



AUTOMATION MYTH BUSTING SERIES



German Centre for
Rail Traffic Research at the



Federal Railway Authority

MYTHE D'AUTOMATISATION # 3

L'automatisation facilite la tâche (et améliore donc les performances)

Automatisation et charge de travail mentale : Pourquoi il est important de trouver un juste équilibre

RÉCAPITULATIF

Il est facile de supposer que l'introduction de l'automatisation dans une tâche réduirait la charge de travail mentale de l'opérateur. En effet, s'il en fait moins, la tâche doit être plus facile. Il est également intuitif qu'une tâche plus facile soit accomplie plus efficacement. Toutefois, aucune de ces hypothèses n'est nécessairement vraie. Paradoxalement, l'automatisation peut à la fois augmenter et réduire la charge de travail mentale, en fonction des circonstances. En outre, la diminution de la charge de travail peut effectivement placer un opérateur dans un état de sous-charge, ce qui est tout aussi mauvais pour les performances que la surcharge. Nous avons tiré ces enseignements dans l'aviation et, plus récemment, dans l'industrie automobile; comme le montrent les rapports d'accidents, nous commençons à voir leur incidence sur le chemin de fer avec l'introduction de l'exploitation automatique des trains et d'autres systèmes automatisés. La clé pour aider un opérateur à travailler au mieux est de trouver un moyen d'optimiser sa charge de travail mentale, ce qui peut impliquer de penser différemment à l'automatisation.

AUTEUR

Dr Mark Young

est inspecteur du service britannique d'enquête sur les accidents ferroviaires. Il travaille dans le domaine des facteurs humains depuis plus de 25 ans, et publie beaucoup à propos des effets de l'automatisation sur la charge de travail mentale.

mark.young@raib.gov.uk

INTRO

Photo de la scène : c'est l'avenir non lointain et vous conduisez votre voiture neuve, qui a été équipée de toutes les dernières fonctionnalités de « pilote automatique », ce qui lui permet à la fois de se diriger et de contrôler sa vitesse. C'est la première fois que vous prenez la voiture pour un véhicule, et vous décidez d'essayer ces caractéristiques sur un tronçon d'autoroute. Vous mettez la voiture à la vitesse autorisée, appuyez sur le bouton « pilote automatique » et voilà! — la voiture est à présent maîtrisée. Semble-t-il facile, juste ? Vous pouvez simplement vous détendre et profiter du trajet.

Mais vous êtes un conducteur consciencieux, vous avez lu le manuel d'utilisation du système de pilotage automatique, et vous savez parfaitement que vous avez toujours la responsabilité de « conduire » en toute sécurité, même lorsque ce système est engagé. Vous ne pouvez pas enlever les mains du volant car, si vous le faites, la voiture déclenchera une alarme et menacera de désactiver le pilote automatique. Si vous regardez loin de la route, le système de surveillance du conducteur le détectera et, une fois de plus, déclenchera l'alarme. Pendant tout le temps, vous devez être attentif à toute situation que le pilote automatique n'est pas conçu pour gérer et être prêt à prendre le contrôle à un moment donné.

Tout cela commence à faire entrevoir beaucoup plus de difficultés que vous ne l'avez pensé. Vous devez être un conducteur attentif sans avoir effectivement le contrôle du véhicule. Étonnamment, cela se ressent plus difficile que de conduire soi-même la voiture. Mais c'est encore plus compliqué que cela, parce que en plus de regarder la route, vous devez aussi attentivement regarder le système de pilotage automatique pour

comprendre ce qu'il fait et détecter quand il pourrait vous demander de prendre le relais. C'est un combat, car l'interface ne vous donne pas beaucoup d'indications sur ce que le système est en train de « penser » : il n'y a qu'une petite icône pour vous dire qu'il est engagé.

Alors que vous essayez de maîtriser tout cela, une autre voiture passe soudainement devant la vôtre et freine brusquement, en vue de la sortie de l'autoroute qui vient d'émerger. Le pilote automatique de votre voiture ne pouvant pas y faire face, il déclenche les alarmes. Il y a un moment de confusion dans votre tête avant de vous rendre compte de ce qui se passe ; instinctivement, vous appuyez fortement sur les freins et parvenez à éviter la collision avec cette voiture passée devant. Votre rythme cardiaque et votre niveau de stress ont rapidement augmenté, et vous décidez de suivre la voiture en infraction hors de l'autoroute pour vous arrêter et récupérer votre souffle.

AUTOMATISATION ET CHARGE DE TRAVAIL MENTALE

Bien sûr, le scénario ci-dessus est hypothétique, mais il n'est pas tout à fait irréaliste. En effet, l'hypothèse populaire selon laquelle l'automatisation facilitera la tâche (et, par conséquent, fera mieux) n'est pas nécessairement vraie lorsque nous comptons toujours sur une personne en tant qu'opérateur de secours — et nous attendons de cette personne qu'elle soit une solution de repli fiable et attentive. Si l'opérateur décide de ne pas être aussi attentif, ce qui peut réduire sa charge de travail, la performance risque de souffrir encore plus lorsqu'il devra reprendre le contrôle à la place du système automatisé.

Paradoxalement donc, l'automatisation peut à la fois augmenter et réduire la charge de travail mentale, même dans le cadre d'une même tâche. Différents aspects de la tâche peuvent imposer respectivement une sous-charge ou une surcharge — l'expérience des autopilotes dans les avions commerciaux montre que les activités hautement automatisées telles que les vols de croisière peuvent entraîner une sous-charge, tandis que les opérations plus critiques de décollage et d'atterrissage peuvent entraîner une surcharge (Endsley, 2015). Il est également prouvé que l'automatisation modifie la nature de la tâche (Metzger & Parasuraman, 2005) et impose des exigences qualitativement différentes selon les étapes du traitement de l'information humaine, ce qui peut entraîner une augmentation ou une diminution de la charge de travail associée à la perception, à la prise de décision ou à la réaction (Wickens et al., 2015).

Cette situation résulte en grande partie des capacités de la technologie de l'automatisation, car elle n'est pas en mesure de libérer complètement la tâche de l'humain. Elle rend souvent les tâches faciles plus faciles, et les tâches difficiles plus difficiles : situation qui a été qualifiée d'« automatisation maladroite » (Lee & Seppelt, 2012). Nous savons depuis des décennies de recherches sur les facteurs humains que la sous-charge et la surcharge nuisent aux performances (par exemple, Young et al., 2015).

Une sous-charge peut se produire chez un opérateur confronté à des exigences mentales excessivement faibles, mais pas totalement nulles, par exemple lors de la surveillance d'un système automatisé. Ce qui se passe dans cette situation, c'est que l'attention de l'opérateur commence à se dégrader, de sorte que sa capacité à faire face à quelque chose d'inhabituel est réduite (Young & Stanton, 2002). Cette conséquence de la sous-charge apparaît alors en réalité lorsqu'il y a une augmentation soudaine de la demande — telle que la situation d'urgence à laquelle est confronté notre conducteur hypothétique — et cette exigence dépasse désormais la capacité réduite de l'opérateur à faire face. La réduction de la charge de travail n'est donc pas nécessairement une bonne chose si l'on attend de la personne qu'elle reste attentive et alertée.

À l'autre extrémité de l'échelle, une surcharge peut découler des interactions de l'opérateur avec l'automatisation et du fait qu'elle ajoute une nouvelle dimension à la tâche. Par rapport au contrôle manuel de la tâche, l'automatisation accroît la complexité, impose à l'opérateur d'intégrer et d'interpréter de nouvelles informations (Lee & Seppelt, 2012) et impose une nouvelle série de demandes de surveillance. Étonnamment, cette tâche de surveillance génère en réalité une charge de travail élevée pour un opérateur vigilant (Warm et al., 1996) et est difficile à supporter pendant des périodes prolongées. En outre, une approche « maladroite » de l'automatisation partielle des tâches peut laisser à l'opérateur humain un ensemble incohérent de tâches à prendre en charge, ce qui peut également accroître la charge de travail mentale (Stanton et al., 2021).

Tout cela plaide en faveur de l'idée que la charge de travail mentale humaine devrait être optimisée afin d'obtenir les meilleurs résultats (Young et al., 2015) — ni trop élevée ni trop faible (voir figure 1). Pour éviter à la fois la surcharge et la sous-charge, l'automatisation doit être plus intelligente en travaillant avec l'opérateur dans le cadre d'une même équipe (Reinartz, 1993). Avec une automatisation accrue au cœur de l'exploitation des trains, de la signalisation, etc., il s'agit d'un problème dont l'industrie ferroviaire doit tenir compte, comme le montrent des études de cas récentes.

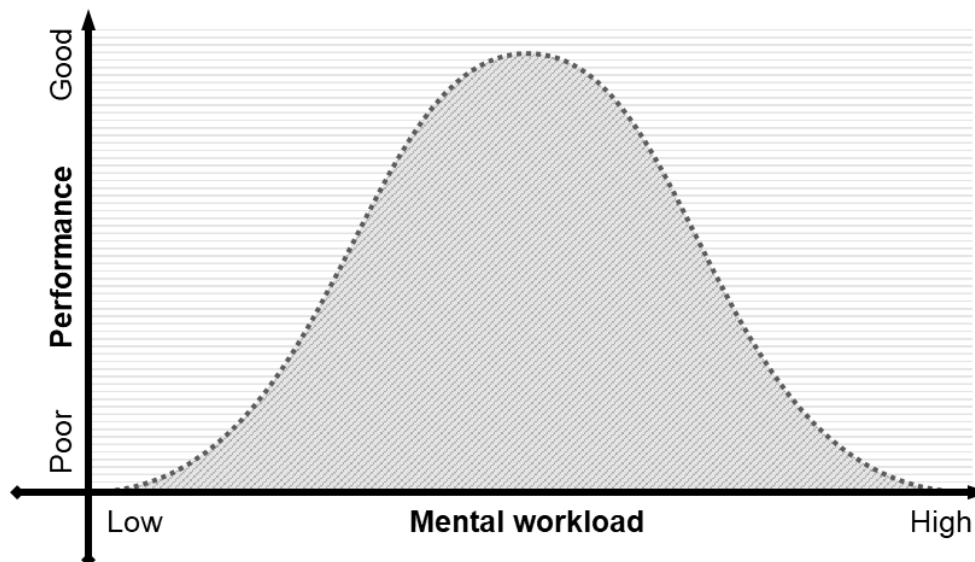


Fig.1 : Relation en « U-inversé » entre la charge de travail mentale et les performances (adapté de Young et al., 2015)

INCIDENTS FERROVIAIRES IMPLIQUANT UNE CHARGE DE TRAVAIL MENTALE AVEC AUTOMATISATION

L'après-midi du 31 janvier 2018, un passager s'est retrouvé piégé dans les portes fermées d'un train souterrain de Londres au départ de la gare de Notting Hill Gate, dans l'ouest de Londres (RAIB, 2018). Il a été traîné le long du quai et sur environ 15 mètres dans le tunnel, ce qui a entraîné de graves blessures.

Sept mois plus tard, le 1 septembre 2018, un autre train souterrain de Londres a voyagé entre Finchley Road et West Hampstead avec les portes ouvertes faces à dix passagers (RAIB, 2019). Bien que personne ne soit tombé hors du train, ni blessé, le train comptait environ 30 passagers à bord et a atteint une vitesse maximale de 62 km/h au cours du trajet de 56 secondes entre les deux gares.

Ces deux trains fonctionnaient en mode d'exploitation automatique des trains (ATO), dans le cadre de laquelle l'opérateur en cabine effectuait les tâches en gare, tandis que le train passait automatiquement d'une gare à l'autre. Entre les gares, les opérateurs se contentent de surveiller le train et la voie, tandis que leur tâche dans les gares consiste à faire fonctionner les portes, à surveiller les passagers qui entrent et sortent, et à démarrer le train : une tâche très répétitive. Les rapports d'enquête relatifs aux deux incidents ont révélé que l'ATO avait joué un rôle clé dans l'analyse des causes, les opérateurs semblant être affectés, dans chaque cas, par une sous-charge mentale.

À Notting Hill Gate, l'opérateur n'avait pas conscience du passager piégé avant d'amorcer le départ du train. Cela était en partie probable en raison de la nature de la tâche, ce qui l'a conduit à ne pas traiter consciemment les informations disponibles. Le système ATO a présenté à l'opérateur une charge de travail relativement faible et des actions répétitives aux arrêts en gare ; ce qui peut induire un mode de réponse cognitif de type automatique, ce qui réduit l'attention. Tant que la tâche est cohérente (c'est-à-dire que rien n'est erroné), l'opérateur l'exécute rapidement et (apparemment) efficacement. Toutefois, lorsque la situation change et qu'il y a un événement critique (comme c'est le cas en l'espèce), l'attention réduite rend l'opérateur vulnérable à ne pas traiter l'information vitale, et donc à ignorer le passager piégé.

L'opérateur de conduite à Finchley Road a également été touché par une sous-charge mentale. Un défaut de porte à la gare présentait une situation imprévue, entraînant une augmentation soudaine de la charge de travail de l'opérateur après une longue période de sous-charge potentielle. En conséquence, l'opérateur

n'avait pas conscience des portes ouvertes et a fini par contourner le verrouillage de la porte, afin de faire démarrer le train. Le rapport a mis en évidence un éventuel facteur sous-jacent dans la formation des opérateurs de conduite, qui « ne les prépare pas de manière adéquate à gérer l'augmentation soudaine de la charge de travail due à la nécessité de faire face aux défaillances, sous contrainte de temps, sur les trains circulant en mode automatique ».

Les recommandations de ces rapports d'enquête demandent d'aider les opérateurs de conduite dans ces circonstances à rester attentifs, et à faire face à une forte transition entre une charge de travail faible et une charge de travail élevée. Des stratégies telles que alterner avec un contrôle manuel durant la tâche peuvent contribuer à optimiser la charge de travail et à compenser l'impact de la sous-charge.

CONCLUSION

L'automatisation a souvent pour but de réduire la charge de travail mentale, avec l'hypothèse qu'une tâche plus facile est préférable pour l'opérateur humain. Mais ce n'est pas nécessairement le cas : la sous-charge est tout aussi mauvaise pour les performances humaines que la surcharge et, par ailleurs, dans certains cas, l'automatisation peut en fait augmenter la charge de travail. Tant qu'on attend d'un opérateur humain qu'il joue un rôle dans un système automatisé, il est préférable de concevoir le système de manière à optimiser sa charge de travail.

RÉFÉRENCES

- Endsley, M. R. (2015). *Autonomous horizons: System autonomy in the Air Force – a path to the future. Volume I: Human-autonomy teaming*. (Report no. AF/ST TR 15-01). United States Air Force Office of the Chief Scientist.
- Lee, J. D. & Seppelt, B. D. (2012). Human factors and ergonomics in automation design. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics, Fourth Edition* (pp. 1615-1642). Hoboken, NJ: Wiley.
- Metzger, U. & Parasuraman, R. (2005). Automation in future air traffic management: Effects of decision aid reliability on controller performance and mental workload. *Human Factors*, 47(1), 35-49.
- RAIB (2018). *Passenger trapped and dragged at Notting Hill Gate station, 31 January 2018*. (Report no. 14/2018). Derby: Rail Accident Investigation Branch.
- RAIB (2019). *Train travelling with doors open on the Jubilee line, 1 September 2018*. (Report no. 06/2019). Derby: Rail Accident Investigation Branch.
- Reinartz, S. J. (1993). Information requirements to support operator-automatic cooperation. *Human Factors in Nuclear Safety Conference*, London.
- Stanton, N. A., Revell, K. M. A. & Langdon, P. (2021). *Designing Interaction and Interfaces for Automated Vehicles: User-Centred Ecological Design and Testing*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Warm, J. S., Dember, W. N. & Hancock, P. A. (1996). Vigilance and workload in automated systems. In R. Parasuraman & M. Mouloua (Eds.), *Automation and Human Performance: Theory and Applications*. (pp. 183-200). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wickens, C. D., Sebok, A., Li, H., Sarter, N. & Gacy, A. M. (2015). Using modelling and simulation to predict operator performance and automation-induced complacency with robotic automation: A case study and empirical validation. *Human Factors*, 57(6), 959-975.
- 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.
- Young, M. S. & Stanton, N. A. (2002). Malleable attentional resources theory: A new explanation for the effects of mental underload on performance. *Human Factors*, 44(3), 365-375.