



HAL
open science

Le partage de conscience de situation est un lien de fragilité cognitive

Baptiste Prébot

► **To cite this version:**

Baptiste Prébot. Le partage de conscience de situation est un lien de fragilité cognitive. Bernard Claverie; Baptiste Prébot; François du Cluzel. Cognitive Warfare, La guerre cognitive, NATO Collaboration Support Office, pp.10, 1-7, 2021, 978-98-837-2368-4. hal-03425094

HAL Id: hal-03425094

<https://hal.science/hal-03425094>

Submitted on 10 Nov 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.

Copyright



COGNITIVE WARFARE LA GUERRE COGNITIQUE

*Première réunion scientifique Cognitive Warfare
Bordeaux (FR) - 21 juin 2021*

Sous la direction scientifique de : B. CLAVERIE, B. PRÉBOT ET F. DU CLUZEL.



*Journée organisée par l'Innovation Hub de NATO-ACT et l'ENSC,
avec le soutien de l'État-Major des Armées (FR – Major Général),
du NATO-CSO et de la Région Nouvelle Aquitaine.*

Ouvrage publié par le CSO - Neuilly (France) © édition 2021

Chapitre 10 – LE PARTAGE DE CONSCIENCE DE SITUATION EST UN LIEN DE FRAGILITE COGNITIVE¹

Baptiste Prébot²

« *Savoir ce que pense l'autre de la situation afin d'en partager
la même conscience est au fondement de la collaboration.* »

Construire et maintenir une conscience de situation commune est l'une des activités cognitives les plus difficiles auxquelles sont confrontés les partenaires d'une équipe. C'est aussi l'un des lieux de fragilité du travail d'équipe ou en réseau. À l'échelle individuelle comme collective, la représentation est au cœur du processus cognitif de prise de décision. Le partage d'une compréhension commune de la situation, c'est-à-dire similaire entre coéquipiers, est nécessaire à la cohérence de la décision.

La conscience de situation et son partage, sont particulièrement sensibles aux influences contextuelles, et il convient d'apporter toute l'aide technologique nécessaire, tant en ce qui concerne sa facilitation que sa sécurisation dans l'encadrement de l'erreur potentielle.

Ce partenariat peut être cible du *cognitive warfare*. Il s'agit, pour des attaquants, d'influencer la représentation individuelle en agissant sur tous les moyens de partage de celles-ci, qu'ils soient technologiques ou sociaux. Face à une menace d'influence ou de manipulation, le défenseur doit traiter ce risque et faciliter les conditions de la robustesse du partage de conscience de situation.

10.1 LA CONSCIENCE DE LA SITUATION

On entend par « conscience de situation » (*Situation Awareness (SA)*) la résultante de l'ensemble des processus cognitifs qui concourent à la « représentation qu'un individu se fait de la situation dans laquelle il est impliqué » (Nofi, 2000). Ces 30 dernières années, son évaluation s'est imposée comme incontournable dans l'étude des environnements opérationnels complexes, notamment en matière militaire. Issue des études d'accidentologie de la fin des années 1980 (Foushee et Helmreich, 1988), la notion de conscience de situation est devenue un sujet de préoccupation dans des contextes de formation, de conception et d'opération (Buchler et al., 2016 ; Chen et al., 2016 ; Endsley, 2004 ; Endsley et al., 2003 ; Salas et al., 1997). Sa place centrale dans le processus de prise de décision, des opérateurs, que ce soit au niveau individuel ou à celui d'une équipe, fait de son évaluation un élément clé dans la prédiction de la performance.

Alors que la technologie devient de plus en plus personnalisable, l'attention s'est orientée vers des moyens d'évaluation en temps réel de l'état cognitif des utilisateurs ou des équipes. Le but est notamment d'offrir des systèmes d'information aux commandeurs d'opérations comme aux opérateurs eux-mêmes. À terme, on envisage des systèmes d'aide technique dotés de capacités de réaction automatique pour pallier les états de défaut de conscience de situation de l'utilisateur qui présenteraient des risques pour la performance. Par exemple, on a pu montrer que dans des systèmes d'enseignement adaptatifs, certaines mesures en temps réel permettent de surveiller et de garantir un état optimal pour l'apprentissage, en mesurant et en ajustant par

¹ Texte additionnel fourni aux participants.

² Baptiste Prébot est ingénieur diplômé de l'Ecole Nationale Supérieure de Cognitique de l'Institut Polytechnique de Bordeaux (France), et docteur de l'Université de Bordeaux en ingénierie cognitive. Il est professeur assistant (ATER) à l'ENSC et chercheur dans l'UMR5218, unité mixte de recherche du CNRS, de l'Université de Bordeaux, de Bordeaux INP. Il a soutenu sa thèse en 2019 au sein de l'Ecole doctorale des Sciences Physiques et de l'Ingénieur (ED-209). Sur la conscience de situation partagée dans les activités de C2.

exemple en continu le niveau de sollicitation attentionnelle (Carneiro et al., 2016 ; Szafir et Mutlu, 2012). Dans des contextes opérationnels militaires ou lorsque certains experts gèrent des systèmes de décision complexes, ce type de mesures en continu permet de soulager les utilisateurs en adaptant le niveau d'automatisation et le mode d'interaction ou de communication (Scerbo, 1996).

Les méthodes sont conçues pour détecter ce qui est erroné dans la représentation que les individus font d'une situation donnée. Elles se sont jusqu'ici plus centrées sur l'exactitude de la conscience de situation que sur la rapidité avec laquelle elle est acquise. Les méthodes ont donc été plus qualitatives que quantitatives. En effet, selon les auteurs du domaine (Endsley et al., 2003), la conscience de situation est avant tout une construction cognitive dont l'évaluation demande un accès déclaratif à son contenu. De ce fait, la mesure a recours à la verbalisation, la rendant inévitablement tardive (*ex post facto*) et nécessairement subjective et partielle. À mesure que l'environnement évolue, la conscience de situation est reconstruite, soumise à un processus continu de mise à jour pour intégrer de nouveaux événements et aux aléas de la mémoire. Des nouvelles informations et de nouveaux objectifs émergent avec le temps. La conscience de situation est donc dynamique (Hjelmfelt et Pokrant, 1998 ; Nofi, 2000) et constitue une structure en constante évolution. Les techniques d'évaluation classiques de la psychologie ou de l'ergonomie restent incapables de traduire cette nature dynamique hors de la verbalisation, et donc de la décontextualisation des sujets interrogés (Stanton et al., 2017). Par ailleurs, en cas de problème, cette évaluation arrive trop tard.

Les évaluations temporelles en temps réel sont donc souhaitables, notamment pour savoir quand adapter les comportements ou les interfaces, réagir et intervenir lorsque la situation devient critique, ou déclencher immédiatement les aides artificielles par des moyens d'augmentation cognitive, voire de substitution en cas de dépassement. Dans le cas d'une équipe d'opérateurs, cette évaluation continue de la conscience de situation est indispensable pour déterminer quand la performance de l'équipe risque souffrir de différences de compréhension ou de représentation. Plusieurs auteurs s'accordent à penser que l'élaboration de mesures objectives de la conscience de situation, non intrusives et en temps réel, est une étape logique et nécessaire des systèmes opérationnels de demain (De Winter et al., 2019 ; Nofi, 2000).

Néanmoins, mettre en relation des indices objectifs, mesurables sans délai, avec des contenus subjectifs dont on n'a connaissance qu'à posteriori n'est pas chose simple. Pour répondre à cette nécessité de mesure objective de la conscience de situation pour des systèmes de surveillance et de prise de décision, les chercheurs se sont intéressés à un phénomène qui caractérise plusieurs opérateurs travaillant sur une même tâche : le processus de synchronie des consciences de situation (*SA Synchrony*).

10.2 SYNCHRONIE COGNITIVE

La représentation de la situation dépend de la perception et de l'interprétation continue des éléments de l'environnement (Salas et al., 1995). Dans le contexte *Human-Autonomy Teaming* (HAT) des systèmes collaboratifs adaptatifs, aussi bien utilisés en formation qu'en situation opérationnelle, un des besoins est celui de la connaissance en temps réel de l'état de l'opérateur. L'évaluation des modifications temporelles de la conscience de situation (dynamique de la SA) (Adams et al., 1995 ; Ziemke et al., 2017), dans le cas de la collaboration, permet de savoir quand et pendant combien de temps les SA sont (ou ne sont pas) synchronisées. Évaluer ce partage permet de prévenir l'erreur humaine et sa documentation à des fins de Retex et de formation des équipes et équipages.

La mesure de la conscience de situation repose sur le concept de similarité. Celui-là est à examiner vis-à-vis de la réalité, il s'agit alors de l' « exactitude », soit vis-à-vis d'un autre individu, et on parle alors de « similarité ». La synchronie des consciences de situation correspond à l'apparition temporelle de cette similarité, et sa mesure est un indicateur de sa dynamique et du degré de partage de conscience de situation. La mesure de la synchronie s'appuie sur l'estimation de la connaissance ou non d'éléments d'information par les individus de l'équipe. Selon le modèle d'Endsley (1995), la construction d'une conscience de situation

partagée découle de la perception et de l'intégration similaire des « bons » éléments situationnels par les coéquipiers ; les « éléments de connaissance nécessaires » (*Necessary Knowledge Elements (NKE)*) (Cain et Schuster, 2016). On peut donc considérer les « éléments de connaissance partagée nécessaires » (*Necessary Shared Knowledge Elements (NSKE)*), qui définissent les éléments d'information dont la connaissance est nécessaire à plusieurs membres d'une équipe pour accomplir une partie collaborative de leurs tâches, ou « *Shared SA Requirements* » (Endsley et Jones, 2001).

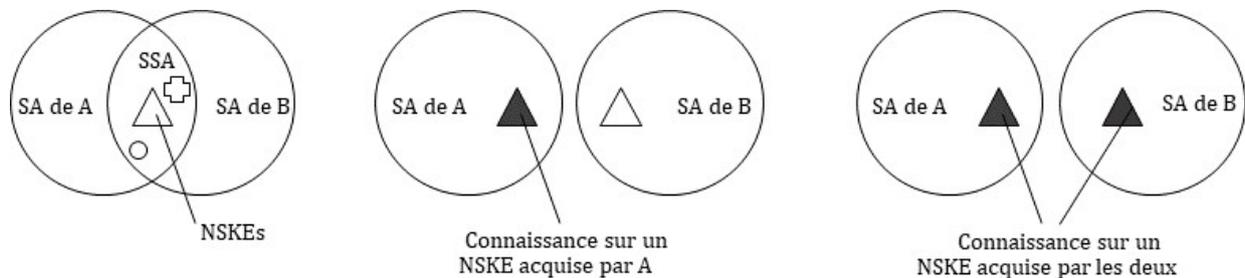


Figure 10-1 : Illustration des trois états de connaissance possible sur un élément de connaissance partagée nécessaire (*Necessary Shared Knowledge Elements (NSKE)*). Soit aucun des deux coéquipiers ne possède une connaissance à jour sur l'élément (schéma de gauche), soit l'un la possède et pas l'autre (schéma central), ou soit les deux sont à jour et partagent la connaissance de ce NSKE (schéma de droite).

Tous ces éléments de connaissance dépendent de l'interconnexion des tâches des individus, ils sont donc préalablement identifiés. La formation des équipages permet notamment de construire les modèles mentaux partagés requis, comprenant entre autres cette connaissance des besoins mutuels en termes d'information. D'où la nécessité de constitution d'équipe ayant appris à travailler ensemble et connaissant les systèmes à disposition.

Cependant, les NSKE sont rarement perçus simultanément par chacun des équipiers (Cain et al., 2016 ; Endsley et Jones, 2001), avec des « latences » qu'il convient de définir et prendre en considération. Ainsi, lorsque toutes les informations utiles sont à la disposition de deux coéquipiers (A et B) ayant tous deux réussi à en former la même représentation, ils partagent un même niveau de conscience de situation initial. Chaque fois qu'un nouvel NSKE apparaît, il invalide l'état de la conscience de situation en cours, jusqu'à ce qu'il soit intégré à un nouvel état de conscience de situation des coéquipiers, ou « conscience de situation modifiée », pour obtenir une nouvelle conscience de situation partagée ainsi mise à jour. Dans ce modèle, on distingue 4 phases, créant trois latences remarquables à prendre en compte.

La première latence est dite « latence d'intégration initiale » (*Initial Integration Latency (IIL)*). C'est le temps initial requis par un premier coéquipier pour percevoir et intégrer le nouveau NSKE à sa propre conscience de situation. L'intervalle entre l'apparition du NSKE et son intégration dans la conscience de situation de A (Phase 2 de la Figure 10-2) représente une période de conscience de situation partagée mais inexacte qui s'accompagne d'une possibilité de prise de décision erronée. Pendant cette période, les coéquipiers disposent toujours d'une représentation commune de la situation. Les décisions individuelles sont cohérentes entre-elles et les décisions collectives sont cohérentes avec la stratégie en cours. Cependant, la représentation de la situation n'est plus à jour. Cette différence d'avec la réalité augmente évidemment le risque de prise de décision inappropriée. La durée de cette latence est influencée par les mêmes facteurs concernant l'attention et le système sensori-perceptif qui ont un impact sur la conscience de situation de premier niveau (*level 1 SA*) (Endsley et Garland, 2000) : stress, fatigue, charge de travail ou complexité de l'interface.

La seconde latence, ou « latence de synchronisation de l'équipe » (*Team Synchronization Latency (TSL)*), représente le temps mis par un second coéquipier pour percevoir et intégrer le nouveau NSKE à sa conscience de situation après que le premier coéquipier l'a fait (phase 3 de la Figure 10-2). Cela crée

un délai entre les deux mises à jour des SA durant lequel, en tenant compte de la première latence (IIL), les représentations de la situation divergent. Pendant cet intervalle de temps, en plus d'être inexacte pour au moins l'un des coéquipiers, la conscience de situation n'est pas non plus partagée ; cela augmente la probabilité d'une prise de décision incohérente. Dans ce cas, deux coéquipiers, dont l'un est à jour avec la situation et l'autre non, peuvent envoyer des instructions incohérentes, voire contradictoires à un troisième.

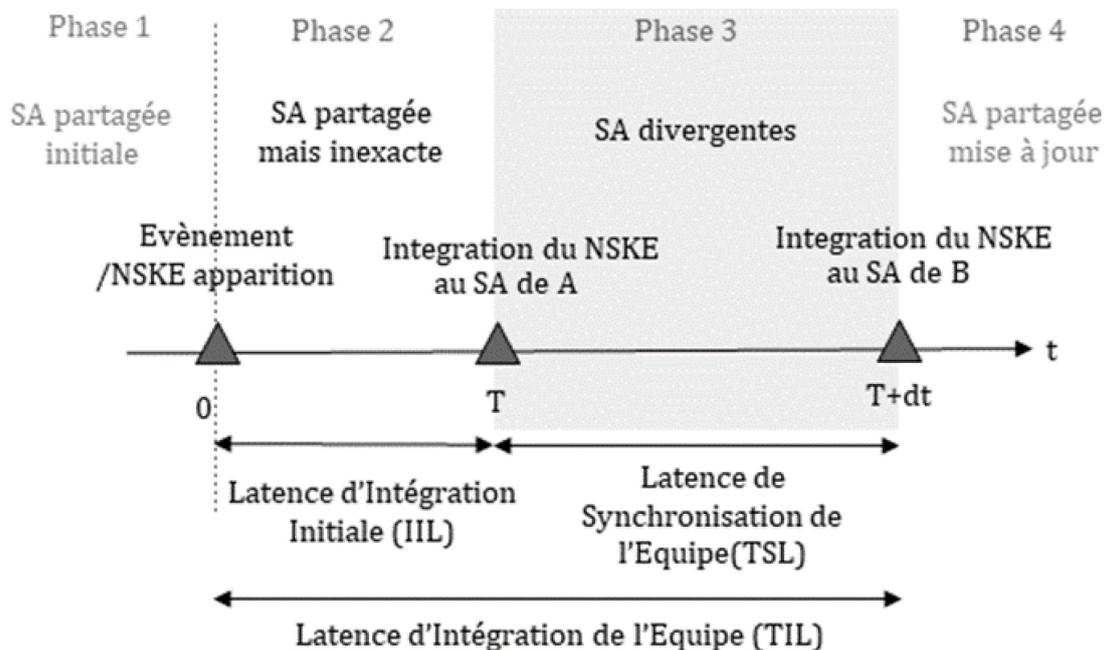


Figure 10-2 : Illustration de l'évolution temporelle des SSA et les latences associées : Latence d'Intégration Initiale (*Initial Integration Latency (IIL)*), Latence de Synchronisation de l'Équipe (*Team Synchronization Latency (TSL)*) et Latence d'Intégration de l'Équipe (*Team Integration Latency (TIL)*).

La « latence d'intégration de l'équipe » (*Team Integration Latency (TIL)*), est la composée des deux premières latences. Elle représente le temps écoulé entre l'apparition du NSKE et son intégration par le dernier membre de l'équipe concerné (Phase 2 + Phase 3 ; cf. Figure 10-2). Elle représente la durée pendant laquelle les membres de l'équipe ne maîtrisent pas tous une conscience de situation exacte.

En étant inhérentes au processus de mise à jour et de partage de la conscience de situation, ces latences illustrent l'importance de leurs propriétés dynamiques. Ce modèle s'adapte aussi bien à la modélisation de la dynamique de partage d'une équipe colocalisée qu'à celle d'une équipe distribuée, travaillant en réseau.

10.3 MESURES ET APPLICATIONS POUR UN CONTROLE EN LIGNE

Ces latences de synchronie cognitive étant définies, se pose la question de leur mesure concrète, en ligne, à des fins de contrôle, de détection d'erreur et d'aide par des systèmes artificiels.

Initialement, la mesure concrète de la conscience de situation des individus et des équipes a reposé sur l'analyse du comportement et des processus de raisonnement à voix haute par des observateurs (Cooke et al., 1977). Elle nécessitait la présence des observateurs au sein des équipes. Plus récemment, de nouvelles méthodes sont utilisées avec des quiz sur tablettes permettant de raccourcir les délais d'analyse (Buchler et al. 2018), mais restent relativement invasives.

Les mesures comportementales et physiologiques (Delaherche et al., 2012) ont l'avantage d'être continues et sont faciles à utiliser pour la quantification de l'état et de l'activité de l'utilisateur (Fuchs et Schwarz, 2017 ; Jorna, 1993 ; Tomarken, 1995). La synchronisation des consciences de situation est alors établie par la comparaison temporelle des mesures entre individus. Mais les mesures sont coûteuses en calculs et les équipements lourds et encombrants, pouvant handicaper les opérateurs. C'est récemment qu'on a pu établir la pertinence de l'évaluation continue de la conscience de situation en utilisant une mesure dérivée des mouvements oculaires (De Winter et al., 2019) par des moyens non intrusifs, externes aux sujets (caméra ou capteurs intégrés aux écrans ou situés à proximité).

Le suivi de la position du regard a d'abord permis l'étude de la conscience de situation dans l'aviation (Kilingaru et al., 2013 ; Moore et Gugerty, 2010 ; van de Merwe et al., 2012) et la conduite automobile (Hauland, 2019). La méthode peut être facilement enrichie et croisée avec des mesures des temps de réaction à partir du suivi de la souris ou d'autres comportements résultant de l'interaction (IHM) avec toutes les interfaces (Freeman et Ambady, 2010 ; Frisch et al., 2015 ; Kieslich et al., 2018). Les approches multi-mesures semblent d'ailleurs être utiles pour saisir une construction aussi complexe que la conscience de situation (Salmon et al., 2006) et l'approche multidimensionnelle du monitoring « autour de l'opérateur » fournit la base d'une nouvelle évaluation continue et objective en temps réel. Les techniques sont très sensibles mais complexes à mettre en œuvre. Les mesures peuvent en effet être influencées par de nombreux phénomènes parasites qu'il convient d'identifier pour les maîtriser (Cooke et al., 1997).

Comme les communications ajoutent une latence inhérente, une synchronisation idéale des consciences de situation entre les membres d'une équipe n'est pas réaliste (Cooke et al., 2018 ; Sonnenwald et al., 2004 ; Walker et al., 2012). Il faut comprendre que lors d'une collaboration, la pertinence du *NSKE*, son interprétation et la hiérarchisation des tâches sont fonction des stratégies personnelles et des objectifs individuels des opérateurs mesurés. L'identification des problèmes passe par l'évaluation de l'écart par rapport à une latence attendue, requérant une compréhension approfondie de l'ensemble de la tâche, au niveau individuel comme collectif. Les processus et les communications, ainsi que la qualification des marqueurs comportementaux doivent être contextualisés par rapport à l'environnement dans lequel ils sont appliqués (Salas et al., 2017). De même que l'exactitude optimale théorique (Hooley et al., 2011), une meilleure synchronisation des consciences de situation pourrait ainsi être définie sur la base de l'analyse des tâches d'équipe, comme descripteur de la collaboration et de la performance. Elle fournit en temps réel un feedback à l'équipe, au chef d'équipe ou à un système artificiel d'aide et surveillance.

Grâce à de telles mesures, des entraînements, des interventions adaptatives, des facilitations d'expériences peuvent alors être conçues. Des programmes numériques de facilitation peuvent être développés pour la détection des erreurs de partage de représentation et de synchronisation de la conscience de situation peut être envisagée. Concrètement, l'information et l'aide artificielle peuvent être établies à partir des états optimisés de synchronisation entre les coéquipiers, en identifiant les périodes problématiques au cours des processus de collaboration. Dans un contexte de formation, on peut entraîner les collaborateurs à valoriser des temps d'interaction optimaux.

La complexité et la rapidité des tâches nécessitent de plus en plus la collaboration avec des machines qui peuvent alors aider à éviter les erreurs. La nature dynamique de la conscience de situation et son évolution temporelle nécessitent des moyens légers et non intrusifs (Buchler et al., 2016) qui restent encore aujourd'hui de l'ordre de l'expertise et difficiles à généraliser.

En se concentrant sur le contenu de la conscience de situation, les méthodes de mesure classiques sont de fait limitées par la nature subjective de l'évaluation, la représentation de la situation portant sur une évaluation déclarative. Cela rend difficile une évaluation en temps réel, notamment en situation de stress ou de gestion de situation complexe ne permettant pas de temps de Retex en ligne. Par contre, on peut considérer la synchronie des consciences de situation, et en fournir des indicateurs. On peut repérer leur survenue et leur dynamique dans l'équipe. Par exemple, la mesure des activités pupillométriques (diamètre pupillaire) peut

être réalisée en direct sans équipement porté, par la simple caméra, en croisant ces données avec des mesures comportementales non invasives (activité sur la souris, le clavier, le nombre de communications, les déplacements de la chaise, etc. C'est dans le développement de ces mesures indirectes que réside le repérage d'une activité nécessitant le partage de conscience de situation, et donc, à partir de là, l'utilisation de méthodes a posteriori.

C'est ainsi que, n'évaluant pas nécessairement la qualité du contenu de la représentation mentale, la mesure de la synchronie permet de s'affranchir du besoin de verbalisation et donc d'interruption ou d'intrusion dans la tâche, entraînant la perturbation de cette conscience, ou pouvant altérer l'efficacité de la tâche. Celle-là peut alors être menée à son terme en toute efficacité, alors que les équipiers sont informés en ligne et que les aides numériques peuvent être mobilisées avant que les opérateurs eux-mêmes en expriment le besoin.

10.4 LE PARTAGE DES SA, FAIBLESSE DE L'EQUIPE DANS LE COGNITIVE WARFARE

L'un des objets de la guerre cognitive est d'influencer la prise de décision de l'adversaire, de la manière la plus subtile et indétectable possible, en manipulant la représentation. Si certaines techniques, visant par exemple la stabilité sociale et politique d'une nation ou d'un groupe, jouent sur des temporalités longues, les stratégies développées peuvent également s'appliquer sur la prise de décision en temps réel, notamment par le biais d'opérations cyber.

Il ne s'agit alors plus seulement d'empêcher l'ennemi d'accéder à certaines informations (p. ex. brouillage), mais également de manipuler ces informations, par exemple en lui en fournissant de fausses, par le biais de ses canaux habituels, avec la capacité de cibler quand et à qui fournir quelle information, pour optimiser la déstabilisation de la décision.

De telles techniques permettent d'une part de bénéficier de la confiance que l'individu a envers ses sources d'information, puis dans un second temps, en cas de détection de l'intrusion, de mettre à mal cette confiance, que ce soit envers les sources elles-mêmes (systèmes) ou leurs vecteurs (canaux de communication ou coéquipiers).

Par exemple, en fournissant sciemment des informations contradictoires à des coéquipiers, ou à différents niveaux hiérarchiques, on peut conduire à la construction de représentations non cohérentes ou à des conflits de perception au sein d'une équipe. L'impact à long terme peut être une dégradation des confiances interpersonnelles, de la confiance en son propre jugement et de la cohésion de l'équipe.

Les leviers et facteurs influant le partage de la représentation et les processus d'équipe sont connus et font l'objet de nombreux travaux, tant sur la conception adéquate des systèmes, que sur la composition et la formation des équipes (Endsley et al., 2003 ; Nofi, 2000). Contre ces potentielles influences doit donc passer par la conception de systèmes et outils transparents (eXplainable AI) et fiables, facilitant l'acquisition et le partage de SA. Cela souligne également l'importance de références communes (modèles mentaux) et de méta-connaissances sur l'équipe (tâches, rôles, besoins de chacun), acquises sur le long terme par l'entraînement, l'éducation et la formation.

10.5 CONCLUSION

Le partage réussi de la conscience de situation par les opérateurs d'une même équipe ou de personnes travaillant en réseau est un processus cognitif fondamental au succès des tâches de gestion de crise. Il est particulièrement nécessaire au sein des équipages et des systèmes de surveillance ou de conduite d'opérations militaires.

La conscience de situation est l'exemple d'un processus cognitif mobilisant à la fois attention, mémoire, décision, et qui est facilité par les processus d'apprentissage. Le partage de la conscience de situation entre plusieurs acteurs contribuant à une même tâche est un phénomène émergent, repérable et reste malgré tout difficilement altérable. Si les méthodes actuelles pour mesurer son contenu ne sont pas réellement compatibles avec les situations opérationnelles, la mesure de cette émergence, de son actualisation et de leur synchronie, par le biais de méthodes indirectes, est une piste de recherche sérieuse. Une fois mesurée, elle peut alors faire l'objet de procédures d'aide artificielle, par exemple par une visualisation enrichie pour soutenir ou orienter l'attention, ou d'un support au commandement des équipes. Cette détection reste un moyen immédiat et robuste aux influences extérieures ; elle permet à la fois la facilitation de la tâche de collaboration comme le repérage des phases stratégiques pour le Retex.

Ainsi, dans des environnements où construire et maintenir une compréhension commune de la situation est en temps normal un tâche difficile, source des principales erreurs et accidents, la conscience de situation représente un point fragilité de l'équipe, soumis aux effets de la guerre cognitive. Dès lors, l'enjeu de défense porte sur les méthodes et les outils permettant de renforcer la cohésion collective ainsi que sur la fiabilité et la sécurité des systèmes d'information.

10.6 BIBLIOGRAPHIE

- Adams, M. J., Tenney, Y. J., Pew, R. W. (1995). Situation Awareness and the Cognitive Management of Complex Systems. *Human Factors*, 37, 1, 85-104.
- Buchler, N., Fitzhugh, S.M., Marusich, L.R., Ungvarsky, D.M., Lebiere, C., Gonzalez, C. (2016). Mission Command in the Age of Network-Enabled Operations: Social Network Analysis of Information Sharing and Situation Awareness. *Frontiers in Psychology*, 7, 937, 1-15.
- Buchler, N., Rajivan, P., Marusich, L.R., Lightner, L., Gonzalez, C. (2018). Sociometrics and Observational Assessment of Teaming and Leadership in a Cyber Security Defense Competition. *Computers & Security*, 73, 114-136.
- Cain, A.A., Schuster, D., Edwards, T., Schuster, D. (2016). A Quantitative Measure for Shared and Complementary Situation Awareness. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 60, 1, 1816-1820.
- Carneiro, D., Pimenta, A., Gonçalves, S., Neves, J., Novais, P. (2016). Monitoring and Improving Performance in Human-Computer Interaction. *Concurrency Computation*, 28(4), 1291-1309. <https://doi.org/10.1002/cpe.3635>.
- Chen, Y., Qian, Z., Lei, W. (2016). Designing a Situational Awareness Information Display: Adopting an Affordance-Based Framework to Amplify User Experience in Environmental Interaction Design. *Informatics*, 3, 2, 6. <https://doi.org/10.3390/informatics3020006>.
- Cooke, N.J., Stout, R.J., Salas, E. (1997). Broadening the Measurement of Situation Awareness Through Cognitive Engineering Methods. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 41, 4, 215-219. <https://doi.org/10.1177/107118139704100149>.
- Cooke, N. J., Stout, R.J. Salas, E. (2018). A Knowledge Elicitation Approach to the Measurement of the Team Situation Awareness. In E. Salas (Ed.), *Situational Awareness*, 157-182. Routledge: London UK. <https://doi.org/10.4324/9781315087924-10>.

- De Winter, J.C.F., Eisma, Y.B., Cabrall, C.D.D., Hancock, P.A., Stanton, N.A. (2019). Situation Awareness Based on Eye Movements in Relation to the Task Environment. *Cognition, Technology and Work*, 21, 1, 99-111. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0527-6>.
- Delaherche, E., Chetouani, M., Mahdhaoui, A., Saint-Georges, C., Viaux, S., Cohen, D. (2012). Interpersonal Synchrony: A Survey of Evaluation Methods Across Disciplines. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 3, 3, 349-365. <https://doi.org/10.1109/T-AFFC.2012.12>.
- Endsley, M.R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37, 1, 32-64. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>.
- Endsley, M.R. (2004). *Designing for Situation Awareness: An Approach to User-Centered Design*. CRC Press : Boca-Raton FL, USA. <https://doi.org/10.1201/b11371>.
- Endsley, M.R., Bolstad, C.A., Jones, D.G., Riley, J.M. (2003). Situation Awareness Oriented Design: From User's Cognitive Requirements to Creating Effective Supporting Technologies. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 47, 3, 268-272. <https://doi.org/10.1177/154193120304700304>.
- Endsley, M.R., Garland, D.J. (Eds.) (2000). *Situation Awareness Analysis and Measurement*. Lawrence Erlbaum Associates : Mahwah NJ, USA.
- Endsley, M.R., Jones, W.M. (2001). A Model of inter and intra Team Situation Awareness: Implications for Design, Training and Measurement. In M. McNeese, E. Salsa, M. Endsley (Eds) *New Trends in Cooperative Activities: Understanding System Dynamics in Complex Environments*, 46-67. Human Factors and Ergonomics Society: Santa Monica CA, USA. https://www.researchgate.net/publication/285745823_A_model_of_inter_and_intra_team_situation_awareness_Implications_for_design_training_and_measurement_New_trends_in_cooperative_activities_Understanding_system_dynamics_in_complex_environments.
- Foushee, H.C., Helmreich, R.L. (1988). Group Interaction and Flight Crew Performance. In E.L. Wiener, D.C. Nagel (Eds.) *Human Factors in Aviation*. Academic Press : Cambridge MA, USA, 89-227.
- Freeman, J.B., Ambady, N. (2010). MouseTracker: Software for Studying Real-Time Mental Processing Using a Computer Mouse-Tracking Method. *Behavior Research Methods*, 42, 1, 226-241. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.1.226>.
- Frisch, S., Dshemuchadse, M., Görner, M., Goschke, T., Scherbaum, S. (2015). Unraveling the Sub-Processes of Selective Attention: Insights from Dynamic Modeling and Continuous Behavior. *Cognitive Processing*, 16,4, 377-388.
- Fuchs, S., Schwarz, J. (2017). Towards a Dynamic Selection and Configuration of Adaptation Strategies in Augmented Cognition. *Lecture Notes in Computer Science (Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10285, 101-115. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58625-0_7.
- Hauland, G. (2019). Measuring Team Situation Awareness by Means of Eye Movement Data. *Proceedings of HCI International 2003*, 3, 230-234.
- Hjelmfelt, A. T., Pokrant, M. A. (1998). Coherent Tactical Picture. In A.A. Nofi (Ed.) *Defining and Measuring Shared Situational Awareness*, 97-129. Center for Naval Analyses CRM : Alexandria VA, USA., https://www.cna.org/cna_files/pdf/D0002895.A1.pdf.

- Hooey, B.L., Gore, B.F., Wickens, C.D., Scott-Nash, S., Socash, C., Salud, E., David, C., Foyle, D.C. (2011). Modeling Pilot Situation Awareness. In P.C. Cacciabue (Ed.) *Human Modelling in Assisted Transportation*, 207-213. Springer Publishing : New York NY, USA.
- Jorna, P. (1993). Heart Rate and Workload Variations in Actual and Simulated Flight. *Ergonomics*, 36, 9, 1043-1054.
- Kieslich, P., Henninger, F., Wulff, D., Haslbeck, J., Schulte-Mecklenbeck, M. (2018). Mouse-Tracking: A Practical Guide to Implementation and Analysis. In M. Schulte-Mecklenbeck, A. Kühberger, J.G. Johnson (Eds.) *A Handbook of Process Tracing Methods*, 131-145. Routledge : New York NY, USA. <https://doi.org/10.31234/osf.io/zuvqa>.
- Kilingaru, K., Tweedale, J.W., Thatcher, S., Jain, L.C. (2013). Monitoring Pilot "Situation Awareness". *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 24, 3, 457-466.
- Moore, K., and Gugerty, L. (2010). Development of a Novel Measure of Situation Awareness: The Case for Eye Movement Analysis. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 54, 19, 1650-1654. <https://doi.org/10.1518/107118110X12829370089768>.
- Nofi, A. (2000). Defining and Measuring Shared Situational Awareness. Final Report, 5, 11. Alexandria (VA, USA) : Center for Naval Analyse CRM. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013350>.
- Salas, E., Cannon-Bowers, J., Johnston, J. H. (1997). How Can You Turn a Team of Experts into an Expert Team? Emerging Training Strategies. In C.E. Zsombok, G. Klein (Eds.) *Naturalistic Decision Making*, 359-370. Routledge : New York NY, USA.
- Salas, E., Prince, C., Baker, D.P., Shrestha, L. (1995). Situation Awareness in Team Performance: Implications for Measurement and Training. *Human Factors*, 37, 1, 123-136.
- Salas, E., Reyes, D.L., Woods, A.L. (2017). The Assessment of Team Performance: Observations and Needs. In A.A. Von Davier, M. Zhu, P.C., Kyllonen (Eds.) *Innovative Assessment of Collaboration*, 21-36. Springer International Publishing: New York NY, USA. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-33261-1>.
- Salmon, P.M., Stanton, N.A., Walker, G.H., Green, D. (2006). Situation Awareness Measurement: A Review of Applicability for C4i Environments. *Applied Ergonomics*, 37, 2, 225-238. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.02.001>.
- Scerbo, M.W. (1996). Theoretical Perspectives on Adaptive Automation. In R. Parasuraman, M., Mouloua (Eds.) *Automation and Human Performance: Theory and Applications*, 37-63. Lawrence Erlbaum Associates : Abingdon-on- Thames, UK.
- Sonnenwald, D.H., Maglaughlin, K.L., Whitton, M.C. (2004). Designing to Support Situation Awareness Across Distances: An Example from a Scientific Collaboratory. *Information Processing & Management*, 40, 6, 989-1011.
- Stanton, N.A., Salmon, P.M., Walker, G.H., Salas, E., Hancock, P.A. (2017). State-of-Science; Situation Awareness in Individuals, Teams and Systems. *Ergonomics*, 60, 4, 449-466. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1278796>.

- Szafir, D., Mutlu, B. (2012). Pay Attention! Designing Adaptive Agents That Monitor and Improve User Engagement. In J.A. Konstan, H. Chi, K. Höök (Eds.) Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, May 5 – 10, 2012, 11-20. Association for Computing Machinery : New York NY, USA.. <https://doi.org/10.1145/2207676.2207679>.
- Tomarken, A.J. (1995). A Sychometric Perspective on Psychophysiological Measures. *Psychological Assessment*, 7, 3, 387-395.
- Van de Merwe, K., Van Dijk, H., Zon, R. (2012). Eye Movements as an Indicator of Situation Awareness in a Flight Simulator Experiment. *The International Journal of Aviation Psychology*, 22, 1, 78-95.
- Walker, G.H., Stanton, N.A., Salmon, P.M., Jenkins, D.P., Monnan, S., Handy, S. (2012). Communications and Cohesion: A Comparison Between Two Command and Control Paradigms. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 13, 5, 508-527. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2010.544340>.
- Ziemke, T., Schaefer, K.E., Endsley, M. (2017). Situation Awareness in Human-Machine Interactive Systems. *Cognitive Systems Research*, 46, 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2017.06.004>.

REPORT DOCUMENTATION PAGE			
1. Recipient's Reference	2. Originator's References	3. Further Reference ISBN 978-98-837-2368-4	4. Security Classification of Document PUBLIC RELEASE
5. Originator Science and Technology Organization North Atlantic Treaty Organization BP 25, F-92201 Neuilly-sur-Seine Cedex, France			
6. Title <i>Cognitive Warfare : La guerre cognitive</i>			
7. Presented at/Sponsored by Première réunion scientifique Cognitive Warfare Bordeaux (FR) – 21 juin 2021. Journée organisée par l'Innovation Hub de NATO-ACT et l'ENSC, avec le soutien de l'État-Major des Armées (FR – Major Général), du NATO-CSO et de la Région Nouvelle Aquitaine.			
8. Author(s)/Editor(s) B. Claverie, B. Prébot, F. Du Cluzel.			9. Date October 2021
10. Author's/Editor's Address Multiple			11. Pages 116
12. Distribution Statement There are no restrictions on the distribution of this document. Information about the availability of this and other STO unclassified publications is given on the back cover.			
13. Keywords/Descriptors Biais cognitifs; Cognition; Cognitive warfare; Cyberpsychologie; Domaine cognitive; Guerre cognitive; Humain			
14. Abstract Cet ouvrage publié par le CSO de l'OTAN réunit des articles reprenant les principales interventions de la première réunion Cognitive Warfare tenue à Bordeaux en juin 2021 à l'initiative de l'Innovation Hub du Commandement pour la Transformation de l'OTAN et de l'École Nationale Supérieure de Cognitive avec la collaboration de l'État-major des armées françaises, du CSO et de l'ACT de l'OTAN, et de la Région Nouvelle Aquitaine. Cette première initiative fait un point sur la cognition humaine, sa force et ses faiblesses, son organisation collaborative pour la décision militaire, ses rapport et dépendance à la technologie numérique et ses dimensions sociales et politiques notamment dans la dure compétition internationale. Elle donne la parole au Major général des armées et au Commandeur pour la transformation de l'OTAN, et sévira de point de départ à une suite de rencontres d'approfondissement, à l'initiative du CSO et de l'ACT.			