l'activité qui ont orienté leurs conceptions. Les choix de formats de représentation de la réalité, des informations, et l'activité proposée, sont conditionnés par le travail préalable de transposition didactique de la situation de travail, et des objectifs de l'opérateur.

Références bibliographiques

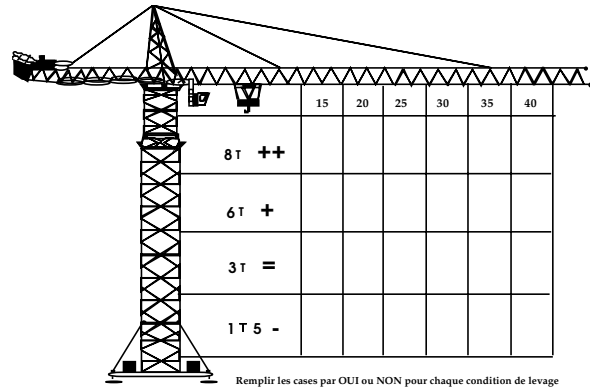
- Barcenilla, J., & Brangier, E. (2000) Propositions pour une intervention en ergonomie des aides textuelles au travail, *In Illettrisme et monde du travail, Paris, La documentation Française, pp357-375.*
- Bétrancourt, M. & Tverski, B. (2000) The effect of computer animations on user's performance, *Le Travail Humain*, 63, 4, 311-329.
- Boucheix, J.M., Lété, B., Zagar, D. & Jourdain, C. (1997) Un exemple de construction d'un dispositif de formation pour adultes faiblement lettrés: De l'évaluation-diagnostique aux curricula de formation. *In, B. Lété & C. Barré De Miniac, (Eds). L'illettrisme. Bruxelles, De Boeck.*
- Boucheix, J.M. & Chanteclair, A. (2000). Quand la certification pourrait ne pas voir la compétence. *Formation et Emploi*, 69, CEREQ 37-52.
- Dixon, P. (1982) Plans and written directions for complex tasks. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 21, 70-84.
- Fayol, M. (1992) Comprendre ce qu'on lit : De l'automatisme au contrôle. In M.Fayol, J.E. Gombert, P. Lecocq, L. Sprenger-Charolles, & D. Zagar (Eds), *Psychologie cognitive de la lecture*
- Ganier, F. ;Gombert, J.E.; Fayol, M. (2000). Effet du format de présentation des instructions sur l'apprentissage des procédures à l'aide de documents techniques. *LeTravail Humain*, 63,2, 121-152
- 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 (Eds), *The construction of mental representation during reading.*
- Mayer, R.E. (2000) Intructional technology. In F. Durso (Ed) : *Handbook of applied cognition* John Wiley & Sons.
- Pastré, P. (1997). « Didactique professionnelle et développement », *Psychologie Française*, n°42, p. 89-10.
- Samurçay, R. & Hoc, J.M. (1996) Causal versus topographical support for diagnosis in a dynamic situation. *Le Travail Humain*, 59, 1, 45-68.
- Samurçay, R.,& Rogalski, J. (1998) « Exploitation didactique des situations de simulation », *LeTravail Humain*, n 61, p. 333-359.
- Spérandio, J.C., Uzan, G., & Oltra, R. (1999) L'informatique comme barrière d'exclusion ou comme aide technique à l'intégration, *Performances Humaines et Techniques*, « Situations de handicap », pp 34-40.
- Terrier, P., Cellier, J-M., & Carreras, O. (2001) Un cadre théorique pour la conception d'interfaces : les interfaces écologiques, *Psychologie Française*, 46, 2, 153-165
- Uzan, G., Michel, G., & Boutaud, P. (1999) De l'interface de surface à l'assistance dans la communication: une messagerie électronique pour aveugles. *Ergonomie et Télécommunications*, pp 37-46.
- Van Ostendorp, H., & Goldman, S.R., (1999) *The construction of mental representations during reading*, New-Jersey: LEA.
- Vautier, S., Hernandez, A. & Guillevic, C., (1997) Difficultés d'adultes de niveaux V et VI à exploiter des messages explicatifs informatisés, *Le Travail Humain* , 60, 2, 185-203.
- Wright, P. (1999a). The comprehension of written instructions: Examples from health materials. *In D. Wagner (Ed), Literacy: An international Handbook* (pp 192-198). Boulder, CO: Westview Press

Annexe



Encart 1

Courbe de charge simplifiée
(flèche de 45m)

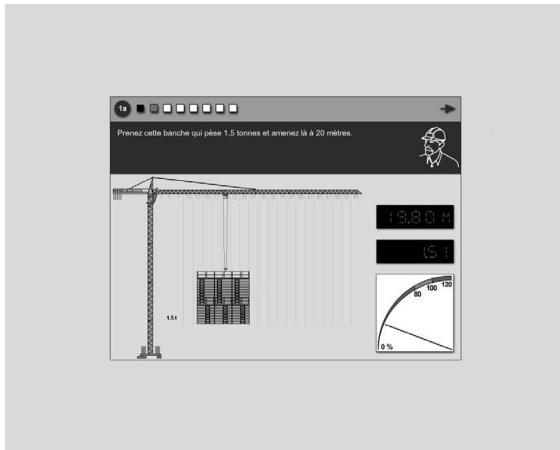


Encart 2

Interface utilisé lors de l'analyse du travail

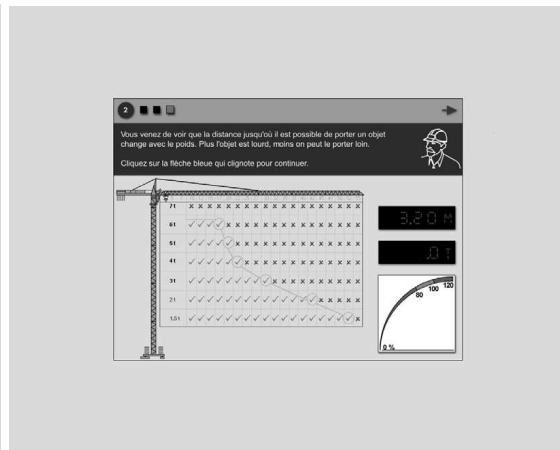
Encart 3

Quelques illustrations de l'interface et des exercices du simulateur



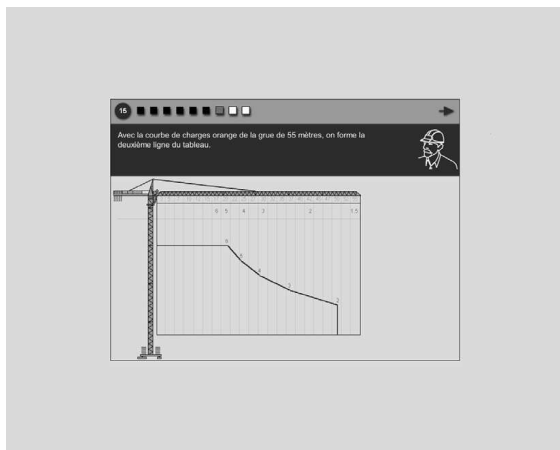
1

Construction du tableau de limites par transports réels d'objets du chantier (ici une banche).



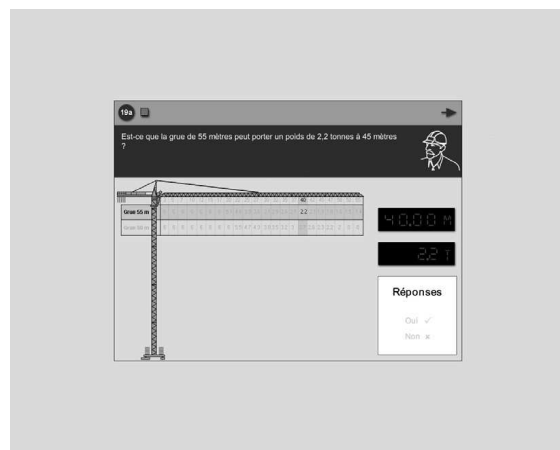
2

Construction de la courbe de charge à partir des résultats des transports d'objets.



3

Animation graphique transposant deux courbes en un tableau à deux types de flèches



4

Recherche-lecture de limites de transport sur un tableau distance-poids, pour deux flèches