



HAL
open science

N'oubliez pas de brancher les connecteurs : automatismes et traitement de l'information

Lisa Jeanson, Alexandre Morais, Javier Barcenilla, J. M. Christian Bastien

► To cite this version:

Lisa Jeanson, Alexandre Morais, Javier Barcenilla, J. M. Christian Bastien. N'oubliez pas de brancher les connecteurs : automatismes et traitement de l'information. 52ème Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie, Sep 2017, Toulouse, France. hal-03220158

HAL Id: hal-03220158

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03220158>

Submitted on 7 May 2021

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.



*Texte original**.

N'oubliez pas de brancher les connecteurs : *automatismes et traitement de l'information*

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

¹Université de Lorraine, UFR Sciences Humaines et Sociales – Metz,
Laboratoire PErSEUs (EA 7312), Ile du Saulcy, BP 60228, 57045 Metz cedex 01

christian.bastien@univ-lorraine.fr

² PSA 2-10 Bd de l'Europe Poissy 78092 Yvelines Cedex09 alexandre.morais@mpsa.com

L'étude de la charge mentale a tendance à être cantonnée aux domaines à forte composante cognitive comme l'aéronautique, la gestion des systèmes complexes, ou encore la conduite automobile. Nous présentons ici un exemple d'analyse ergonomique sur une ligne de production au sein du Groupe PSA, producteur industriel dans le secteur automobile, ayant pour particularité d'approcher le lien entre opérations automatisées et non automatisées dans une activité cyclique et répétitive. Après avoir identifié les caractéristiques de l'opération présentant des défauts récurrents, à savoir le branchement de connecteurs amplificateur radio sur des boîtiers, nous avons pu émettre des recommandations prenant en compte les facteurs de charge mentale. Notre intervention a permis aux concepteurs produits de revoir la configuration du volet arrière d'un véhicule, réduisant ainsi la charge cognitive et le risque d'erreur sur le poste de travail concerné.

Mots-clés : Charge mentale ; Processus Cognitifs ; Attention ; partage du temps et allocation des ressources ; Prévention des erreurs.

Don't forget to plug the connectors : automatismes and information processing

The study of mental workload is usually limited to cognitive-intensive tasks such as those found in aeronautics, complex systems management, or driving. We present an example of a work analysis on a manufacturing line in PSA Group, a manufacturer in the car industry, in which we investigated the relationship between automatic and non-automatic operations in a cyclical and redundant activity. To do so, we first identified the characteristics of the error prone task, which consisted in plugging radio connectors in boxes. The analysis led to recommendations for taking into account the factors determining mental workload. Our intervention allowed product designers to review the position of the connectors and boxes in the rear flap in order to reduce cognitive workload and risks of error.

Keywords: Mental Workload ; Cognitive processes ; Attention, time sharing and resource allocation ; 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 Toulouse du 20 au 22 septembre 2017. 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., Barcenilla, J. & Bastien, J.M. (2017). N'oubliez pas de brancher les connecteurs : automatismes et traitement de l'information. 52^{ème} Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie (Toulouse, 20-22 septembre).

**52^{ème} Congrès International
Société d'Ergonomie
de Langue Française**

Archivé électroniquement et disponible en ligne sur :



www.ergonomie-self.org



<https://www.ebscohost.com/corporate-research/ergonomics-abstracts>

Texte original.*

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

Depuis l'arrivée des ergonomes au sein du Groupe PSA au début des années 2000, ces derniers sont parvenus à réduire fortement les contraintes bio énergétiques sur les sites de production. En effet, la proportion de postes « lourds » ou contraignants physiquement, toutes usines confondues, est passée de 29% en 2000, à 7% en 2015. De plus le Groupe s'est doté du PES ou « *PSA Excellent System* » afin d'améliorer sans cesse la qualité de ses produits et la productivité de ses équipes en suivant les principes du *Lean Manufacturing*, avancées on constate l'émergence de plaintes d'origine non physique de la part des opérateurs et de baisse de performances sur les chaînes de production. Ces phénomènes ne pouvant être expliqués par des facteurs physiques, la question est donc de savoir s'ils ne relevaient pas de facteurs de charge mentale.

Nous présentons ici une étude exploratoire qui permettra d'alimenter une recherche plus globale sur la charge mentale sur postes cycliques et répétitifs. Cette étude a pris la forme d'une intervention menée à la demande des responsables de fabrication en 2016 sur un poste de travail (poste de remplissage, voir plus bas) au sein de l'usine de montage de Sochaux. Il s'agissait donc dans un premier temps d'analyser l'activité réelle des opérateurs sous l'angle du modèle de Rasmussen (1979, 1982,

1987) sur les 3 modes de contrôle de l'activité (par des habiletés, des règles et des connaissances).

CONTEXTE DE L'INTERVENTION ET METHODOLOGIE

Le poste choisi : le remplissage

Le poste dit « de remplissage » consiste à brancher les tuyaux du moteur à une machine qui remplit les réceptacles des liquides de frein, de lave-vitres, de refroidisseur et du lave-projecteur. Une fois le remplissage lancé, les pièces posées (butées et couvercle) et les branchements effectués (câbles de la batterie et faisceaux) dans le compartiment moteur, l'opérateur passe à l'arrière d'un second véhicule où il doit :

- brancher le moteur lave-vitres,
- brancher les connecteurs pour le chauffage de la vitre arrière,
- brancher et/ou neutraliser (en l'introduisant dans un orifice neutre prévu à cet effet) les connecteurs d'amplificateur radio (CAR) si ces derniers sont présents,
- mettre en place une pièce de garniture différente en fonction du type de véhicule (break ou berline).

Enfin, l'opérateur retourne dans le compartiment moteur du premier véhicule où il déconnecte la machine de remplissage, effectue les derniers branchements et remet en place les bouchons des réceptacles.

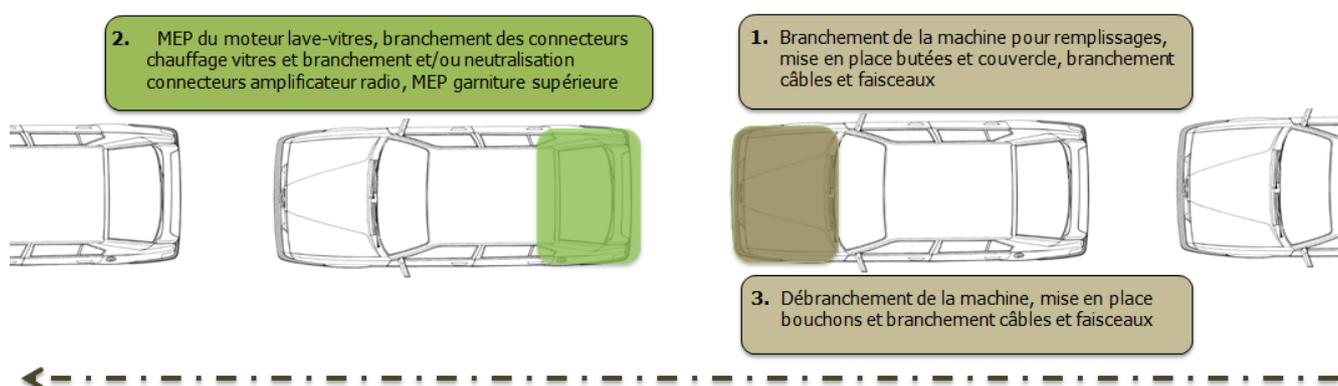


Figure 1. Représentation schématique du poste de remplissage et ses différentes zones de travail

Sur ce poste, les opérateurs sont fortement contraints par le cycle de remplissage imposé par l'installation. C'est d'ailleurs pour cela qu'ils travaillent sur un véhicule sur deux. De plus, ils effectuent un aller-retour entre le compartiment moteur d'un premier véhicule et le volet arrière d'un second (voir Figure 1 ci-dessus) tout en s'assurant du bon fonctionnement de la machine de remplissage qui présente parfois des pannes. Enfin, d'après *METEO*¹, le nombre d'informations à traiter par les opérateurs, dont certaines s'avèrent inutiles ou difficiles à détecter, serait à l'origine d'une surcharge cognitive sur le poste. De plus, sur les 26 opérations composant ce poste, 4 sont cotées comme lourdes.

La demande

L'anomalie pour laquelle le chef d'équipe nous a sollicités concernait un défaut de branchement des CAR. En effet il était fréquent que les opérateurs neutralisent les connecteurs et ce malgré la présence du boîtier. Un des chefs d'équipes avait tenté de mettre en place « la technique du scotch », consistant à coller un scotch venant des connecteurs sur les boîtiers agissant ainsi comme un rappel de la présence du boîtier aux opérateurs. Pourtant, le défaut de branchement des connecteurs persistait et il arrivait même que ces derniers soient neutralisés alors même que la technique du scotch avait été appliquée par l'opérateur.

Durant le mois d'avril 2016, le défaut de branchement des CAR a été découvert 13 fois dans les 3 équipes de production, occasionnant 551 secondes de retouche et entamant ainsi le quota de défauts tolérés par les fabricants. Chaque jour les équipes doivent faire moins de 7,5

défauts sans retouche possible. Ce défaut constitue donc une des priorités et une véritable énigme pour les responsables de production. Précisons que sur ces 13 cas de connecteurs non branchés, 11 concernaient un modèle spécifique : des véhicules breaks.

Les méthodes de recueil et d'analyse de données sur le poste

Nous avons observé huit opérateurs sur ce poste dans les trois équipes de production (2 équipes de jour et 1 équipe de nuit). Ce sont tous des hommes âgés entre 20 et 36 ans ($M=30,63$; $\sigma=4,97$). Parmi eux, trois sont permanents sur le poste et embauchés par PSA, deux sont des moniteurs (des opérateurs qui connaissent tous les postes et qui interviennent au sein de l'équipe en cas de problème, d'absentéisme et/ou manque de personnel) et trois sont intérimaires. Ils sont habilités pour tenir seul le poste depuis plus d'un mois.

Nous avons débuté notre analyse par une phase d'observations ouvertes, à raison de plusieurs heures d'observations par opérateur afin de caractériser les opérations sur le poste, d'appréhender l'activité réelle et en particuliers les aléas et la diversité. En parallèle, nous avons effectué une recherche documentaire sur la fréquence et localisation des défauts. Nous avons aussi recueilli des informations sur la tâche prescrite (standards de travail et données métriques du poste). Afin de mesurer l'impact de la diversité des opérations sur l'activité, nous avons également compté les sorties de pas² et/ou accélérations de rythme de travail chez les opérateurs en prenant en compte la présence de boîtiers et/ou de CAR et le type de véhicule (berline ou break). Ces premières données ont été complétées par des entretiens informels avec le concepteur

¹ L'outil *METEO* ou Méthode d'Évaluation du Travail Et de l'Organisation, a été mis au point chez PSA et indique les cotations du poste et des opérations au facteur A, mesurant la charge physique (en fonction de l'effort et de son maintien, des postures et dans une moindre mesure des contraintes cognitives et organisationnelles) et au facteur B,

évaluant les contraintes en termes de traitement de l'information.

² Chaque opérateur dispose d'un pas ou zone de travail prédéfini en fonction du temps nécessaire pour effectuer ses opérations. Lorsqu'il sort de son pas, cela indique soit qu'il ne dispose pas d'assez de temps pour effectuer toutes ses opérations soit qu'il subit un aléa sur le poste de travail.

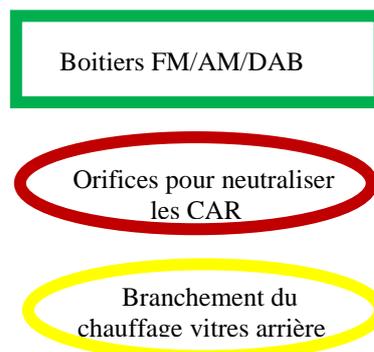
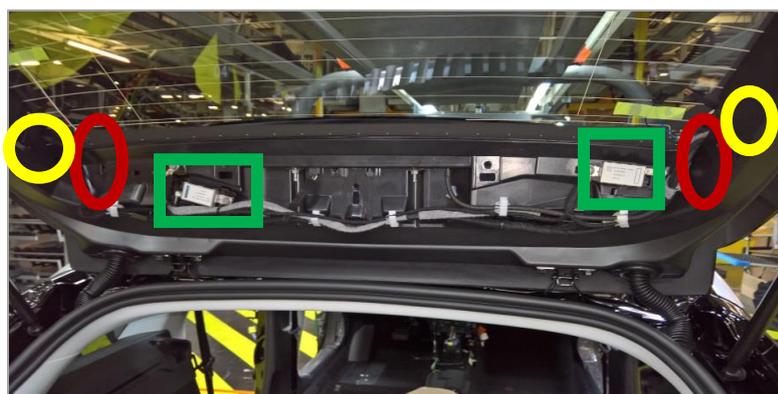


Figure 2. Configuration de l'opération de branchement/neutralisation des CAR

du poste de travail en charge de l'équilibrage (empilage des opérations qui constituent le poste), les chefs d'équipes, et les opérateurs.

RESULTATS

L'opération de branchement des CAR sur les boîtiers

Lorsque l'opérateur arrive devant le volet arrière du véhicule, deux types de branchements sont à réaliser : le branchement des CAR (si il y a lieu) et le branchement du chauffage vitre arrière qui est systématique (voir Figure 2 ci-dessus). Or concernant le branchement des CAR, l'opérateur doit détecter la présence de connecteurs et/ou de boîtiers et agir en conséquence. Il y a plusieurs situations possibles :

- soit il n'y a pas de CAR (40% des cas) ;
- soit il y a 3 CAR à neutraliser sur les côtés (34% des cas) ;
- soit il y a 2 CAR à brancher sur les boîtiers et 1 CAR à neutraliser sur le côté (23% des cas) ;
- soit il y a 3 CAR à brancher sur les boîtiers et 1 CAR à neutraliser sur le côté (3% des cas).

De plus, étant donnée la configuration du poste de travail, l'opérateur ne sait pas quels branchements il doit effectuer avant d'arriver devant le volet, ce qui empêche toute anticipation de l'activité.

Par ailleurs nous avons constaté que sur les berlines, les supports des boîtiers recouvrent l'orifice dans lequel les opérateurs viennent habituellement

neutraliser les connecteurs. Ceux-ci ne peuvent donc pas être neutralisés au lieu d'être connectés.

Les véhicules breaks avec des boîtiers DAB/AM/FM présentent plus de difficultés que les autres véhicules pour les opérateurs observés ($N=4$, 91 cycles de travail) :

- ils représentent 23% des situations où les opérateurs demandent de l'aide alors qu'ils sont rares (4,4% des véhicules observés)
- ils représentent également 13% des situations où les opérateurs accélèrent leur rythme et/ou sortent de leur pas de travail.

Un test de Khi2 nous a révélé que ces différences étaient significatives pour les appels à l'aide ($\chi^2(5, N=91) = 12,093$; $p=0,034$) mais pas pour les accélérations de rythme de travail et/ou sorties de pas ($\chi^2(5, N=91) = 5,736$; $p=0,333$).

Pourquoi les opérateurs oublient-ils de brancher les connecteurs ?

Les automatismes prennent le pas sur l'activité ?

Dans 74% des cas, les branchements et/ou inhibitions des CAR ont lieu uniquement sur les côtés du volet au même titre que le branchement du chauffage des lunettes arrière qui lui est systématique. Un opérateur effectue chaque jour environ 1400 branchements ou inhibitions sur les côtés des volets arrière contre seulement 200 branchements de CAR au centre du volet. Il aurait donc plus tendance à suivre le mode opératoire le plus courant.

De plus, l'opérateur doit détecter la présence de boîtiers et/ou de connecteurs avant de les brancher et/ou de les neutraliser. Cette opération, ne fait pas appel à un raisonnement binaire ou « tout ou rien » mais bien à un raisonnement par règles « si...alors ... ». Le branchement des CAR souffre donc de ne pouvoir être totalement automatisé. Or dans un contexte où les cadences sont élevées (près de 50 véhicules produits par heure) et par cela les contraintes de temps exacerbées, un certain niveau d'automatisation de l'activité des monteurs est une condition *sine qua non* du maintien de la performance et de la santé.

Contraintes temporelle et synoptique pour contrôler les branchements ?

L'opérateur qui met en place les connecteurs est le même que celui qui pose la garniture masquant la partie supérieure du volet. Ce dernier dispose donc de très peu de temps pour contrôler et/ou modifier les branchements. Une fois l'erreur commise, elle aura peu de chances d'être détectée avant la fin de la ligne.

Impossibilité d'anticiper le type de branchement des CAR ?

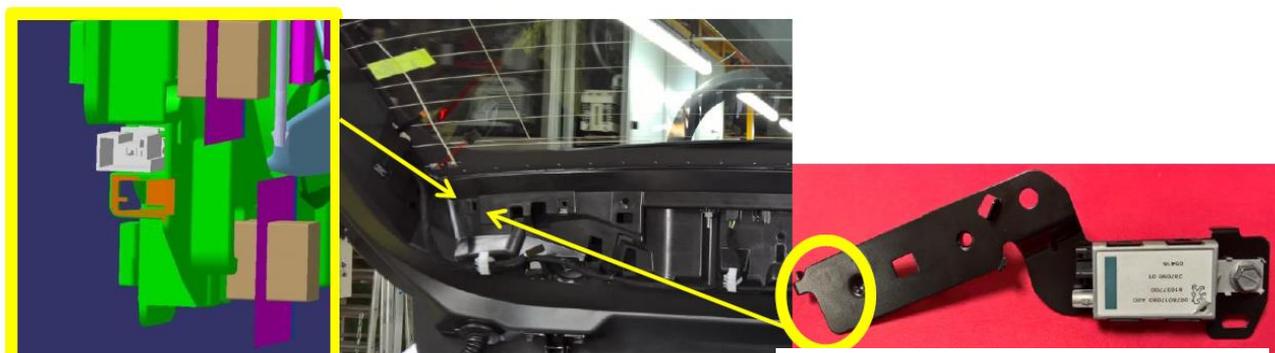
Tel qu'indiqué plus haut, les opérateurs n'ont pas la possibilité d'anticiper cette opération, puisqu'aucun support d'information ne leur indique en amont quel type de branchement ils auront à effectuer.

Distraction par l'effort inhabituel du branchement des CAR sur les breaks ?

Enfin, les opérateurs interrogés nous révèlent que le branchement des CAR sur les breaks est particulièrement laborieux en raison de la position du boîtier qui les oblige à tirer le fil des connecteurs et à adopter une posture inconfortable.

Les préconisations

Forts de ces observations, il a été décidé de mettre en place des indices physiques permettant de guider l'activité de l'opérateur. La solution la moins coûteuse est que le support du boîtier (voir Figure 3 ci-dessus, à droite) soit inséré à l'endroit où les connecteurs sont neutralisés (voir Figure 4 ci-dessus, à gauche). Ainsi en présence du boîtier, l'opérateur verra toute tentative de neutralisation des connecteurs échouée, son chemin étant barré par le support du boîtier. Notre recommandation ayant été acceptée par les responsables de production et les concepteurs des produits chez PSA, les orifices accueillant les supports des boîtiers DAB/FM/AM ont été modifiés. Cette préconisation est toujours en vigueur sur la ligne.



Modélisation 3D de l'emplacement où les connecteurs sont neutralisés

Support du boîtier AM/FM/DAB

Figure 3. Nouvelle configuration du volet arrière

DISCUSSION

Dans le modèle *Skill Rule Knowledge* (SKR) de Rasmussen (1979, 1982, 1987), l'auteur définit trois niveaux de traitement de l'information en fonction du degré de contrôle exercé par l'individu sur son activité. Dans le cas d'un traitement de l'information basé sur les compétences, l'opérateur agit par automatisme et n'exerce que peu de contrôle sur la situation. Ce type de traitement permet d'être très performant dans son activité tout en limitant la charge cognitive induite par la tâche effectuée. Dans le cas du traitement de l'information basé sur des règles, une séquence d'actions est déclenchée par la présence d'une situation ou d'un élément particulier qui ne rentre pas dans le répertoire comportemental automatisé. Cependant ce type de traitement requiert un contrôle attentionnel, ici l'identification du type de branchement, augmentant ainsi la charge cognitive.

Dans notre exemple, il semblerait que l'information concernant le branchement des CAR aurait mérité un traitement basé sur les règles (par exemple, « si il y a deux boîtiers, alors je branche deux connecteurs et je neutralise le troisième »). Or les contraintes de temps et les informations à traiter sont telles que les opérateurs n'ont d'autres choix que d'automatiser leur activité, maintenant ainsi la charge cognitive induite par l'activité à un niveau acceptable (Leplat, 2005). Le traitement de l'information basé sur des automatismes, plus économique sur le plan cognitif, est donc privilégié sur les lignes de production, quitte à générer des défauts. Ce type d'erreurs est qualifiée de « *strong but wrong rule failures* » qui s'apparenterait à une prise de contrôle de l'activité par les automatismes (Reason, 1990 ; Embrey, 2005). D'autres auteurs parlent de défaut d'attention et mettent en scène, non sans humour, cette tendance du cerveau humain à inhiber certains signaux (expérience sur « l'évènement incongru » de Simons & Chabris en 1999).

Dans notre étude, nous faisons donc l'hypothèse que la charge cognitive sur les postes de travail serait en partie à l'origine des dégradations de la performance et de risque pour la santé des opérateurs. Ainsi afin de réduire le risque d'erreur sur le poste de remplissage, nous avons choisi de guider physiquement l'opération de branchement des CAR. Dans la nouvelle configuration du volet arrière, les règles sont portées par les objets et ne nécessitent plus un traitement autre que perceptif (Norman & Zhang, 1994 ; Zhang, 1997). De cette façon les opérateurs peuvent mettre en place des automatismes sans générer de défauts de montage.

CONCLUSION

Aucune activité manuelle ou motrice n'est jamais purement physique ; il y a toujours une part cognitive d'analyse et de contrôle. Si elle entend participer à l'amélioration de la performance des opérateurs tout en maintenant leur santé, l'ergonomie industrielle se doit de considérer l'impact des facteurs de charge cognitive sur les activités cycliques et répétitives. Ainsi l'analyse des caractéristiques du branchement des CAR, a orienté nos recommandations vers une nouvelle configuration.

Cette intervention ne constitue que les prémices d'une recherche de plus grande ampleur sur la charge mentale chez les opérateurs de PSA et une première façon de se familiariser avec les particularités du fonctionnement du montage. Il nous reste notamment à mesurer l'impact de nos préconisations sur la performance des opérateurs sur le poste de remplissage.

En parallèle des outils de mesure de la charge mentale chez les opérateurs seront mis en place. Par ailleurs, l'objectif ultime de nos travaux est d'augmenter les modèles de conception des postes de travail utilisés actuellement, en y intégrant les facteurs de charge mentale identifiés.

Pour se faire, nous prévoyons d'analyser finement et de façon systématique plusieurs postes de travail. Enfin, même si cela n'a

pas pu être abordé lors de cette intervention, le ressenti des opérateurs, variable incontournable de la charge mentale, sera évalué à l'aide d'une échelle subjective construite pour cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

Embrey, D. (2005). Understanding human behaviour and error. *Human Reliability Associates, 1*, 1-10.

Leplat, J. (2005). Les automatismes dans l'activité: pour une réhabilitation et un bon usage. *Activités, 2*.

Morais, A., & Aubineau, R. (2012). Articulation entre l'ergonomie et le lean manufacturing chez PSA. *Activités, 9*(9-2).

Norman, D. A. (1981). Categorization of action slips. *Psychological review, 88*(1), 1.

Rasmussen, J. (1979). On the structure of knowledge-a morphology of metal models in a man-machine system context (No.

RISOE-M-2192). RISOE NATIONAL LAB ROSKILDE (DENMARK).

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. (1987). The Definition of Human Error and a Taxonomy for Technical System Design. In *New Technology and Human Error*. Wiley.

Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge : New York : Cambridge University Press. 1990, cop. 1990.

Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception, 28*(9), 1059-1074.

Zhang, J., & Norman, D. A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive science, 18*(1), 87-12