

L'heuristic Cognitive Work Analysis (hCWA)

Une version étendue de la CWA

1. Présentation générale et fondements

La hCWA, proposée récemment par Morineau & Flach (2019), est une méthode alternative développée pour augmenter la compatibilité de la CWA avec l'analyse des systèmes faiblement couplés, faiblement traçables et caractérisés par une forte auto-organisation au sein desquels les capacités adaptatives des opérateurs sont indispensables pour faire face aux exigences situationnelles et aux nombreux degrés de liberté. La question étant de comprendre comment, au sein d'un système faiblement couplé, les opérateurs utilisent ces nombreux degrés de libertés pour produire des comportements adaptés aux exigences situationnelles compte tenu des objectifs et des ressources disponibles. Il est important de noter que la méthode hCWA ne s'oppose pas à CWA mais se positionne comme une méthode complémentaire. L'objectif est toujours d'obtenir des connaissances sur l'écologie du travail comme source d'innovations en matière de design (amélioration des technologies de l'information, des procédures ou de la formation) mais ces deux méthodes offrent des perspectives différentes.

La CWA propose une méthode d'analyse des contraintes basée sur une procédure dite « Top – Down » ou descendante. Les méthodes descendantes sont basées sur les connaissances et les représentations. Elles débutent par l'identification des composants d'un système, de ce qui est connu et maîtrisé pour ensuite identifier des contextes d'études plus fins. Dans le cadre de l'analyse cognitive du travail, le processus débute par une représentation abstraite d'un domaine (niveau macro) pour progressivement identifier des contextes d'activités plus concrets (niveau micro). L'objectif étant d'imaginer comment le travail peut être effectué compte tenu des contraintes et des buts fonctionnels et ainsi guider la conception de systèmes de travail performants et sécurisés (Rasmussen 1986). Cependant, Morineau & Flach (2019) montrent que cette approche descendante fonctionne bien lorsqu'il est possible de décrire un domaine de travail sous forme d'un ensemble finis et stable de buts fonctionnels et de contraintes, autrement dit lorsque les analystes possèdent des connaissances de bases très précises sur le fonctionnement d'un système ou d'un domaine. C'est le cas par exemple pour l'aviation ou l'énergie nucléaire pour lesquels les objectifs et les contraintes (physique, thermodynamique...) ont tendance à être stables et pour lesquels le travail est prédictible et structuré. Dans d'autres domaines tels que la médecine d'urgence, les buts ne sont pas clairement explicites et sont situés. Ils dépendent des interactions qui émergent entre les individus et les ressources en temps réel. Ainsi, les objectifs, les buts, la question de l'équilibre entre l'atteinte des buts et la gestion des ressources dépendent des exigences

situationnelles. Comprendre et analyser de tels domaines, nécessite de comprendre la dynamique du système, les processus d'auto-organisation et d'adaptation mis en place, d'identifier de nouvelles affordances ou possibilités d'actions qui permettraient aux opérateurs de s'adapter et faire face à la dynamique du système et ainsi, limiter les situations à risques. Une approche basée sur les interactions, dite « Bottom – Up » ou ascendante, semble alors plus appropriée. En partant de l'observation des activités des opérateurs en situation d'interaction, l'objectif est d'inférer comment les contraintes écologiques, sociales et organisationnelles façonnent les comportements adaptatifs des opérateurs en situation réelle. Autrement dit, à partir de l'observation d'un contexte d'activité donné, l'objectif est de comprendre comment les contraintes vont délimiter un espace de travail au sein duquel les opérateurs vont naviguer via la mise en place de comportements, de stratégies spécifiques, la gestion de conflit ou encore l'instauration d'une organisation particulière entre les opérateurs.

En tant que version étendue de la CWA, la hCWA trouve également ses fondements dans la notion de système, la psychologie écologique, et le contrôle adaptatif. Les bases conceptuelles précédemment présentées pour CWA restent donc pertinentes pour hCWA. Néanmoins, certains éléments sont revisités et de nouvelles connaissances y sont associées, élargissant ainsi les bases théoriques de la hCWA. Nous présenterons ici les nouvelles notions théoriques.

a) Des notions nouvelles relevant de la psychologie écologique

Nous retenons de ce concept que les contraintes écologiques du domaine délimitent un espace des possibles et façonnent les actions et la cognition des opérateurs. Dans le cadre de la hCWA, les contraintes sont également considérées comme dynamique et à l'origine d'un champ de force. À l'image des champs magnétiques en physique qui possèdent des charges positives ou négatives capables de modifier la trajectoire d'une particule, un champ de force en psychologie est capable d'influencer les comportements des individus et donc leurs trajectoires. Un champ psychologique est tout aussi imperceptible qu'un champ de force physique, il doit être inféré par la distribution et les actions des objets présents en son sein (Flach et al. 2008 ; Gorman et al. 2010 ; Guastello 2017 ; Vicente 1999b). L'espace de déplacement sûr, plus connu sous sa dénomination anglaise « The Field of Safe Travel », est une théorie proposée par Gibson & Crooks (1938) illustrant cette notion de champ de force dans le cadre de la conduite automobile. Fondamentalement, le problème d'un conducteur est de se rendre à destination sans heurter les obstacles pouvant se trouver sur son chemin. En se mettant en mouvement, le véhicule déplace avec lui un espace de déplacement sûr, autrement dit une zone spatiale non fixe à l'espace physique qui dessine un espace au sein duquel le véhicule peut bouger sans prendre le risque d'heurter un obstacle. Le challenge pour le conducteur est de juger la taille de cette espace, son déplacement, ses limites, et adapter sa conduite en conséquence. Une fois dans cette zone, les objets sont dotés de forces répulsives ou attractives qui vont influencer les décisions et les comportements du conducteur. Par exemple, les lumières rouges du feu tricolore vont forcer l'arrêt tandis que les lumières

vertes vont inciter à poursuivre le déplacement ou encore la présence d'obstacles ou la réduction de la taille du champ d'action vont provoquer des arrêts ou des ralentissements. Ainsi, comprendre les comportements observés n'est possible que si l'on est en mesure d'identifier les affordances présentes dans cet espace de déplacement sûr et leurs capacités attractives ou répulsives qui vont influencer les comportements. Maintenant, si l'objectif de conduite change et que le conducteur doit se rendre du point A au point B le plus vite possible, alors la taille de la zone de sécurité change (i.e. elle se réduit dû fait de l'augmentation de la prise de risque) et les valeurs attractives ou répulsives des objets se modifient. Sur la base de l'exemple précédent, un feu tricolore rouge ne forcera plus l'arrêt du conducteur si celui-ci prend des risques pour atteindre son objectif. Ainsi, Gibson montre que la taille de la zone de déplacement sûr ainsi que les valeurs attractives ou répulsives des objets constituant cet espace dépendent des objectifs à atteindre. Pour le conducteur, les objectifs vont aussi déterminer la façon dont il percevra la valeur attractive ou répulsive des objets constituant cet espace. En sécurité des systèmes, un modèle capable de rendre compte de cette dynamique et de considérer l'espace de travail comme une enveloppe de sécurité au sein de laquelle les opérateurs peuvent agir librement est le modèle dynamique de sûreté proposé par Jens Rasmussen (1997).

b) Une approche basée sur le système avec le modèle dynamique de sûreté (DSM)

Le modèle dynamique de sûreté ou DSM (« *Dynamic Safety Model* ») est un modèle proposé par Rasmussen (1997) qui vise à rendre compte des mécanismes conduisant aux situations à risque au sein des systèmes sociotechniques complexes. Ce modèle trouve ses fondements dans les travaux de Gibson, notamment dans le concept d'affordance (Gibson 1979) et l'espace de déplacement sûr évoqué précédemment (Gibson & Crooks 1938). Également appelé « modèle de migration », DSM ne cherche pas à identifier puis supprimer la cause de l'erreur, mais bien à représenter les mécanismes dynamiques qui génèrent les comportements qui conduisent aux erreurs. Pour y parvenir, DSM se focalise essentiellement sur l'identification des contraintes que les opérateurs doivent satisfaire pour maintenir les exigences de performance et de sécurité.

Dans une première version publiée en 1990, Rasmussen souligne que les comportements humains peuvent être régis par 3 types de contraintes : l'état de la situation actuelle acceptable, le profil des ressources individuelles, les moyens de travail disponibles. D'autres versions plus tardives identifient des contraintes différentes relevant de l'échec économique, de la charge de travail inacceptable et de la performance fonctionnelle acceptable (Rasmussen 1997 ; Cook & Rasmussen 2005). À chaque fois, une contrainte est donnée par les exigences de contrôle imposées par le système, une seconde est donnée par les moyens disponibles offerts par l'environnement, et une troisième correspond aux ressources humaines qui dépendent des caractéristiques individuelles telles que la compétence, la capacité mentale... (Rasmussen 1990). Autrement dit, chacune des contraintes proposées relève respectivement du domaine de travail, de l'environnement organisationnel, et des opérateurs.

L'espace formé par ces contraintes, illustré en figure 7, est alors considéré comme une enveloppe d'opérations sûres dont les limites vont contraindre les comportements des opérateurs. Au sein de cet espace, le point opératif ou le point de fonctionnement du système, représentant les opérateurs, peut se mouvoir librement et les comportements sont perçus comme des trajectoires. Autrement dit, le modèle DSM considère les comportements humains comme des trajectoires au sein d'un espace de travail abstrait entouré par un ensemble de contraintes qui délimitent les degrés de liberté disponibles pour l'agent.

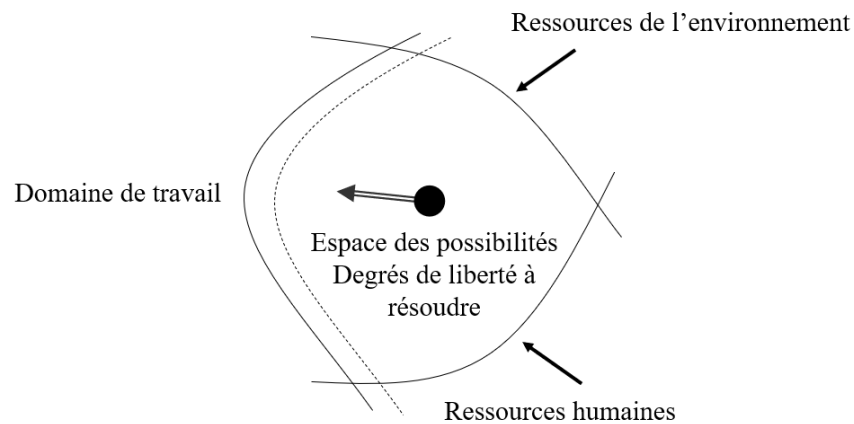


Figure 7 : Espace des possibilités défini par DSM.

Cet espace est délimité par trois contraintes devant être respectées pour maintenir les exigences de sécurité d'un système. Une contrainte est donnée par le domaine de travail, une seconde dépend des ressources de l'environnement et une troisième représente les limites des ressources humaines. À l'intérieur de cet espace l'opérateur peut bouger librement et les comportements sont considérés comme des trajectoires. Dépasser les limites représente une erreur ou une violation. Les trajectoires sont dépendantes des pressions exercées par les contraintes (flèches pleines) et des préférences subjectives des opérateurs. Ces pressions peuvent induire une migration du point opératif (flèche double) vers les marges de risques du modèle (ligne pointillée).

Certaines règles propres à ce modèle stipulent que la distance séparant le point opératif des limites est un indicateur de risque (Cook & Rasmussen 2005). En effet, plus le point opératif est loin de la limite, plus la probabilité de la franchir est faible. À l'inverse, plus le point opératif se rapproche la limite, plus la probabilité de la dépasser augmente. Ce déplacement progressif vers la limite conduit à des situations problématiques qui, lorsque la limite est franchie, laissent le système hors de contrôle. Pour finir, la trajectoire du point opératif n'est pas uniquement dépendante des comportements des opérateurs et de leurs préférences subjectives. En effet, le modèle DSM souligne également qu'en fonction des valeurs attractives ou répulsives des contraintes, ces dernières peuvent produire des pressions combinées sur le point opératif, influençant sa position et pouvant progressivement le faire migrer vers les limites de

sécurité. Le réajustement continu des objectifs en fonction de la situation, l'évolution dynamique des événements, font que la position de l'opérateur dans cet espace est en constante évolution.

Les travaux impliquant le modèle DSM sont nombreux. Par exemple, DSM est utilisé pour comprendre les mécanismes qui conduisent à des événements tragiques au sein des systèmes complexes (Cassano-Piche et al. 2009 ; Vicente & Christoffersen 2006), pour décrire les risques générés par l'utilisation de nouvelles techniques de gestion dans un hôpital (Cook & Rasmussen 2005), pour décrire les effets négatifs et positifs des violations des procédures standard dans le domaine médical (Amalberti et al. 2006) et également pour identifier les stratégies que le personnel des centres d'urgences peut adopter pour faire face à une forte affluence de patient (Miller & Xiao 2007). Cependant, même si la métaphore reste puissante pour toutes ces applications, DSM n'est utilisé que comme un modèle interprétatif qui permet de comprendre et expliquer les phénomènes observés et non comme un réel outil de modélisation.

De nouveaux objectifs sont alors envisagés pour aller plus loin avec DSM, notamment le besoin de connaître précisément la dynamique et la localisation du point de fonctionnement ainsi que la localisation de la limite (Cook & Rasmussen 2005). À ce sujet, 4 aspects essentiels pour y parvenir ont été identifiés, à savoir (1) décrire l'emplacement du point, (2) connaître sa distance par rapport à la limite marginale, (3) connaître la dynamique de l'environnement et les mouvements possibles du point et (4) connaître l'emplacement de la limite de performance acceptable par rapport à la limite marginale (Cook & Rasmussen 2005). À ce jour, il n'existe que peu ou pas de travaux visant à atteindre ces objectifs. Seules quelques études ont tenté de modéliser les mouvements du point de fonctionnement par rapport aux contraintes (Morineau et al. 2017 ; Kanagarajah et al. 2010). Cependant, ces deux tentatives posent des problèmes. Tout d'abord, la modélisation proposée par Kanagarajah et ses collègues semble s'apparenter à une méthode normative, où la localisation des points de fonctionnement est modélisée par rapport à une seule contrainte statique. En outre, les contraintes sont analysées séparément et ne prennent donc pas en compte l'aspect dynamique du système et les pressions des autres contraintes. Tout l'intérêt du modèle, résidant dans sa capacité à mettre en évidence la dynamique entre les pressions internes des agents (préférences, compétences, objectifs...) et les pressions externes (provenant d'éléments extérieurs et influençant le comportement) est alors perdu. Ensuite, en codant différentes classes de comportements et en calculant les fréquences relatives en pourcentage des actions effectuées sur chaque contrainte, Morineau et al. (2017) fournissent un moyen de quantifier et de localiser la position des acteurs par rapport aux contraintes (Morineau et al. 2017). Cependant, la localisation reste globale et doit encore être améliorée. Des efforts restent à fournir pour localiser et suivre le point opérant dans son enveloppe à un moment précis. Comprendre les trajectoires au sein de cet espace des possibilités, nous amène à aborder la question de la résolution du problème des degrés de liberté (Bernstein 1967).

c) Le problème du contrôle des degrés de liberté (Bernstein 1967)

Le problème généralisé des degrés de liberté est abordé à l'origine par Bernstein (1935-1967) dans le but de fournir une explication au contrôle des comportements moteurs. Il pose le problème de la façon suivante : « comment le système neuromusculaire peut, compte tenu du nombre exorbitant de degrés de liberté disponible, agir comme s'il n'y avait qu'un seul degré de liberté ? ». En effet, une infinité de combinaison peuvent produire le même mouvement, et un même résultat peut être issu d'une multitude de combinaison différente en termes d'activations musculaires. Pour autant, le corps humain est capable de produire de façon naturelle des comportements adaptés aux contingences locales. Pour répondre à ce problème, Gibson stipule qu'un système complexe avec beaucoup de degrés de liberté peut agir comme un système simple si et seulement si un nombre suffisant de contraintes ou de liens sont établis entre les composants du système de sorte à les coupler en synergie (Shaw & Turvey 1999). Kelso définit les synergies comme des regroupements fonctionnels d'éléments structurels qui sont, à un moment donné, contraints d'agir comme une seule unité cohérente. Ainsi, identifier les sources de contraintes est une stratégie adaptée pour résoudre des problèmes complexes aux nombreux degrés de libertés. Dans la logique d'une méthode ascendante, ces contraintes doivent être écologique, situationnelle, capable de modéliser l'espace des interactions et provenir de l'observation de contextes d'activités réels et à risques.

d) La simulation comme outil méthodologique

Issue des expériences de l'industrie aéronautique, les méthodes de simulation sont aujourd'hui des outils incontestables pour assurer la sécurité des patients dans le domaine médical (Gaba 2004 ; Gaba et al. 2015 ; Kohn et al. 2000 ; Angel & Angel 2016). En effet, dès 1980, l'industrie aérienne a fait face à plusieurs accidents qui ne pouvaient s'expliquer par des erreurs techniques. Lors d'une conférence de la NASA dédiée à la gestion des ressources dans le cockpit, certains auteurs ont montré que des échecs de communication interpersonnelle, de prise de décision et de leadership constituaient les principales causes d'erreurs dans ces accidents aériens (Cooper et al. 1980 ; Helmreich et al. 1999). Face à cette prise de conscience de l'importance des facteurs humains dans la survenue des accidents, les CRM ou « *Crew Resource Management* » se sont développées pour tenter de réduire les erreurs. En plus de compétences techniques propres au contrôle de l'avion, l'approche CRM stipule que les équipages doivent acquérir des compétences non-techniques indispensables pour la gestion des ressources individuelles et collectives en situation de crise dans le but d'optimiser le travail d'équipe (Gaba et al. 2015, p25). La simulation apparaît alors comme un outil permettant de développer et renforcer ces compétences dites non-techniques lors de scénario mettant en scène des situations et des environnements reconstitués sur la base du réel.

Cette volonté d'éduquer les opérateurs aux facteurs humains pour limiter les erreurs humaines se propage rapidement au domaine de l'urgence médicale (Hicks et al. 2008). Les travaux de Gaba en anesthésie sont les premiers à adapter et appliquer les connaissances issues de l'aéronautique à la

médecine, notamment via le développement des ACRM « *Anesthesia Crisis Resource Management* » (Gaba et al. 1994, 1995, 2001 ; Gaba 2000). La simulation se définit comme « l'utilisation d'une technique de simulation (mannequin, réalité virtuelle ou patient standardisé) destinée à reproduire des situations et des environnements de soin qui vont permettre d'enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques, de répéter des processus, des concepts médicaux ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels » (Simulation en Santé Rapport HAS). La formation, l'entraînement, la performance, l'évaluation des compétences, la recherche sont ses principaux champs d'actions (Gaba 2004 ; Nishisaki et al. 2007).

Plusieurs avantages à la simulation sont identifiables (Gaba 2000) : (i) s'entraîner à faire face à des scénarios critiques, rares dans la pratique réelle, pour lesquels une réponse rapide et coordonnée est indispensable, (ii) explorer et faire des erreurs sans aucun risque pour le patient, (iii) recréer des environnements cliniques fidèles⁹ permettant de tester les interactions humains-machines mais également les interactions humains-humains, (iv) maîtriser les causes sous-jacentes du scénario et contrôler les étapes de dégradation du patient, (v) enregistrer de façon intensive les sessions de simulation pour confronter les soignants à leurs propres actions, décisions, et pour une analyse approfondie des enregistrements à posteriori. L'objectif premier étant d'entraîner les soignants à développer des compétences non-techniques comme la communication, le leadership, la résolution de problème et prise de décision, l'utilisation des ressources, conscience de la situation, la gestion du stress, et de la fatigue (Flin & Maran 2015 ; Hicks et al. 2008). Dans un cadre de recherche, la simulation constitue une source précieuse pour explorer la question des erreurs médicales et donc de la sécurité en santé (Naik & Brien 2013). En effet, comme le soulignent les auteurs, les chercheurs peuvent alors multiplier les situations indésirables et étudier leurs effets sur les performances des soignants tout en contrôlant certains paramètres comme la difficulté du cas clinique, le temps de prise en charge, la composition des équipes... Cela représente une grande amélioration par rapport à l'étude post hoc des événements indésirables associés au traitement de patients réels. Les spécificités de la simulation permettent également de tester de nouveaux outils de prises en charge, de nouvelles procédures, et explorer comment de telles modifications peuvent affecter la performance des soignants.

Utilisée dans le cadre de la hCWA, la simulation est un moyen technique permettant l'observation de contextes d'activités multiples où des opérateurs sont en situation d'interaction quasi-réelle. Les processus adaptatifs qui émergent de l'interaction des 3 composants constituant le système (organisation-domaine-environnement) peuvent alors être observés, filmés et à posteriori analysés.

⁹ La fidélité de l'environnement fait référence à la relation entre l'environnement d'apprentissage généré par simulation et l'environnement de la pratique clinique réelle. Plus l'environnement simulé intègre les éléments présents dans la situation réelle, plus il est fidèle (Naik & Brien 2013).

2. Méthodologie

La méthode hCWA se divise en 5 grandes étapes (Figure 8). Alors que les étapes 1, 2 et 3 constituent les entrées du modèle, les étapes 4 et 5 représentent les sorties. Plus précisément, les 3 premières étapes consistent respectivement en (1) l'analyse du domaine de travail via l'identification des contraintes délimitant l'espace de liberté, (2) l'analyse de la tâche de contrôle via l'identification d'un contexte d'activité et (3) le codage des activités observées dans un contexte de simulation. En sortie, l'étape (4) permet de capturer les modalités de contrôle engagées, les stratégies utilisées, l'organisation du travail mise en place et les compétences déployées pour faire face aux contraintes identifiées. Sur la base de ces observations, l'objectif de l'étape (5) est d'être en mesure de proposer des recommandations, des hypothèses de réorganisation des espaces, de développer des innovations technologiques, ou encore repenser les formations de sorte à les adapter aux besoins de l'activité réelle. Le but étant d'aboutir à des améliorations qui soutiennent les comportements adaptatifs nécessaires au maintien des exigences de sécurité et performance du système. Ce cycle se réitère ensuite pour tester ces innovations en situation de simulation, comprendre l'impact de l'implémentation de ces innovations sur les modalités de contrôle, les stratégies, l'organisation du travail, les compétences et ainsi acquérir des connaissances plus approfondies sur la façon dont les opérateurs contrôlent le domaine. Cette boucle itérative permet de générer de nouveaux besoins en termes de conception jusqu'à l'aboutissement d'une proposition technique ou organisationnelle testée et approuvée.

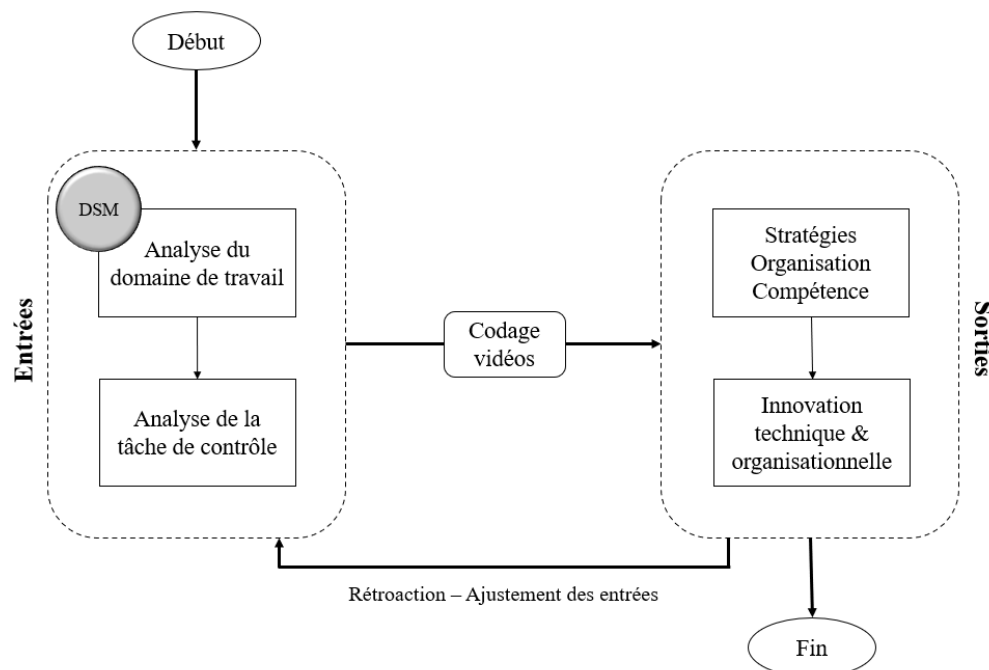


Figure 8 : Présentation des étapes méthodologiques propres à la hCWA.

Une spécificité méthodologique propre à hCWA consiste à remplacer la hiérarchie d'abstraction, couramment utilisée pour l'analyse du domaine de travail, par le modèle de sécurité dynamique de

Rasmussen (1997) précédemment présenté (Figure 9). En décrivant le domaine de travail comme un espace au sein duquel les opérateurs peuvent naviguer mentalement pour prendre des décisions ou résoudre des problèmes, la hiérarchie d'abstraction est particulièrement adaptée à l'approche descendante développée par la CWA. En effet, elle identifie, dès la première phase d'analyse, les connaissances, les propriétés statiques et les règles explicites qui façonnent les activités de résolution de problèmes des experts du domaine (Rasmussen & Vicente 1989). Dans le cadre de la hCWA, l'analyse du domaine se base sur la logique des champs de forces caractéristique du modèle DSM. Ce modèle permet alors de décrire des possibilités d'action situées (Rasmussen 1997 ; Morineau et al. 2017) et ainsi offrir une méthode ascendante focalisée sur l'analyse des comportements qui émergent des interactions dynamiques entre opérateurs, ressources et environnement en temps réel.

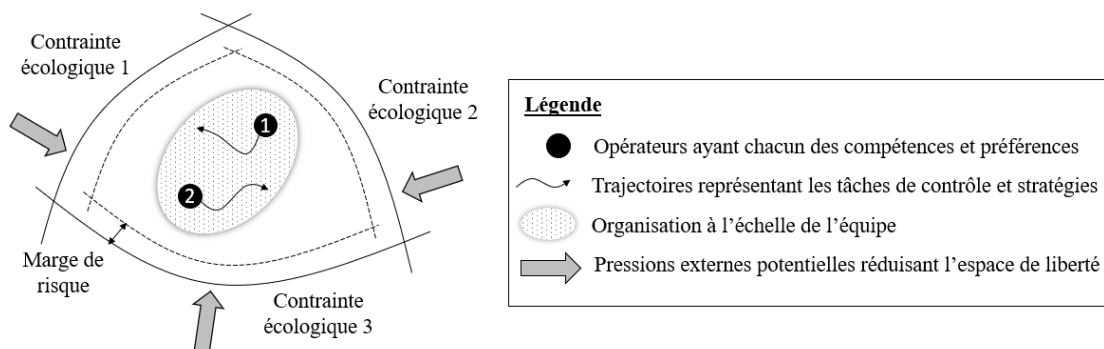


Figure 9 : Représentation de l'espace de travail décrit par hCWA.

Pour finir, nous donnerons quelques définitions afin d'identifier les grands principes gouvernants la méthode hCWA (Morineau & Flach 2019).

Domaine, organisation et espace de travail

- L'espace de travail (« *workspace* ») représente l'interaction entre le domaine de travail (« *work domain* ») et l'organisation.
- L'espace de travail contient un champ de force dynamique. Maintenir la stabilité nécessite des comportements adaptatifs et des ajustements continus en termes de contrôle au regard du domaine et de l'organisation.
- L'espace de travail est délimité par des contraintes. Ces contraintes sont les contraintes de bases à contrôler pour assurer la stabilité du domaine et de l'organisation.
- À l'intérieur de cet espace, un point opératif représente un état de l'activité des opérateurs. Leurs comportements sont représentés sous forme de trajectoires.
- L'espace de travail constitue l'espace des possibilités d'action, autrement dit l'ensemble des degrés de libertés (DDL) disponibles pour assurer le contrôle du système.

- En fonction des forces exercées par les contraintes, le champ des possibles peut s'agrandir ou rétrécir (i.e. le nombre de DDL peut augmenter ou diminuer), laissant plus ou moins de liberté aux opérateurs pour s'adapter.
- Certains événements ou certaines forces provenant des contraintes peuvent générer des trajectoires qui violent parfois les contraintes de sécurité. Les agents migrent alors progressivement vers la marge de risque d'une frontière donnée.
- Selon les valeurs attractives ou répulsives des contraintes, certaines affordances perceptibles vont attirer les opérateurs vers la contrainte ou au contraire les repousser de la contrainte. Les valeurs attractives ou répulsives des contraintes évoluent en fonction des événements.
- Tout événement au sein du système peut modifier les forces qui façonnent les trajectoires.

Tâche de contrôle

- La tâche de contrôle est l'activité, le comportement mis en place pour contrôler le domaine.
- Les trajectoires sont les comportements mis en place par les opérateurs pour contrôler une situation.
- Les comportements nécessaires pour assurer la stabilité du système conduisent à des trajectoires spécifiques au sein de l'espace de travail qui dépendent du champ de force issu des contraintes, des contingences locales, des menaces, des objectifs et préférences des opérateurs.
- Les comportements adaptatifs nécessitent de la coordination à l'aide de différentes boucles de contrôle (régulation, exploration, anticipation).
- Le contrôle adaptatif peut conduire au dépassement des limites de sécurité.

Stratégies

- Les opérateurs mettent en place des stratégies pour pouvoir s'adapter en équilibrant les priorités et les valeurs, en gérant les capacités et préférences de chacun et en répartissant la charge de travail personnelle et/ou collective.
- Le partage des tâches, l'ajustement continu des priorités sont des stratégies visant à réduire la charge de travail individuelle et collective.

Organisation du travail

- Pour faire face à des situations imprévues et dynamiques, pour faire face aux pressions variables provenant des contraintes, pour gérer les conflits potentiels entre des objectifs ou pressions contradictoires, l'auto-organisation est indispensable.
- La répartition des tâches permet de distribuer la charge de travail entre les opérateurs compte tenu de leur capacités, limites, préférences... Cette distribution des tâches, l'utilisation adéquate des ressources en fonction de l'évolution dynamique des objectifs nécessitent de la coordination entre les humains, les machines et les caractéristiques de l'environnement.

- L'organisation spatio-temporelle de l'environnement de travail a un impact sur la façon dont les opérateurs s'organisent, sur la charge de travail, et sur les possibilités d'adaptation.

Compétences

- La coordination requiert une bonne communication pour pouvoir anticiper les actions et les besoins informationnels des agents qui coopèrent pour maintenir la stabilité du champ de force issu des contraintes.
- Des compétences spécifiques et changeantes peuvent être requises pour assurer le contrôle des tâches et le déploiement de certaines stratégies.
- Les compétences peuvent être classées en fonction des 3 niveaux de performance des comportements humains proposés par Rasmussen (1983), à savoir les compétences sensori-motrices, les règles et les connaissances.
- Les conflits peuvent être résolus grâce à des transitions entre des niveaux de contrôle cognitifs.

3. Première application au domaine médical

Dans leurs travaux, Morineau & Flach (2019) proposent une première application de hCWA à l'analyse d'une situation médicale d'urgence. Dans le cadre de ce travail de thèse, seule la première étape d'identification des contraintes sur la base du modèle DSM sera détaillée. Pour une présentation complète de chacune des étapes méthodologiques, je vous renvoie à l'article « *The heuristic version of Cognitive Work Analysis : A first application to medical emergency situations* » publié par Morineau & Flach (2019).

Ainsi, la première étape d'analyse de hCWA consiste en l'identification des contraintes écologiques qui délimitent l'espace de travail. Ces contraintes forment un espace fonctionnel au sein duquel les soignants réalisent les tâches de contrôle nécessaires au maintien de la stabilité du système. Comme évoqué lors de la présentation de DSM précédemment, les comportements humains sont gouvernés par des contraintes qui relèvent respectivement du domaine de travail, de l'environnement organisationnel, et des opérateurs. Appliqué à l'urgence médicale, et sur la base de précédents travaux (Morineau et al. 2017), les auteurs sélectionnent 3 contraintes propres à l'urgence médicale : le soin au patient (i.e. la contrainte donnée par le domaine de travail) ; la gestion des tâches (i.e. la contrainte propre à l'environnement) et le traitement de l'information (i.e. la contrainte propre aux opérateurs) (Figure 10). L'hypothèse est alors de dire que ces 3 contraintes doivent être respectées, contrôlées par les opérateurs pour maintenir les exigences de performance et sécurité propres à la prise en charge d'une situation d'urgence. Caractérisons chacune de ces contraintes :

- La contrainte de soin au patient (SP) ou la contrainte propre au domaine

Apporter des soins adaptés et maintenir le patient dans un état stable constitue le but ultime lors de la prise en charge d'une situation d'urgence (Miller 2004). En effet, les comportements mis en place par

l'équipe médicale sont organisés au regard de cette contrainte. L'intubation, la réalisation d'un massage cardiaque, l'injection de drogue sont tant de soins qui s'expriment au regard de cette contrainte SP. Sur la base des principes de DSM, cette contrainte peut posséder des valeurs attractives ou répulsives qui évoluent en fonction des objectifs et des exigences situationnelles. D'un point de vue dynamique, deux mécanismes sont possibles : le rapprochement/éloignement de la contrainte SP par rapport au point opératif ou le rapprochement/éloignement du point opératif au regard de la contrainte SP. Par exemple, lorsque le patient demande de l'aide ou que son état se détériore brutalement, la contrainte représente un attracteur fort et le point opératif se rapproche de la contrainte. Si les soins prodigués ne sont pas adaptés et que l'état du patient continue de se détériorer malgré les actions menées par les opérateurs, la contrainte se rapproche du point opératif. Ce mouvement vers l'intérieur de la contrainte réduit l'espace des possibilités (réduit les degrés de libertés) et limite les soignants dans le choix des actions possibles pour faire face à la situation. À chaque mouvement « point opératif vers contrainte » ou « contrainte vers point opératif », la probabilité que la limite SP soit franchie augmente. Le risque que l'équipe médicale perde le contrôle augmente.

- La contrainte de gestion des tâches (GT) ou la contrainte propre à l'environnement

La gestion des tâches est une contrainte inévitable dans la gestion de l'urgence. En effet, la manipulation d'objets, la préparation de médicaments, l'allocation des tâches entre les soignants sont des moyens intermédiaires indispensables à la mise en place du soin. Chaque soin nécessite par nature la manipulation d'objet et la réalisation d'actions concrètes. Concernant la dynamique de cette contrainte, un équipement non fonctionnel ou des difficultés dans la manipulation des objets peuvent provoquer la migration du point opératif vers la contrainte. Un environnement de travail encombré déplace la contrainte vers le point opératif, réduisant ainsi les possibilités d'actions.

- La contrainte de traitement de l'information (TI) ou la contrainte propre aux opérateurs

De la même façon que GT est un moyen d'atteindre les objectifs de soin, le contrôle de la contrainte TI est indispensable pour prodiguer des soins de qualité. Cette contrainte représente toute activité de traitement et partage d'information entre individus et systèmes. À titre d'exemple, toute activité de surveillance des constantes physiologiques, toute communication entre soignant sur les aspects du soin et leurs réalisations, ou encore toute utilisation d'aides visant à limiter la charge cognitive de certaines tâches sont caractéristiques de la contrainte TI. Concernant la dynamique de cette contrainte, un environnement de travail trop bruyant entraînant une impossibilité de communiquer ou des pertes d'informations génère le rapprochement de la contrainte vers le point opératif. Un soignant focalisé sur une tâche cognitive complexe, coûteuse en temps, provoque la migration du point opératif vers la contrainte avec le risque toujours de franchir cette limite et de perdre le contrôle de la situation.

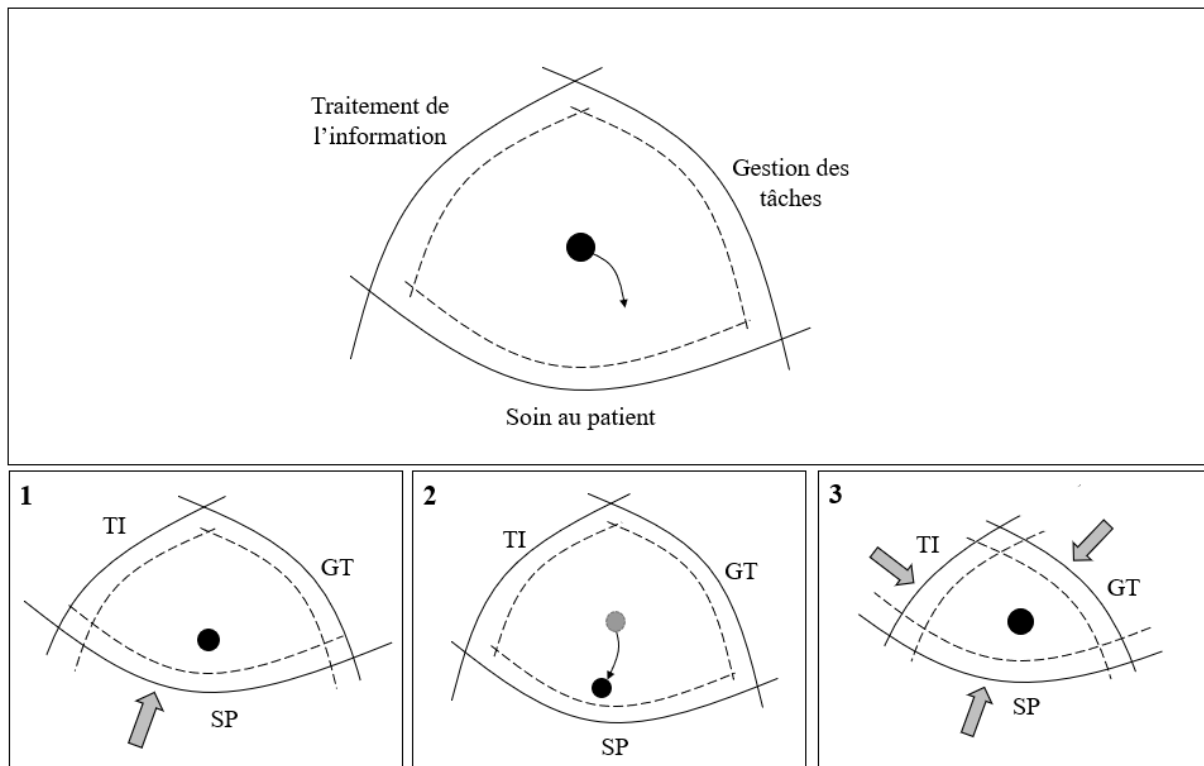


Figure 10 : Représentation de l'espace de travail propre à la prise en charge de l'urgence médicale.

Cet espace est délimité par les contraintes SP (Soin au patient) ; TI (Traitement de l'information) et GT (Gestion des tâches). Le point opératif représente les soignants et leurs comportements sont des trajectoires au sein de cet espace. L'espace constitue l'ensemble des degrés de liberté disponibles. En fonction de la dynamique sous-jacente aux contraintes, plusieurs mécanismes sont possibles. La situation 1 représente le cas où une contrainte se rapproche du point opératif. La situation 2 représente le cas où le point opératif se rapproche d'une contrainte. En situation 3, et par l'effet de pressions combinées, un mouvement des 3 contraintes peut drastiquement réduire l'espace de liberté. La probabilité que le point opératif franchisse les limites augmente, la probabilité qu'une situation problématique survienne augmente.

Dans une logique systémique, la contrainte SP représente la contrainte propre au domaine de travail, les contraintes TI et GT représentent l'organisation de travail (opérateur et machine) nécessaire au contrôle du domaine. La hCWA permet ainsi de modéliser cette double complexité (organisation – domaine) et les processus adaptatifs qui émanent de l'interaction de ces deux systèmes.

Cette première application montre que hCWA permet de modéliser certains aspects dynamiques du travail indispensables pour comprendre les comportements adaptatifs des opérateurs impliqués dans la prise en charge d'une urgence médicale. Sur la base de DSM et de l'observation de contexte d'activité en simulation, hCWA permet de mettre en évidence des problèmes de conception nécessitant une réflexion approfondie et l'apport de solution techniques ou organisationnelles. Cependant, comme

toutes méthodes, hCWA possède certaines limites. Les premières sont principalement liées au fait que cette nouvelle méthode est encore aux balbutiements de son développement et que des applications multiples sont nécessaires pour confronter la méthode à des situations de travail variées. Les auteurs soulignent également que des efforts de formalisation restent à fournir notamment dans l'idée d'aboutir à une modélisation capable de rendre compte de la dynamique des contraintes et comment elle influence la trajectoire des opérateurs dans le but de détecter, réguler les trajectoires à risques.

