

Contribution à la modélisation du comportement sécuritaire de facteur humain dans le contexte de la sécurité industrielle.

Hafida Bouloiz

*Industrial Engineering Department, National School of Applied Sciences, ENSA, University Ibn Zohr - B.P: 1136 Agadir – Morocco
bouloizhafida@yahoo.fr*

Emmanuel Garbolino

*Crisis and Risk research Centre, Mines ParisTech, Rue Claude Daunesse, BP 06904 Sophia Antipolis, Cedex, France
emmanuel.garbolino@mines-paristech.fr*

Mohamed Tkiouat

Industrial Engineering Department, Engineers' Mohammadia School, Avenue Ibn Sina- BP 765, Agdal, Rabat, Morocco

Résumé - Ce travail présente un diagramme causal construit à partir d'une synthèse préalable des principaux facteurs qui influencent le comportement sécuritaire de facteur humain. Cette synthèse a permis de définir de manière pertinente les interactions causales entre l'ensemble de ces facteurs. Cette recherche s'est donc particulièrement intéressée aux différents facteurs explicatifs de la performance du comportement sécuritaire de facteur humain et aux relations de causalité qui lient ces facteurs en se basant sur l'approche de la dynamique des systèmes. Il s'agit d'une nouvelle conceptualisation de la dynamique d'un système industriel permettant une modélisation du comportement de sécurité de facteur humain. La portée pratique de ce travail est de dégager les principes d'actions pour développer et canaliser les comportements de sécurité des opérateurs dans le contexte de la sécurité industrielle. Ce modèle peut être utilisé comme un support permettant d'aider les managers à étudier l'impact d'éventuelles perturbations sur la performance des opérateurs.

Mots clés : *comportement de sécurité, dynamique des systèmes, modélisation dynamique, diagramme causal, facteur humain, approche systémique.*

I. INTRODUCTION

La complexité des systèmes industriels pose un défi en matière de la sécurité industrielle puisqu'elle peut être à la source de déviations du comportement des systèmes industriels, ces déviations étant elles-mêmes à l'origine d'incidents ou d'accidents. Cette complexité est liée surtout au côté imprévisible du comportement du système du fait des interactions entre ses différents éléments (technique, humain, organisationnel, environnemental), parce qu'il est difficile de prévoir l'influence de ces éléments entre eux et sur le comportement global du système.

Particulièrement, les systèmes industriels sont susceptibles à conduire aux accidents causés par des interactions dysfonctionnelles entre les composants du système plutôt que par le dysfonctionnement d'un seul composant [1]. Les défaillances d'un composant qui apparaissent au hasard peuvent être dues à un entretien inadéquat ou l'utilisation d'un composant mal conçu. De même les accidents ne sont pas provoqués par des erreurs humaines simples. Dans ce cas, soit l'homme prend des mesures qui conduisent à un accident, parce que ces mesures lui apparaissent rationnelles en ce moment, soit la manière dont le système est conçu conduit à un comportement incorrect de facteur humain.

Le comportement du facteur humain des opérateurs est un enjeu important dans la sécurité industrielle. Les résultats des enquêtes accident montrent que près de 2/3 des accidents ont comme causes des problèmes de comportements (violations des procédures, non respect des règles, erreurs...) [2]. Une autre raison pour s'intéresser au comportement des opérateurs est que le comportement est un levier majeur de la sécurité en complément des améliorations techniques et organisationnelles [3].

Dans [47], nous avons montré que le facteur humain est en interaction avec tous les composants du système à travers les opérations ou les fonctions (formalisées avec le diagramme use case) menées par les opérateurs. Ce réseau d'interactions au sein du système montre que le facteur humain en plus de l'environnement organisationnel dans lequel il se trouve, définit son comportement vis-à-vis au bon déroulement d'une fonction (use case) en évitant toute situation du risque (Fig.1).

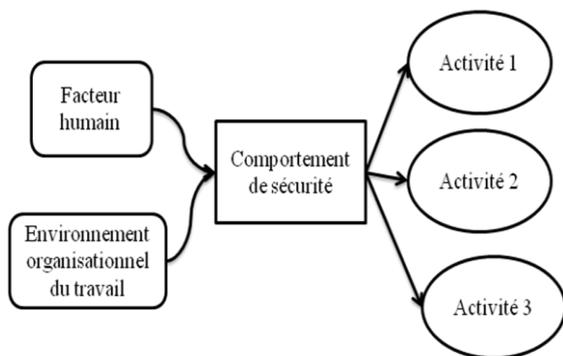


Fig.1. Relations facteur humain et les activités d'un système.

La prise en compte de facteur humain et de son environnement organisationnel dans la maîtrise des risques apparaît donc comme un élément incontournable aux améliorations de la sécurité industrielle [47].

Pour piloter le comportement des opérateurs, sa modélisation est une étape inéluctable. Cet article apporte une contribution à la modélisation du comportement sécuritaire de facteur humain.

Nous présentons ici la méthodologie d'élaboration d'un modèle générique basé sur une vision systémique et la présentation de l'ensemble des facteurs explicatifs de la performance du comportement sécuritaire de facteur humain et aux relations de causalité qui lient ces facteurs en se basant sur l'approche de la dynamique des systèmes.

Le texte suivant s'articule de la manière suivante. Dans une première étape, nous précisons les principaux critères du comportement sécuritaire de facteur humain. En second lieu, nous décrivons le principe du modèle générique de comportement sécuritaire de facteur humain. Ensuite, nous présentons par un diagramme de causalité, les interrelations entre les facteurs influençant le comportement des opérateurs. De ce travail, a découlé un modèle générique de simulation que nous présentons en fin de ce papier.

II. LES PRINCIPAUX CRITERES DU COMPORTEMENT SECURITAIRE DE FACTEUR HUMAIN

Plusieurs définitions du concept « comportement » existent dans la littérature scientifique. Selon [4], le comportement « est l'ensemble des réactions objectivement observables qu'un organisme généralement pourvu d'un système nerveux exécute en réponse aux stimulations du milieu, elles-mêmes objectivement observables ». dans [5], le comportement est défini comme « une réalité appréhendable sous la forme d'unités d'observation, les actes, dont la fréquence et les enchaînements sont susceptibles de se modifier ; il traduit en action l'image de la situation telle qu'elle est élaborée, avec ses outils propres, par l'être que l'on étudie : le comportement exprime une forme de représentation et de construction d'un monde particulier».

Selon [6] deux types de comportement de sécurité sont distingués. Le premier correspond à la prudence qui consiste

par exemple à respecter et appliquer plusieurs règles de sécurité, porter les équipements de protection...etc. Etant donné que la prudence soit absolument nécessaire, elle n'est cependant pas suffisante vu l'écart entre ce qui est demandé et les pratiques de travail observées et aussi l'impossibilité de prévoir toutes les consignes pour toutes les situations. Il est donc nécessaire de développer un deuxième type de comportement qui est l'initiative sécuritaire ou comportement d'initiative pour la sécurité [6]. L'initiative sécuritaire consiste pour l'opérateur par exemple à faire des suggestions pour éviter un danger ou améliorer la sécurité ou lorsqu'il prend des initiatives pour éviter une situation de risque ou encore signaler cette situation ou encore de faire remonter des demandes de correctifs quand un équipement est jugé défectueux.

Ce que l'entreprise recherche et attend de la part de son personnel, ce sont donc à la fois ses ajustements, son adaptation et sa recherche d'alternatives face au contexte imparfait de travail dans lequel il opère, ainsi que sa participation pour révéler et faire remonter les incohérences de l'environnement de travail. Les transgressions et violations des règles, le non-respect des procédures restent des comportements à éviter. La bonne stratégie est de favoriser au même temps les deux types de comportement de sécurité, à savoir la prudence et l'initiative sécuritaire. Et ce sont ces comportements de sécurité que nous considérons dans ce travail.

Plusieurs travaux ont étudié le comportement de facteur humain. Ces travaux étudient le comportement soit à partir d'un seul aspect : compétence [7], personnalité [8], [9], performance [10], soit ils présentent les facteurs psychologiques ou psychosociaux influençant le comportement : Stress [11], [12], Motivation [13], [14], fatigue [11], [15], précision dans le travail [16], sentiment auto-efficacité [17], motricité, intelligence, émotivité [18], conflit [19], [12].

D'autres facteurs de type socio-organisationnels ont fait l'objet des travaux de recherche montrant l'influence de ces facteurs sur les comportements des opérateurs. Dans [6], les auteurs montrent que des facteurs micro-organisationnels tels que : degré de cohésion interne du groupe du travail, degré de coopération du groupe et le superviseur sont des déterminants potentiels de la propension des opérateurs à la prudence et à l'initiative sécuritaire. D'autres études [20], montrent que le facteur macro-organisationnel correspondant au degré d'engagement des cadres dirigeants de l'entreprise en matière de prévention est un facteur important qui influence positivement le comportement de sécurité des travailleurs.

Certains travaux se sont intéressés aussi à étudier les relations de causalité entre certains facteurs psychologiques influençant le comportement des travailleurs. Mais ces relations sont présentées de manière individuelle. Par exemple, l'impact de la variation de l'effort sur la performance [21], l'effet de la motivation sur l'effort [21], l'effet de la motivation sur la décision à agir [13]. Un modèle générique du

comportement a été proposé par [22]. Son modèle représente des interactions causales entre des facteurs psychologiques (motivation, stress, performance, satisfaction, sentiment auto-efficacité) et des facteurs psychosociaux (conflit, communication), pour définir un modèle permettant d'étudier les effets de ces deux types de facteurs sur l'efficacité des opérateurs dans un système de production.

III. PROPOSITION DE MODÉLISATION GÉNÉRIQUE

1. Principe d'un modèle générique de comportement sécuritaire de facteur humain

Dans le modèle de comportement de sécurité que nous proposons, nous considérons des facteurs psychologiques, psychosociaux, organisationnels et aussi économiques pour élaborer un modèle représentatif de comportement de sécurité. L'objectif n'est pas d'étudier de manière exhaustive tous les facteurs influençant le comportement de sécurité, mais de représenter un modèle représentatif, précis mais aussi complexe. Les facteurs choisis sont les facteurs qui sont étudiés pour analyser le comportement humain essentiellement en milieu de travail et qui ont fait objets d'études scientifiques. La définition des interactions causales entre ces facteurs est basée aussi sur ces travaux scientifiques.

2. Méthode de modélisation : dynamique des systèmes

La dynamique des systèmes est une méthodologie de modélisation et de simulation informatique qui permet la conceptualisation, l'analyse et la compréhension des problèmes complexes [48]. Elle trouve son origine dans la cybernétique qui signifie la science du changement et d'évolution dont le fondateur est Norbert Weiner en 1948 [51]. La dynamique des systèmes présente deux aspects intéressants: l'étude systématique du concept de rétroaction et l'étude du comportement dynamique des systèmes. Elle est basée sur des méthodes destinées à étudier des systèmes complexes. Elle montre comment la structure d'un système et les rétroactions que celle-ci contient sont responsables de son comportement dynamique. C'est une méthode qui s'intéresse aux interactions [49].

La syntaxe de la dynamique des systèmes est neutre et indépendante du domaine auquel on souhaite l'appliquer [50]. La compréhension des comportements dynamiques émergeant

de la structure du système nécessite de représenter cette structure.

Dans [48], la modélisation systémique est présentée en 4 étapes: la première étape est l'articulation du problème. Elle consiste à délimiter une frontière de système et de problématique recherchée, et ce en précisant la finalité et les objectifs du travail, en identifiant les entités et les interactions à mettre en évidence, et en définissant les changements et les fluctuations recherchés. La deuxième étape consiste à décrire les relations causales à l'intérieur de ces frontières, il s'agit de construire le diagramme causal (diagramme d'influence). La troisième étape correspond à la traduction des états et des flux à l'intérieur du système par des variables de niveau et de taux (diagramme de niveaux-taux). La quatrième étape consiste à définir précisément les équations de chaque variable, et la formulation des modèles de simulation.

Le modèle de la dynamique des systèmes (Fig. 2) est composé de trois types de variables : variable de stock ou de niveau, variables de flux et variables auxiliaires.

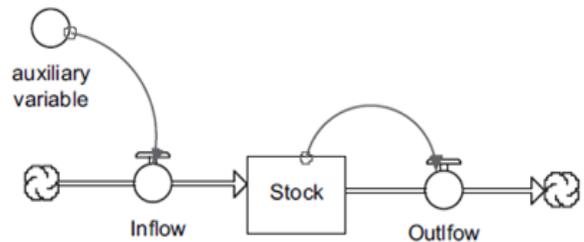


Fig.2. Modèle de la dynamique des systèmes (diagramme de flux et de stock).

3. Représentation par un diagramme causal

Nous rappelons ici que la plupart des travaux existants qui ont étudié les relations causales entre les facteurs influençant le comportement humain ont étudié ces relations de manière individuelle. Ainsi, nous avons agrégés ces relations causales individuelles pour avoir un modèle générique de comportement de sécurité. Le recours aux travaux scientifiques existants nous permet d'accorder une crédibilité à notre modèle. La figure 3 présente le diagramme causal de comportement de sécurité développé sous logiciel VENSIM.

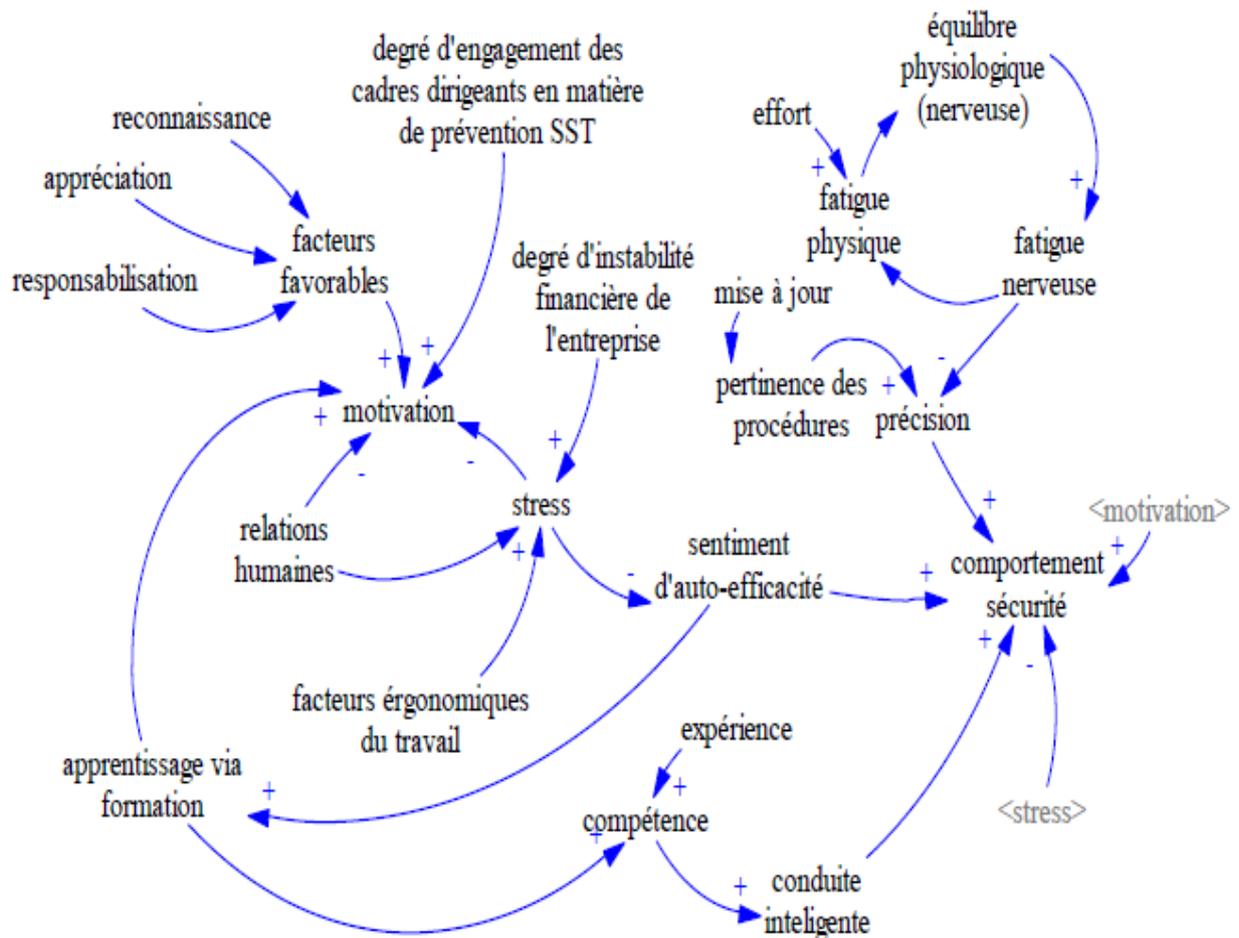


Figure 2. Diagramme causal générique du comportement de sécurité

Ce diagramme d'influence présente un ensemble d'interdépendances causales entre les facteurs influençant le comportement de sécurité des opérateurs. Pour structurer la présentation et l'explication de ce diagramme, nous divisons ces facteurs en deux catégories. La première catégorie correspond aux facteurs qui ont une influence directe sur le comportement de sécurité. Ces facteurs sont : précision, sentiment auto-efficacité, conduite intelligente, motivation, stress. La deuxième catégorie correspond aux facteurs qui influencent les facteurs de la première catégorie. Au fur et à mesure que nous présentons chaque facteur de la première catégorie, nous expliquons aussi les facteurs de la deuxième catégorie.

4. Description des facteurs influençant le comportement sécuritaire des opérateurs

3.1. Motivation

La motivation des opérateurs est un facteur comportemental très important qui influence directement sa décision à agir. Le facteur motivation a fait objet de nombreux travaux de recherche et de nombreuses théories ont été

élaborés autour de ce facteur [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29]. Selon [30], la motivation représente le construit hypothétique utilisé afin de décrire les forces internes et/ou externes produisant le déclenchement, la direction, l'intensité et la persistance du comportement. Dans [13], les auteurs se sont intéressés à développer un modèle plus détaillé de la motivation basé sur la dynamique des systèmes. Leur travail consiste à expliquer pourquoi une personne soumise à un changement de son environnement va se décider effectivement à agir (action). Ils appellent « motivation » le processus qui mène à agir et à décider.

Plusieurs facteurs influencent le processus de motivation. Nous ne cherchons pas à être exhaustif mais nous nous limitons seulement à certains de ces facteurs. Des recherches montrent la présence d'une forte liaison entre l'amélioration des relations humaines et la motivation des opérateurs [18]. L'agressivité et les sanctions sont des facteurs qui augmentent le stress et par conséquent démotivent les opérateurs. Alors que la reconnaissance et l'appréciation de leurs travaux augmentent leur motivation. De même la responsabilisation est un facteur important qui influence la motivation des employés. Elle est traduite par la liberté de décision et d'action

des employés. La formation constitue aussi une source de motivation des employés qui augmente leurs engagements pour une activité précise. Dans [20], l'auteur montre qu'un facteur organisationnel tel que le degré d'implication des cadres dirigeants de l'entreprise en matière de santé et de sécurité au travail (SST) influence positivement sur le comportement de sécurité des travailleurs. C'est un facteur qui influence la motivation des travailleurs.

3.2. Stress

Des recherches menées sur les sources de stress présentent des preuves convaincantes que le milieu de travail demeure une source majeure de stress psychologique, une fois éliminée toute autre source extérieure [31]. Le stress est donc l'un des facteurs étudiés pour analyser le comportement du facteur humain en milieu du travail. Pour les psychologues le stress est le résultat de tout facteur émotif, physique, social, économique ou autre qui exige une réponse ou un changement dans une situation précise.

Dans [32], les auteurs présentent le stress comme un processus en trois phases conceptuelles majeures, elles-mêmes influencées par des facteurs personnels, sociaux et environnementaux. Le processus de stress peut être décomposé en trois phases majeures : les facteurs de stress, le stress, et les conséquences [33]. Les facteurs de stress sont les sources de stress présents dans l'organisation ou l'environnement du travail. Le stress, deuxième phase du processus de stress peut être de longue ou de courte durée selon la nature des facteurs de stress. Cette deuxième phase constitue l'interprétation psychologique et l'expérience des événements vus comme stressants par un individu. Finalement, les conséquences qui sont les manifestations comportementales, psychologiques, physiologiques et organisationnelles résultant d'un stress prolongé ou aigu. Dans [21], l'auteur a présenté un modèle de stress en utilisant la dynamique des systèmes. Son modèle consiste à élaborer des relations causales entre le stress et certains facteurs psychologiques tels que : motivation et l'humeur.

Les relations humaines constituent une source qui influence le stress. L'agressivité augmente le stress des opérateurs. L'environnement du travail est aussi une source de stress. Les facteurs de cet environnement sont des facteurs ergonomiques qui exercent une pression sur l'individu tels que: bruit, vibration, température...etc. Un autre facteur qui semble intéressant de l'introduire comme facteur influençant le stress est un facteur d'ordre économique qui correspond au degré d'instabilité de l'entreprise dans le marché financier, et ce en faisant allusion à la crise financière qui frappe actuellement le monde industriel. Des travaux d'enquête très récents montrent l'influence de la crise financière essentiellement sur le stress des travailleurs [34]. L'enquête menée par Autissier porte sur l'étude d'impact de la crise financière sur la vie en entreprise et particulièrement sur les comportements des salariés. L'échantillon de cette enquête est constitué de 522 personnes appartenant à des entreprises de secteur d'activité différent. Les résultats de cette enquête

montrent que l'une des conséquences de cette crise est l'accroissement de stress pour 41% des 522 personnes interrogées. Alors que la crise ne provoque pas la démotivation, et 93% des entreprises vivent une situation de motivation quasi inchangée.

3.3. Sentiment auto-efficacité

Le sentiment auto-efficacité est un facteur important qui influence directement le comportement des opérateurs. Selon la théorie sociocognitive de [35], le sentiment d'auto-efficacité constitue la croyance que possède un individu en sa capacité de produire ou non une tâche. Plus le sentiment d'auto-efficacité est grand, plus les objectifs que s'impose la personne et l'engagement dans leur poursuite sont élevés. La confiance que la personne place dans ses capacités à produire des effets désirés influence ses aspirations, ses choix, sa vulnérabilité au stress et à la dépression, son niveau de persévérance [35]. Cette confiance et croyance en soi a un lien logique avec l'apprentissage via la formation et qui influence la motivation [36].

3.4. Précision au travail

La précision au travail est en relation avec la qualité et l'efficacité de l'activité réalisée par les opérateurs. C'est un facteur qui débouche la présence ou l'absence des erreurs, et par conséquence influence directement les comportements des opérateurs. Dans [22], l'auteur présente un modèle de l'imprécision au travail. Plusieurs facteurs ont un impact sur la précision ou l'imprécision au travail. Parmi lesquels : la fatigue. Selon [37], la fatigue est une baisse d'activité d'un système vivant, pour une incitation constante et liée à l'activité de ce système. D'après [15], une boucle simple apparaît dès que l'on analyse le phénomène physiologique de la fatigue:

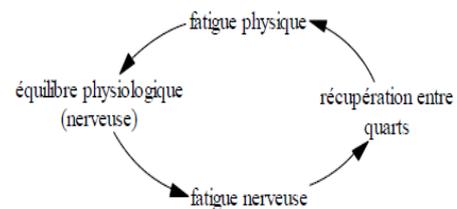


Figure 3. Boucle liée à la fatigue

Cette boucle de fatigue est positive et peut devenir dangereuse en cas de dépression nerveuse. Selon [38], la fatigue nerveuse se manifeste par une impossibilité à maintenir le régime initial avec une déconcentration accompagnée d'une augmentation des erreurs et d'une baisse de vigilance. La pertinence des procédures est un facteur important qui augmente la précision au travail, alors qu'un manque ou une mauvaise information conduit à l'imprécision.

3.5. Conduite intelligente

Selon les psychologues, la conduite intelligente correspond à un niveau mental qui est concrétisé par le comportement, l'adaptation, l'activité motrice, la facilité de résoudre des problèmes, et la capacité d'un opérateur de prévoir des effets de sa propre conduite.

La conduite intelligente est étroitement associée aux compétences. Selon [39], les compétences individuelles sont définies comme le résultat de l'utilisation des expertises internes au comportement dans un contexte externe :

$$\text{Individual competence} = \text{processing mechanisms} + \text{internal expertise} + \text{external context}$$

La modélisation de compétence a fait objet de plusieurs travaux de recherche qui ont proposé des modèles de compétence [40] [41] [42]. Dans [7], les auteurs proposent un modèle de compétence plus complet qui distingue le savoir, le savoir faire et le savoir être. La compétence peut être considérée comme un processus mais aussi comme une disposition à agir [43].

La compétence est un processus qui permet de construire ou d'adapter des stratégies d'action en mobilisant les ressources nécessaires pour accomplir une mission donnée. A travers ce processus le sujet apprend et développe ses pratiques professionnelles. L'apprentissage via la formation constitue une source importante de développement des compétences [44] et un outil performant capable de mettre en place des comportements de sécurité [45]. L'expérience constitue aussi une source importante d'apprentissage et par conséquent influence sur la compétence. Selon [46], un individu « *applique ses connaissances préalables, celles créées par ses expériences perceptives antérieures et celles apportées par sa culture* ».

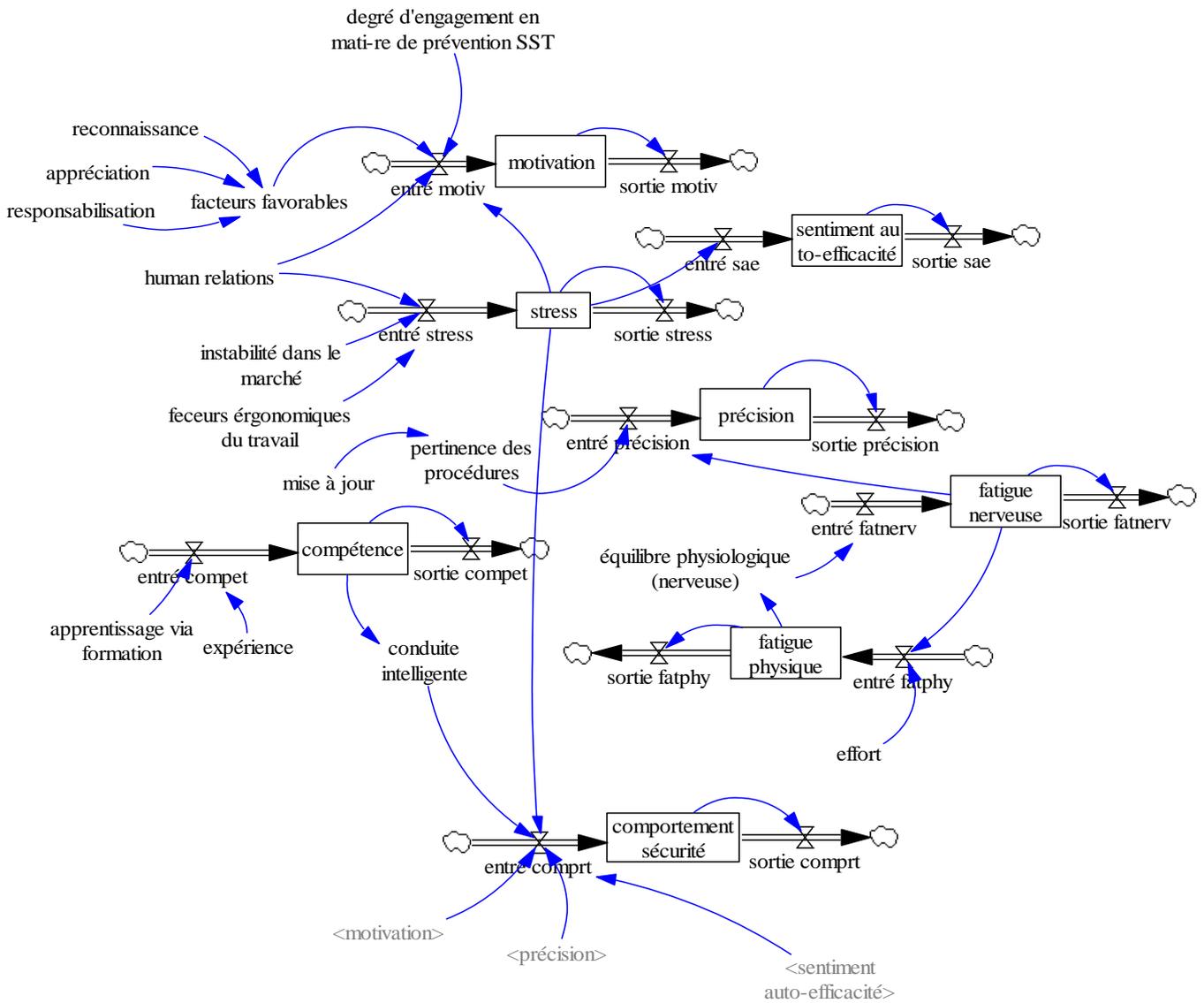


Figure 4. Diagramme de flux et de stock de comportement de sécurité.

Dans la figure 4, nous présentons le diagramme de flux et de stock élaboré à partir du diagramme causal de comportement de sécurité proposé.

Concernant les simulations du modèle, l'objectif consiste à contrôler l'évolution de ces facteurs suite à une perturbation sur une variable de commande et ensuite grâce à l'analyse causale d'adapter et améliorer le niveau des autres facteurs.

4. CONCLUSION

L'objectif de ce travail est de proposer un outil d'aide à la décision dédié au pilotage du comportement sécuritaire de facteur humain. Cet outil basé sur le modèle développé sous VENSIM, permettra d'effectuer une analyse montrant l'interdépendance causale entre les facteurs qui influencent le comportement de facteur humain, ce que ne permettent pas les autres méthodes existantes, et qui constitue l'originalité de ce travail. Il s'agit d'une nouvelle conceptualisation de la dynamique des systèmes permettant une modélisation du comportement de sécurité de facteur humain. La portée pratique de ce travail est de dégager les principes d'actions pour développer et canaliser les comportements de sécurité des opérateurs (la prudence et l'initiative sécuritaire) dans le contexte de la sécurité industrielle.

Références bibliographiques

- [1] Leveson, N., Daouk, M., Dulac, N and Marais, K. Applying STAMP in Accident Analysis. Working Paper Series. Massachusetts Institute of Technology, Engineering Systems Division, 2003.
- [2] Enquête réalisée par l'union européen, 2002.
- [3] Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle (ICSI). Guide sur les facteurs humains et organisationnels de la sécurité, 2008.
- [4] Watson, J. B. Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*, 20, 158-177, 1913.
- [5] Gallo, A. Les animaux, psychologie et comportement, pp. 63, 1999.
- [6] Simard, M et Marchand, A. La participation des travailleurs à la prévention des accidents du travail : formes, efficacité et déterminants, 1997.
- [7] Harzallah, M., Vernadat, F. It-based competency modeling and management : from theory to practice in enterprise engineering and operations. *Computers in Industry* 48(2) :157-179, 2002.
- [8] McCrae, R. et John, O. An introduction to the five-factor model and its applications. *Journal of Personality*, pp. 175-215, 1992.
- [9] Howard, P. J. *The Owner's Manual for the Brain*. Bard Press, 2000.
- [10] Siebers, P., Baines, T., Mason, S. et Ladbrook, J. Modelling human variation in assembly line models. In proceedings of the 2004 Operational Research Society Simulation Workshop (SW04), UK, 2004.
- [11] Giambiasi, N., Frydman, C. et Seck, M. Modélisation et simulation du comportement humain avec le formalisme devs. In Actes de 6ème Conférence Francophone de Modélisation et Simulation (MOSIM'06), Maroc, 2005.
- [12] Frere, R. Contribution à l'intégration d'aspects humains dans la modélisation des systèmes de fabrication : vers une gestion conjointe des ressources humaines et de la production. Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Valenciennes, France, 2000.
- [13] Karsky, M et Donnadiou, G. *The Dynamic of Behavior and Motivation*, 1990.
- [14] Ashgate, Ryan, R. et Deci, E. Intrinsic and extrinsic motivations : Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25:54-67, 2000.
- [15] Karsky, M et Adamo, M. Application de la Dynamique des Systèmes et de la Logique Floue à la Modélisation d'un Problème de Postes en Raffinerie. Actes du Congrès de l'AFCEET. Edition Hommes et Techniques. Tome 2. pp. 479, 1977.
- [16] Belyavin, A et Farmer, E. Modeling the workload and performance of psychomotor tasks. In proceedings of the conference on Behavior Representation in Modeling and Simulation (BRIMS), Baltimore, USA, 2006.
- [17] Bandura, A. *Self-efficacy: The exercise of control*. New York:: Freeman, 1997.
- [18] Gemelli, A.P. *Le Facteur Humain : Des Accidents du Travail dans l'Industrie*, 1955.
- [19] Cornet, A. Enquête de climat social et de satisfaction au travail : un outil de gestion des ressources humaines. Rapport technique, 13e Université d'été, 1995
- [20] Andriessen, J. H. T. H. Safe behaviour and safety motivation, *Journal of Occupational Accidents*, 1, 368-76. Apter, M. (1982). *The Experience of Motivation*. Aracil, J. (1984). *Introduction à la dynamique des systèmes* : trad. par M. Ossandon-Lyon : presse universitaire de Lyon, p. 414. 1978.
- [21] Jones, C. Behavioral theory in simulation: Ambiguous results from simple relationships. In Proceedings the 23rd International Conference of the System Dynamics Society, USA, 2005.
- [22] Elkosantini, S. Contribution à la modélisation dynamique du comportement d'opérateurs humains. Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal, 2007.
- [23] Maslow, A. H. A theory of human motivation. *Psychological Review*, pp. 370-396, 1954.
- [24] Herzberg, F et Charles Voraz. *Le Travail et la Nature de l'homme*, Entreprise moderne d'édition, Paris, 1959.
- [25] McClelland, D. *Théorie des Besoins*, 1961.
- [26] Hackman, J. R et G. R. Oldham. « Motivation through the design of work: Test of a theory », in *Organizational Behavior and Human Performance* no 16, p. 250-279, 1976.
- [27] Vroom, V. *Work and motivation*. Wiley, New York.
- [28] Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*, 20, 158-177, 1964.
- [29] Adams, J. S. Inequity in social exchange, in L. Berkowitz, *Advances in experimental social psychology*, Academic press, New York, vol. 2, pp. 267, 1963
- [30] Apter, M. J. *The Experience of Motivation*. 378p, 1982.
- [31] Vallerand, R. J and Thill, E. E. Introduction au concept de motivation, chapitre Introduction à la psychologie de la motivation, pp.3-39, 1993.
- [32] Marchand, A., Demers, A., & Durand, P. Does work really cause distress? The contribution of occupational structure and work organization to the experience of psychological distress. *Social Science and Medicine*, 60, 1-14, 2005.
- [33] Hart, P. et Cooper, C. Occupational stress : Toward a more integrated framework., volume 2, chapitre *Handbook of Industrial Work and Organizational Psychology*, 2001.
- [34] Harvey, S., Courcy, F., Petit, A., Hudon, J., Teed, M., Loïsel, O. et Morin, A. Interventions organisationnelles et santé psychologique au travail : une synthèse des approches au niveau international. Rapport, IRSST, 2006.
- [35] Autissier, D et Bensebaa, F. Enquête : Impact de la crise financière sur la vie en entreprise. Perception et Comportements des salariés, 2009.
- [36] Bandura, A et Carré, P. Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle. Collection "Ouvertures psychologiques" ; ISBN 2744500984, p. 860, 2002.
- [37] Foucher, R et Morin, L. Sentiment d'efficacité personnelle et apprentissage dans des dispositifs ouverts de formation : résultats de cinq recherches empiriques, 2007.
- [38] Scherrer, S. *Physiologie du travail*, 1967.
- [39] Allain, H. *La fatigue : de la biologie à la pharmacologie*. Rapport technique, Université de rennes 1, 1999

- [39] Zachary, W., Santarelli, T., Ryder, J., Stokes, J. et Scolaro, D. Developing a multi-tasking cognitive agent using the cognet/igen integrative architecture. In proceeding of 10th Conference on Computer Generated Forces and Behavior representation, 2001.
- [40] Boucher, X. et Burlat P. Vers l'intégration des compétences dans le pilotage des performances de l'entreprise. JESA, Vol. 37, N° 3, p. 363-390, 2003.
- [41] Bonjour, E and M. Dulmet. Articulation entre pilotage des systèmes de compétences et gestion des connaissances. 1er colloque de gestion des compétences et des connaissances en génie industriel, Nantes, 12-13 décembre, pp 43-50, 2002.
- [42] Boumane, A., Talbi, A., Tahon, C., et Bouami, D. Contribution à la modélisation de la compétence. MOSIM'06 « Modélisation, Optimisation et Simulation des Systèmes : Défis et Opportunités », Rabat. Maroc, 2006.
- [43] Le Boterf. Construire les compétences individuelles et collectives : La compétence n'est plus ce qu'elle était, 2004.
- [44] Cesar, M. Le processus d'apprentissage organisationnel : vers de nouveaux modes d'apprentissage et de gestion des compétences, 2005.
- [45] Denis-Remis, C. Approche de la maîtrise des risques par la formation des acteurs. Thèse de doctorat. Ecole des Mines de Paris, 2007.
- [46] Jimenez, M. La psychologie de la perception. Flammarion. France, 1997.
- [47] Bouloiz, H., Garbolino, E., Tkiouat, M., 2010. Contribution of a systemic modeling approach applied to support risk analysis of a storage unit of chemical products in Morocco. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 23, pp. 312-322.
- [48] Forrester JW. Industrial Dynamics, Cambridge: MIT Press; 1961. p.464.
- [49] Aracil J. Introduction à la dynamique des systèmes; translated by M.Ossandon-Lyon: presse universitaire de Lyon ; 1984. p.414.
- [50] Paté-Cornell ME. A Post Mortem Analysis of the Piper Alpha Accident: Technical and Organizational Factors. Risk Analysis 1999; 13(2): 215-232.
- [51] Wiener N. Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine; 1948.

