



Texte original*.

Pourquoi tu ne travailles pas au standard ?

Analyse des régulations de l'activité pour l'étude de la charge cognitive dans les tâches répétitives d'assemblage automobile

Lisa JEANSON^{1,2}, J. M. Christian BASTIEN¹, Alexandre MORAIS², Javier BARCENILLA¹

¹Université de Lorraine, Laboratoire PErSEUs (EA 7312), Ile du Saulcy, BP 60228, 57045 Metz cedex 01

² PSA 2-10 Bd de l'Europe Poissy 78092 Yvelines Cedex09

Malgré les améliorations constantes des postes de travail chez PSA, les ergonomes interviennent de plus en plus sur des problématiques liées à la charge cognitive et des défauts inexpliqués ainsi que des écarts entre la tâche prescrite et l'activité réelle sont observés. Nous faisons ici l'hypothèse que ces phénomènes seraient liés à des facteurs de charge cognitive non pris en compte dans la conception des postes de travail. L'étude de la charge cognitive étant jusque-là réservée aux activités à forte composante cognitive, il s'agit ici de définir une méthode adaptée à la nature de l'activité étudiée (à savoir une activité à forte composante manuelle, fortement automatisée) et aux contraintes du terrain de recherche (maintien du niveau de production en termes de qualité et de quantité, *turn-over* sur les postes de travail, cadences élevées). Nous décrivons ici la démarche d'étude employée et l'illustrons à travers la présentation de l'étude d'un poste situé dans le secteur moteur au sein d'une usine PSA.

Mots-clés : Charge cognitive ; Processus Cognitifs ; Attention ; Prévention des erreurs.

Why don't you work by the standards of work?

Analyses of work regulations to study mental workload in redundant tasks in car assembly

Despite continuous improvements in the workstations at PSA, ergonomists in the Group have to take more and more actions on issues related to cognitive workload. Furthermore, errors on the assembly lines have emerged and we can identify discrepancies between work standards and actual tasks. We hypothesize here that method engineers do not take factors of mental workload into account when designing workstations. Since the study of mental workload has until now been reserved for activities with a strong cognitive component, the aim here is to define a method adapted to the nature of the activity studied (where the level of production has to remain the same, where the turn over and the production speed are high on the workstations). We describe here the research approach used and illustrate it through the presentation of the study of a position located in the engine sector within a PSA plant.

Keywords: Mental Workload; Cognitive processes; Prevention of error.

*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Bordeaux du 3 au 5 octobre 2018. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante : Jeanson, L., Morais, A., Bastien & J.M., Barcenilla, J. (2018). Pourquoi tu ne travailles pas au standard ? Analyse des régulations de l'activité pour l'étude de la charge cognitive dans les tâches répétitives d'assemblage automobile. Actes du 53^{ème} Congrès de la SELF, Bordeaux, 3-5 Octobre 2018. Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page.

INTRODUCTION

Les mesures de la charge cognitive se sont jusque-là focalisées sur les activités à forte composante cognitive comme l'aéronautique (Martin & Cegarra, 2012; Paubel, 2011; Sperandio, 1971), les transports ferroviaires (Djibo, Valléry, & Lancry, 2006), la conduite automobile (Brookhuis & de Waard, 2010; Clarion, 2009; De Waard, 1996; Recarte & Nunes, 2003), la défense (Parasuraman, Cosenzo, & De Visser, 2009; Scribner & Harper, 2001) ou encore la chirurgie ((Byrne, Tweed, & Halligan, 2014; Weigl et al., 2016). Ces activités impliquent chez les sujets un niveau de concentration élevé et un contrôle conscient de l'attention imposés par la surveillance de systèmes complexes. Rares sont les études de la charge cognitive qui se focalisent sur les activités d'assemblage industrielle à principale composante manuelle (Lindblom & Thorvald, 2014).

Dans notre étude, il s'agit d'analyser l'activité des opérateurs dans les usines de montage du Groupe PSA, constructeur automobile, afin d'identifier les types de sollicitations cognitives qu'elle génère. En effet avec l'arrivée des nouvelles technologies dans les usines et des chaînes de montage de plus en plus automatisées, et l'augmentation des cadences de travail, les ergonomes du Groupe interviennent aujourd'hui régulièrement sur des problématiques liées à des sollicitations cognitives sur les postes de travail (traitement d'information, manque de feedback, risque de confusion entre les pièces, etc...). De plus on constate depuis quelques années l'apparition de défauts récurrents et inexplicables sur certains postes (oublis, confusions entre les pièces, etc...). Nous faisons l'hypothèse que certaines contraintes sur les lignes de production ne sont pas pris en compte dans le dimensionnement des postes et que ces contraintes pourraient être génératrices de charge cognitive. Nous tentons ainsi d'identifier ces facteurs afin qu'ils soient

pris en compte dès la conception des postes de travail pour améliorer la performance des opérateurs sur les chaînes tout en maintenant leur santé.

LA DEMARCHE GLOBALE DE RECHERCHE

Etudes exploratoires de la charge mentale sur les postes de fabrication

Dans un premier temps, nous avons réalisé une étude exploratoire d'un poste de travail sur lequel apparaissait régulièrement des défauts de connexions (Jeanson, Morais, Barcenilla, & Bastien, 2017). Après avoir réalisé une analyse de l'activité sous la lumière notamment du modèle *Skill Rule Knowledge* (Rasmussen, 1979, 1982, 1987) et identifié la nature des défauts rencontrés, nous avons mis en place un système de guidage qui a permis de réduire fortement le nombre de défauts générés (passant de 13 à 1 par mois). Nous avons pu ainsi démontrer la nécessité pour l'ergonomie industrielle de considérer les contraintes cognitives sur les postes de travail.

Ensuite nous avons réalisé une observation participante sur plusieurs postes de travail pendant un mois. Il s'agissait de tenir un poste pendant une semaine en réalisant des relevés journaliers sur les événements marquants, les ressentis, les difficultés rencontrées. Cette étape a permis d'explorer les conditions de transmissions des savoirs entre les opérateurs lors de la formation, de « sentir » et repérer les contraintes cognitives sur le poste de travail, et d'établir une relation de confiance avec les opérateurs.

A la suite de ces premières études, nous avons pu mettre en place une démarche globale de d'étude que nous appliquons systématiquement dans l'analyse des postes de travail. Nous décrivons cette approche dans la section suivante.

Le recueil et l'analyse de données

Il fallait trouver une méthodologie adaptée en considérant la nature particulière de l'activité étudiée (à savoir une tâche à principale composante manuelle et fortement automatisée) et les contraintes

émanant du contexte de l'étude (nécessité de maintenir le niveau de production en termes de qualité et de quantité, *turn-over* sur les postes de travail, cadences élevées).

Observations filmées

Nous réalisons des enregistrements vidéo des opérateurs en situation de travail à raison de deux séquences vidéo par opérateur en s'assurant au préalable que le rythme de la chaîne de montage n'est pas soumis à des variations inhabituelles :

- **Une séquence de 10 minutes sans consigne** où nous filmons les opérateurs sans leur soumettre de consigne particulière ;
- **Une séquence de 10 minutes « au standard »** où nous demandons aux opérateurs de travailler en suivant strictement les « standards de travail ».

Nous filmons deux opérateurs par poste :

- **Un novice** qui est habilité au poste de travail et peut donc le tenir seul en situation nominale ;
- **Un expert qui est habilité au poste de travail** et le connaît suffisamment bien pour faire face seul à tous les aléas rencontrés et pour former d'autres opérateurs sur le poste.

L'observation filmée permet de recueillir des données sur l'activité réelle dans un contexte où les opérateurs réalisent une trentaine d'opérations par minute en moyenne. De plus, grâce à cela nous pouvons considérer l'environnement de travail dans son ensemble et les multiples variables qui le modifient (dont le comportement des machines, le défilement des véhicules ou composants, les types de véhicules ou composants, les interactions avec les autres opérateurs, observateurs, techniciens ou autres membres des équipes de production, etc...). Enfin, en posant la caméra lorsque nous le pouvons et en quittant la scène observée, nous pouvons réduire les biais dus à notre présence sur la ligne. En effet très rapidement, les opérateurs oublient tout simplement que la caméra est en place (et se le remémore lorsqu'un évènement inhabituel survient).

Analyses comportementales

Les vidéos enregistrées sont ensuite analysées à l'aide du logiciel *The Observer XT*. Ce logiciel permet de collecter, organiser, analyser et présenter des données comportementales (Morrison, Hemsworth, Cronin, & Campbell, 2003; Noldus, Trienes, Hendriksen, Jansen, & Jansen, 2000).

L'analyse comportementale permet d'identifier efficacement et rapidement les écarts entre la tâche prescrite et le travail réel d'un point de vue chronologique et qualitatif. De plus, l'analyse des regards nous donne une idée de la charge informationnelle réelle sur le poste (qui est comparée avec la charge prévue).

Entretiens d'auto confrontation

Nous réalisons ensuite des entretiens d'auto confrontation individuels auprès des opérateurs observés afin de mettre en lumière les processus cognitifs qui sous-tendent l'activité (Mollo & Falzon, 2004).

Ici, ces entretiens nous permettent de compléter les données comportementales recueillies, en y apportant des précisions sur les stratégies mises en place, les formations et le ressenti des opérateurs.

Analyse hiérarchique des tâches prescrites et réelles

Nous construisons des analyses hiérarchiques des standards de travail et de l'activité réelle. Cette méthode consiste à décrire les tâches en termes de buts et sous-butts afin notamment d'évaluer la charge de travail sur les postes (Stanton, 2006). Ici le niveau le plus bas de description est celui de la « phase » qui est l'unité élémentaire de constitution des standards de travail (par exemple « clipper le connecteur » ou « visser la vis gauche sur le turbo »).

De cette façon, il nous est possible de comparer les modèles mentaux des tâches des concepteurs des postes de travail et ceux des opérateurs de la même façon qu'on compare les modèles mentaux des concepteurs d'interfaces avec ceux des utilisateurs. Or des écarts importants entre

ces modèles peuvent être à l'origine de certaines erreurs de conception.

Chaque méthode de recueil et d'analyse de données utilisée constitue une étape dans l'approche du travail réel et sa comparaison avec le travail prescrit. Les observations libres puis participantes nous ont donné les premières clés pour accéder à la complexité de l'activité et nous ont permis d'instaurer un climat de confiance avec les opérateurs avant de poursuivre nos investigations. Puis grâce à l'analyse comportementale assistée par ordinateur nous détaillons l'activité et décortiquons littéralement les automatismes en jeu sur les postes de travail. Avec l'analyse hiérarchique et chronologique des tâches, nous comparons les écarts entre tâche prescrite et réelle avec comme hypothèse sous-jacente que les régulations en place sur les postes constituent des indicateurs de charge cognitive. Enfin, dans les entretiens d'auto confrontation nous faisons expliciter par les opérateurs le pourquoi de telle ou telle stratégie mise en œuvre.

UN EXEMPLE D'ETUDE DE POSTE : LE POSTE "RACCORD DOSEUR"

Présentation du poste

Le poste « raccord doseur » se situe dans le secteur où sont montés les moteurs. Le temps de défilement du poste (temps physique mis à la disposition de l'opérateur pour réaliser les opérations) est de 56,12 secondes. Ce poste consiste principalement à visser des pièces (raccord doseur, raccord d'air, turbo, complément d'écran thermique, sonde et atténuateur), à mettre en place des connecteurs, et à conditionner à l'aide d'élastiques des tuyaux et faisceaux sur les moteurs.

Il existe 4 types de moteurs (DV6, EP6, DW10 et EB2) en fonction desquels les temps de cycle (temps théoriques ou réels nécessaires pour réaliser les opérations) et les opérations prévues dans les standards de travail diffèrent (voir Figure 1 ci-dessous). Ainsi les moteurs DV6 et EP6 ont la particularité de comporter des opérations de vissages dits « asservis », c'est-à-dire que l'opérateur doit attendre que le moteur (qui avance à vitesse constante sur la ligne) soit à un endroit précis pour recevoir une autorisation de vissage de la part de l'installation, avant d'effectuer ces opérations.

Nous avons étudié l'activité de deux opérateurs :

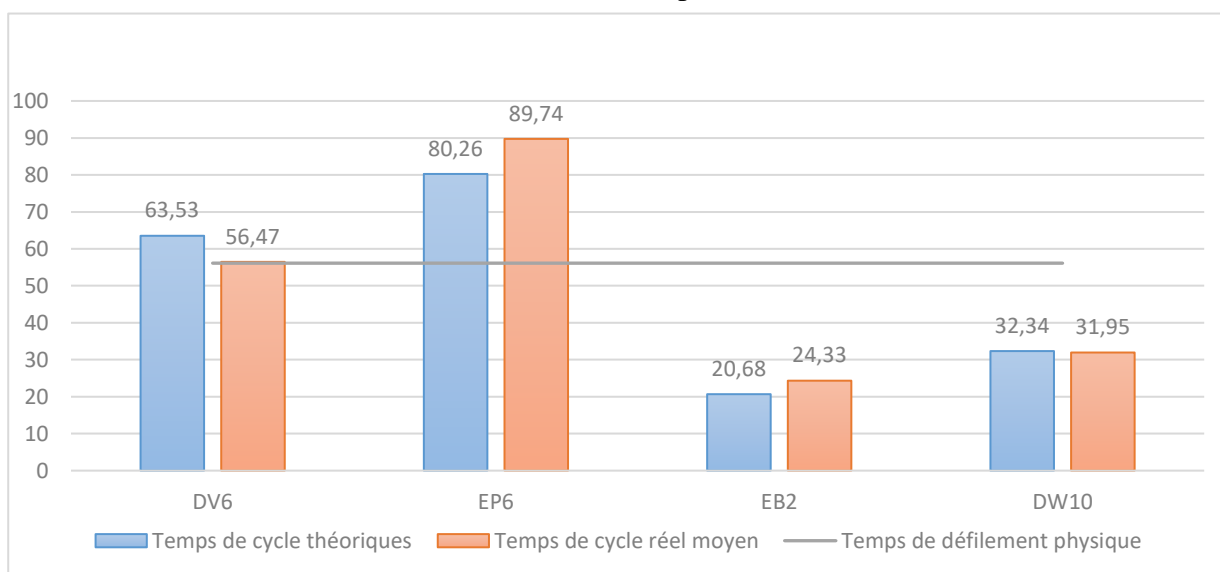


Figure 1. Les temps de cycle théoriques et réels moyens (en seconde) en fonction du type de moteur et le temps de défilement sur le poste « raccord doseur »

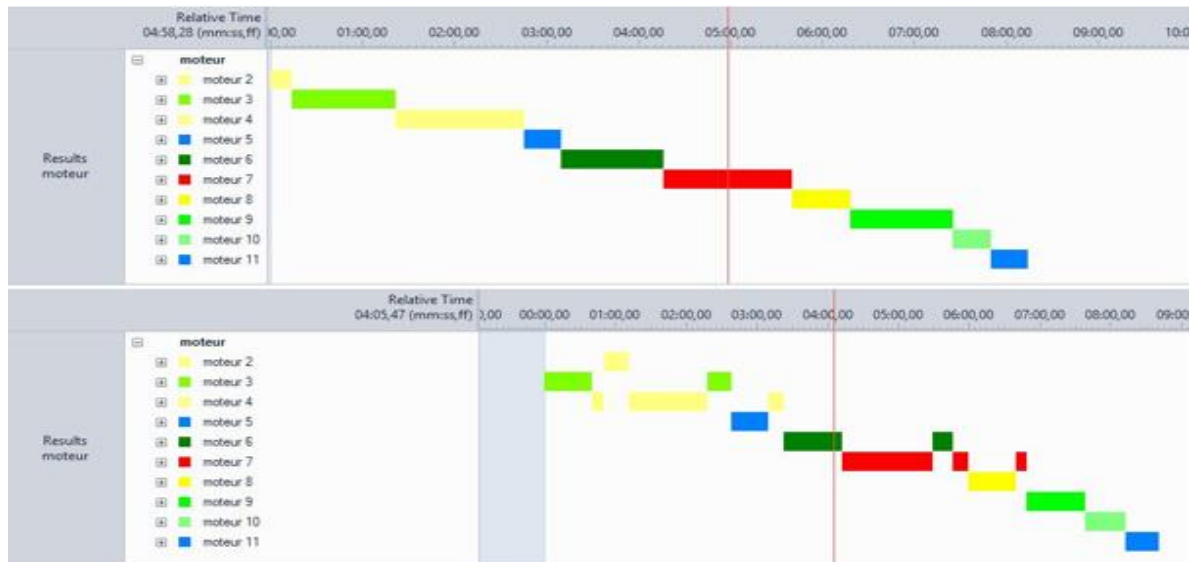


Figure 2. Enchaînement des moteurs sur le poste "raccord doseur" (Extraction du logiciel The Observer XT)

- ➔ Alors que la tâche prescrite (en haut) prévoit un enchaînement séquentiel, en réalité (en bas) les opérateurs travaillent parfois sur plusieurs moteurs en même temps
- ➔ La couleur indique le type de moteur : vert = DV6, rouge = EP6, jaune = EB2 et bleu = DW10

- Un opérateur novice de 44 ans, en contrat intérimaire dans l'entreprise depuis 6 mois et ayant passé environ 4 mois et au poste « raccord doseur » ;
- Une opératrice experte de 26 ans, en contrat intérimaire dans l'entreprise depuis 15 mois et sur le poste depuis 12 mois.

Les régulations identifiées sur le poste

Plusieurs types de régulations sont mises en place par les opérateurs sur le poste :

- **Des régulations collectives anticipées communes à tout le secteur et caractérisées par la modification de l'environnement physique du poste de travail :** des butées entourant les visseuses asservies fixées sur des rails au-dessus du poste « raccord doseur », avaient été dessoudées par les équipes de production.
- **Des régulations collectives anticipées communes à tous les opérateurs sur le poste et pouvant impacter les postes adjacents :** certaines opérations sur les moteurs DV6 et EP6 initialement prévues sur le poste raccord doseur sont en

- **Des régulations collectives anticipées communes à tous les opérateurs sur le poste :** Alors que le standard du poste prévoit un enchaînement séquentiel des moteurs (un moteur après l'autre), les opérateurs travaillent sur plusieurs moteurs en même temps et réorganisent les opérations à réaliser sur les moteurs DV6 et EP6 en plusieurs « sections » (voir Figure 2 ci-dessus).
- **Des régulations individuelles propres à chaque opérateur apparaissant en cas d'aléas :**
 - Lorsque l'opérateur novice souhaite réaliser un vissage asservi et que l'installation ne lui a pas encore donné l'autorisation de visser, ce dernier tire le moteur (DV6 ou EP6) afin d'obtenir plus rapidement l'autorisation de vissage.
 - Si deux moteurs DV6 se suivent, et que les moteurs précédents ne comportent pas de vissage asservi, l'opératrice experte réalisera les opérations en doublon sur ces moteurs (en procédant par

opérations similaires et non par moteur).

Pourquoi les opérateurs ne travaillent-ils pas au standard ?

On remarque que la variabilité entre les temps de cycle des moteurs est très élevée (80,26 secondes pour le moteur le plus longs et 20,68 secondes pour le moteur le plus court en temps théoriques, soit un écart de 59,68 secondes). De plus, les temps de cycle théoriques et réels des moteurs DV6 et EP6 dépassent le temps de défilement du poste (voir Figure 1 ci-dessus). Ce poste respecte pourtant les règles de conception imposées par le constructeur automobile puisque la moyenne des temps de cycle théoriques ($M=49,20$ secondes), est largement inférieure au temps de défilement de 56,12 secondes. Cette prescription des temps par la moyenne implique que les opérateurs doivent rattraper le temps perdu avec les moteurs les plus longs, sur les moteurs les plus courts. Or, si ce rattrapage est possible en théorie, en pratique il est impossible. En effet, les moteurs DV6 et EP6 comportent un vissage asservi, ce qui contraint l'opérateur à être à un endroit précis à un moment précis de son activité, réduisant ainsi ses marges de manœuvre.

Cette double contrainte de la variabilité des temps de cycle associée à un asservissement à l'installation, est donc certainement à l'origine des régulations mises en place sur le poste de travail.

DISCUSSION

Les spécialistes de la charge cognitive se sont toujours intéressés à la gestion des systèmes complexes, car la régulation de la charge cognitive dans cette activité implique une baisse des risques d'accident (Young, Brookhuis, Wickens, & Hancock, 2015). Les modèles classiques de charge cognitive sont donc pour la plupart basés sur l'allocation des ressources attentionnelles (le plus connu étant le modèle des ressources multiples de Wickens (Wickens, 2002)) et/ou sur les capacités limitées de la mémoire de travail (on citera par exemple le

modèle de la charge cognitive de Sweller (2016).

Or sur les chaînes de montage la cadence et les informations à traiter sont telles que les opérateurs doivent pouvoir mettre en œuvre des automatismes, réduisant ainsi le contrôle conscient de l'attention et par la même, la charge cognitive induite par les tâches (Jeanson et al., 2017; Leplat, 2005; Rasmussen, 1979, 1982, 1987). Ce niveau élevé d'automatisation de l'activité rend impossible la mise en place des techniques classiques d'analyse de l'activité elles aussi basées sur des études de tâches à forte demande cognitive. En effet les verbalisations et évaluations subjectives sont difficiles à mettre en œuvre face à des tâches échappant au contrôle conscient des opérateurs. De même les mesures physiologiques sont d'une part, intrusives, et d'autre part, sensibles uniquement à des variations importantes de la charge cognitive. Enfin notre terrain d'étude ne nous permet pas de mettre en place des techniques d'évaluation de la charge basées sur des mesures de variations de performance la qualité des produits est un des enjeux forts des équipes de production.

Il apparaît alors que l'étude d'activités fortement automatisées comme le montage automobile nécessitent une approche spécifique. Dans l'étude du poste raccord doseur, l'observation, les entretiens, l'analyse comportementale et l'analyse hiérarchique des tâches nous ont permis d'identifier plusieurs types de régulations mises en place sur les postes de travail.

Les **régulations individuelles** apparaissent lorsque les opérateurs se trouvent en difficulté. Ce type de comportements est le résultat d'une boucle d'évaluation fermée comprenant une analyse des contraintes par l'opérateur et/ou une comparaison entre les performances attendues et réelles (Hart & Staveland, 1988; Kostenko, Rauffet, Chauvin, & Coppin, 2016; Leplat, 2008; Sperandio, 1971). C'est le cas notamment lorsque le novice décide de tirer le moteur sur la chaîne afin de déclencher l'autorisation de

vissage ; ou lorsque l'experte réalise le montage de deux moteurs en doublon pour économiser quelques secondes. Ces régulations étant propres à chaque individu et contextuelles, il paraît futile de tenter d'en modéliser les modalités d'apparition.

Les **régulations collectives anticipées** en revanche sont mises en place dès la formation de l'opérateur au poste et font l'objet d'un consensus entre les opérateurs. L'apparition de ce type de régulations implique que la contrainte est telle sur le poste de travail que les équipes de production décident de transgresser la règle (imposée par le standard), voire de modifier l'environnement physique et l'organisation des postes, quitte à générer d'autres types de contraintes. Ainsi sur le poste raccord doseur, la variabilité des temps de cycle combinée à une installation asservie conduit les opérateurs à travailler sur plusieurs moteurs en parallèle. Or cela implique pour l'opérateur de constamment surveiller l'autorisation de vissage, d'évaluer la distance et donc le temps restant entre la position du moteur et la visseuse asservie, de se remémorer constamment quelles opérations ont été faites sur tel moteur et quelles opérations restent à faire sur tel autre.

En plus d'échapper aux ingénieurs méthodistes qui conçoivent les postes, ces régulations sont donc coûteuses du point de vue de la charge cognitive. Nous faisons l'hypothèse que ce type de régulations est le résultat d'une contradiction entre les règles de conception des postes de travail et les contraintes réelles de production. Ainsi nous tentons d'en circonscrire les modalités d'apparition afin d'améliorer les modèles de conception des postes de travail chez PSA.

CONCLUSION

Les modèles théoriques et les méthodes classiques de mesure de la charge cognitive

ne sont pas adaptées à l'étude de l'activité d'assemblage à composante principale manuelle et fortement automatisée.

Allant au-delà d'une mesure de la charge cognitive, la démarche mise en place nous a permis d'identifier différents types de régulations apparaissant à différents niveaux de contraintes imposées par la tâche prescrite. En identifiant des contraintes élevées induisant des régulations collectives anticipées, comme la variabilité des temps de cycle combinée à l'asservissement et en les réinjectant dans les modèles de conception utilisés sur les chaînes de production, nous espérons pouvoir être en mesure d'améliorer les postes de travail.

Comme le disait Wickens en 2017 lors du premier congrès international sur la charge mentale (*Human Workload Conference : Models and Applications*, 28-30 Juin 2017, Dublin), nous devons peut-être reconsidérer l'intérêt de « mesurer pour mesurer » et de « modéliser pour modéliser ».

« Ce dont nous avons besoin n'est pas un modèle global quantitatif de la performance humaine mais un ensemble de modèles fiables pour définir des catégories de conditions de travail couplé à un cadre qualitatif décrivant et définissant leur champ et relations »¹ (Rasmussen, 1983, p. 1).

BIBLIOGRAPHIE

- Brookhuis, K. A., & de Waard, D. (2010). Monitoring drivers' mental workload in driving simulators using physiological measures. *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 898-903.
- Byrne, A., Tweed, N., & Halligan, C. (2014). A pilot study of the mental workload of objective structured clinical examination examiners. *Medical education*, 48(3), 262-267.

¹ « *What we need is not a global quantitative model of human performance but a set models in which is reliable for defined categories of*

work conditions together with a qualitative framework describing and defining their coverage and relationships. »(Rasmussen, 1983, p. 1)

- Clarion, A. (2009). *Recherche d'indicateurs électrodermaux pour l'analyse de la charge mentale en conduite automobile*. Université Claude Bernard-Lyon I,
- De Waard, D. (1996). *The measurement of drivers' mental workload*: Groningen University, Traffic Research Center Netherlands.
- Djibo, S., Valléry, G., & Lancry, A. (2006). Charge mentale et régulation de systèmes complexes. *Approche subjective des agents de régulation du métro parisien. Activites, 3*(1), 117-139.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In A. H. Peter & M. Najmedin (Eds.), *Advances in Psychology* (Vol. Volume 52, pp. 139-183): North-Holland.
- Jeanson, L., Morais, A., Barcenilla, J., & Bastien, J. C. (2017, 20-22 Septembre 2017). *N'oubliez pas de brancher les connecteurs: automatismes et traitement de l'information*. Article présenté à la 53ème Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie, Toulouse.
- Kostenko, A., Rauffet, P., Chauvin, C., & Coppin, G. (2016). A dynamic closed-looped and multidimensional model for Mental Workload evaluation. *IFAC-PapersOnLine, 49*(19), 549-554.
- Leplat, J. (2005). Les automatismes dans l'activité pour une réhabilitation et un bon usage. *Activites, 2*(2).
- Leplat, J. (2008). 1. La notion de régulation dans l'analyse de l'activité. *Le travail humain, 11*-50.
- Lindblom, J., & Thorvald, P. (2014). Towards a framework for reducing cognitive load in manufacturing personnel. *Advances in cognitive engineering and neuroergonomics, 11*, 233-244.
- Martin, C., & Cegarra, J. (2012). *Évaluation de la charge mentale de contrôleurs aériens lors de l'utilisation d'une interface tout électronique*. Paper presented at the Ergo'IHM 2012, Biarritz, France.
- Mollo, V., & Falzon, P. (2004). Auto- and allo-confrontation as tools for reflective activities .pdf>. *Applied Ergonomics, 35*(6), 531-540.
- Morrison, R., Hemsworth, P., Cronin, G., & Campbell, R. (2003). The social and feeding behaviour of growing pigs in deep-litter, large group housing systems. *Applied Animal Behaviour Science, 82*(3), 173-188.
- Noldus, L. P., Trienes, R. J., Hendriksen, A. H., Jansen, H., & Jansen, R. G. (2000). The Observer Video-Pro: New software for the collection, management, and presentation of time-structured data from videotapes and digital media files. *Behavior research methods, 32*(1), 197-206.
- Parasuraman, R., Cosenzo, K. A., & De Visser, E. (2009). Adaptive automation for human supervision of multiple uninhabited vehicles: Effects on change detection, situation awareness, and mental workload. *Military Psychology, 21*(2), 270.
- Paubel, P.-V. (2011). Evaluation d'un système de résolution de conflits, ERASMUS : apport de l'oculométrie comme mesure de la charge mentale chez les contrôleurs aériens en-route. *Psychologie*.
- Rasmussen, J. (1979). *On the structure of knowledge-a morphology of mental models in a man-machine system context*. Retrieved from
- Rasmussen, J. (1982). Human errors. A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of occupational accidents, 4*(2-4), 311-333.

- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*(3), 257-266.
- Rasmussen, J. (1987). The definition of human error and a taxonomy for technical system design. In *New technology and human error* (pp. 23-30): Wiley.
- Recarte, M. A., & Nunes, L. M. (2003). Mental workload while driving: effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of experimental psychology: Applied*, 9(2), 119.
- Scribner, D. R., & Harper, W. H. (2001). *The effects of mental workload: Soldier shooting and secondary cognitive task performance*. Retrieved from
- Sperandio, J. (1971). Variation of operator's strategies and regulating effects on workload. *Ergonomics*, 14(5), 571-577.
- Stanton, N. A. (2006). Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions. *Applied Ergonomics*, 37(1), 55-79.
- Sweller, J. (2016). *Cognitive Load Theory and Computer Science Education*. Paper presented at the IGCSE'16, Memphis, TN, USA.
- Weigl, M., Stefan, P., Abhari, K., Wucherer, P., Fallavollita, P., Lazarovici, M., . . . Catchpole, K. (2016). Intra-operative disruptions, surgeon's mental workload, and technical performance in a full-scale simulated procedure. *Surgical endoscopy*, 30(2), 559-566.
- Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical issues in ergonomics science*, 3(2), 159-177.
- Young, M. S., Brookhuis, K. A., Wickens, C. D., & Hancock, P. A. (2015). State of science: mental workload in ergonomics. *Ergonomics*, 58(1), 1-17.
doi:10.1080/00140139.2014.956151