



**HAL**  
open science

# **La prévention des Accidents avec Perturbation du Mouvement (APM) : un enjeu majeur pour la sécurité au travail, un objet de recherche pour l'ergonomie**

Sylvie Leclercq

## **► To cite this version:**

Sylvie Leclercq. La prévention des Accidents avec Perturbation du Mouvement (APM) : un enjeu majeur pour la sécurité au travail, un objet de recherche pour l'ergonomie. NS 373, Institut National de Recherche et de Sécurité(INRS). 2021, 124 p. <hal-03880977>

**HAL Id: hal-03880977**

**<https://hal.science/hal-03880977v1>**

Submitted on 1 Dec 2022

**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.



Distributed under a Creative Commons CC0 1.0 - Universal - International License



## **La prévention des accidents avec perturbation du mouvement (APM)**

Un enjeu majeur pour la sécurité au travail,  
un objet de recherche pour l'ergonomie

# **La prévention des accidents avec perturbation du mouvement (APM)**

Un enjeu majeur pour la sécurité au travail,  
un objet de recherche pour l'ergonomie

Sylvie Leclercq

Laboratoire Physiologie - Mouvement - Travail (PMT)  
Département Homme au Travail

**NS 373**  
septembre 2021

# La prévention des Accidents avec Perturbation du Mouvement (APM) : un enjeu majeur pour la sécurité au travail, un objet de recherche pour l'ergonomie

Sylvie Leclercq

INRS

*Le contenu de cette proposition de Note Scientifique et Technique (NST) est extrait d'un mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) qui sera soutenue fin 2021.*

## Résumé

Cette note porte sur la prévention des accidents avec perturbation du mouvement (APM), un ensemble d'accidents du travail (AT) cohérent du point de vue du phénomène accidentel et de la prévention.

Il présente tout d'abord un état des lieux concernant les accidents du travail : l'évolution de leur périmètre, de leur fréquence, de leur gravité, de leur prévention ainsi que leur spécificité qui est pour  $\frac{3}{4}$  d'entre eux de correspondre à des risques qui se manifestent à travers le mouvement des travailleurs. Ces risques dont le risque d'APM fait partie interrogent le concept de danger, ce qui a conduit à une nouvelle modélisation de la production de la lésion. Ce modèle qui caractérise le danger par une énergie permet notamment d'explicitier une différence essentielle entre les AT et les accidents industriels. Les connaissances acquises sur le risque d'APM sont formalisées à travers différentes représentations et les modes d'action de la prévention sont discutés en lien avec le caractère émergent des APM les plus difficiles à prévenir.

Les APM expriment le fait qu'à un moment donné, il n'a pas été possible pour le travailleur de réaliser sa tâche tout en évitant les perturbations du mouvement. Le contrôle du mouvement est indissociable du contrôle de l'activité, tout comme le mouvement est indissociable de l'activité. Ainsi la prévention des APM nécessite le regard de l'ergonomie pour notamment tenter de comprendre les régulations dans l'activité en lien avec le risque de perturbation accidentelle du mouvement. Après avoir montré la complexité du contrôle du mouvement, un cadre d'analyse centré sur les régulations opératives est proposé à partir des travaux en ergonomie et des connaissances acquises sur le risque d'APM. Ce cadre est destiné à mieux comprendre non seulement l'échec de ces régulations en cas de perturbation du mouvement, mais également leur

performance la majorité du temps. Des aspects préalables à sa mobilisation sont discutés, notamment son inscription dans une réalité plus complexe et dans une recherche locale et collective de réponses en matière de prévention. Des aspects de nature méthodologique en lien directement avec la mobilisation du cadre d'analyse sont également discutés, en particulier la plage et la nature des observations, l'évaluation de la dynamique du but poursuivi ainsi que le traitement des observations.

Des idées fortes et des perspectives de recherche émanent de ce travail autour des APM. Les perspectives ont trait en particulier à la sensibilisation et à l'outillage des préventeurs, aux modes d'action de la prévention des APM, à l'anticipation de ce risque lors de la conception des situations de travail et enfin à l'intégration de la sécurité au travail et de la sécurité industrielle.

## Sommaire

### Introduction

#### I. Etat des lieux concernant les accidents du travail

##### I.1. Les accidents du travail (AT). Définition, modèles, concepts et prévention

I.1.1. Evolution de la définition et du périmètre des AT

I.1.2. Evolution de la fréquence des AT

I.1.3. Concepts et modèles caractérisant l'accident qui se produit dans un système sociotechnique

I.1.3.1. Le danger dans le modèle du risque accidentel

I.1.3.2. La genèse du fait accidentel et les modèles d'accident

I.1.3.3. Des usages différenciés des modèles d'accident

I.1.4. Evolution de la prévention et de sa conception

##### I.2. Enjeux majeurs dans le champ de la sécurité au travail

I.2.1. Les accidents dans les systèmes sociotechniques en France

I.2.2. Les accidents du travail en France

I.2.3. Les risques professionnels qui se manifestent à travers les mouvements au travail

#### II. Le risque d'APM

##### II.1. Définition et caractérisation

II.1.1. Périmètre des APM

II.1.2. La notion d'APM : quelle utilité pour la prévention ? pour l'ergonomie ?

II.1.2.1. Mise en visibilité d'un risque dans toute sa diversité et orientation du regard vers l'événement à prévenir

II.1.2.2. Cohérence du point de vue du phénomène accidentel

II.1.3. Les APM : des accidents fréquents et graves, qui touchent tous les secteurs d'activité

II.1.4. Perception du risque d'APM et niveau de préoccupation qu'il suscite

##### II.2. Concept de danger et APM. Modélisation de la production du dommage

II.2.1. La représentation classique du risque d'AT

II.2.2. Le danger : un concept polysémique et des catégories pragmatiques

- II.2.2.1. Un concept polysémique dont la frontière avec la notion de facteur de risque est floue
      - II.2.2.2. Un concept polysémique dont la frontière avec la notion de perte de contrôle est floue
      - II.2.2.3. Des catégories pragmatiques qui laissent dans l'ombre nombre d'APM
    - II.2.3. Développement d'un modèle de production de la lésion révélant la nature composite du « danger » en cas de risque d'APM
    - II.2.4. Conséquences en matière d'exposition, d'évaluation du risque et de protection
      - II.2.4.1. APM et exposition
      - II.2.4.2. Evaluation du risque d'APM
      - II.2.4.3. APM et actions de protection
    - II.2.5. Evolution de la représentation classique du risque d'AT
    - II.2.6. Extension du modèle de production du dommage à tout accident survenant dans un système sociotechnique
  - II.3. Représentation et compréhension des APM
    - II.3.1. Caractère systémique du risque
    - II.3.2. Des scénarios récurrents d'APM qui plaident pour une prévention locale et diversifiée
      - II.3.2.1. Limite des facteurs isolés d'accident
      - II.3.2.2. Des combinaisons de facteurs d'accident de natures différentes
      - II.3.2.3. Des scénarios récurrents d'APM
    - II.3.3. Représentation centrée sur les régulations dans l'activité, inspirée de modèles développés en ergonomie
  - II.4. Conception de la sécurité et APM
    - II.4.1. Evolution de la prévention : Mise en place de barrières toujours plus en amont dans la genèse de la lésion
    - II.4.2. L'APM : une combinaison inédite de facteurs habituels
    - II.4.3. Un nécessaire équilibre entre une prévention défensive et une prévention visant le renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation du système
- III. Les régulations dans l'activité et le risque d'APM
- III.1. Le contrôle du mouvement en situation de travail
    - III.1.1. Contrôle du mouvement et recherches en ergonomie
    - III.1.2. L'APM : le résultat d'une accumulation de contraintes à un moment donné

III.1.3. L'APM : une mise en défaut soudaine du contrôle du mouvement au cours de l'activité

III.1.4. Le contrôle du mouvement en situation de travail : un processus de décision parfois très contraint par le temps

III.1.5. Le contrôle du mouvement défini par les interactions en situation de travail

III.1.6. Le contrôle du mouvement : un ajustement perpétuel dans une optique de production et de sécurité

III.2. Cadre d'analyse du risque d'APM centré sur les régulations au cours de l'activité

III.2.1. Modèle classique de régulation et risque d'APM

III.2.2. Le couplage subjectif d'informations pour (re)définir le but

III.2.3. Régulations dans les études ergonomiques et risque d'APM

III.2.4. Cadre d'analyse du risque d'APM

III.3. Précisions méthodologiques en lien avec le risque d'APM

III.3.1. Aspects préalables à la mobilisation du cadre d'analyse

III.3.1.1. Inscription dans une réalité plus complexe

III.3.1.2. Recherche locale et collective de solutions

III.3.1.3. Identification de la situation à étudier

III.3.2. Aspects liés à la mobilisation du cadre d'analyse

III.3.2.1. Plage d'observation

III.3.2.2. Quelles observations ?

III.3.2.2.1. Les interactions avec l'enveloppe physique et les pièces/objets manipulés

III.3.2.2.2. Les conditions de l'activité collective impactant le mouvement

III.3.2.2.3. Le but poursuivi

III.3.2.3. Intérêt de l'entretien d'explicitation

III.3.2.4. Quels traitements des observations ?

III.3.2.4.1. Caractérisation des mouvements suivant leur spécificité

III.3.2.4.2. Prise en compte de la précision attendue des mouvements et de leur variabilité intrinsèque

III.3.2.4.3. Caractérisation des régulations

IV. Des idées fortes et des perspectives de recherche

IV.1. Des idées fortes

IV.2 Des perspectives de recherche

- IV.2.1. Sensibiliser et outiller le préventeur pour la gestion du risque d'APM
  - IV.2.1.1. Evolution de la représentation du risque d'AT
  - IV.2.1.2. Cadre générique pour l'évaluation du risque d'AT
  - IV.2.1.3. Méthode d'analyse des APM
- IV.2.2. Tendre vers un renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation
  - IV.2.2.1. Deux familles de modes d'action de la prévention
  - IV.2.2.2 Compléter l'approche défensive de la prévention des APM par une approche pro active
- IV.2.3. Mieux anticiper le risque d'APM lors de la conception des situations de travail
- IV.2.4. Intégrer la sécurité des process et la sécurité des personnes

Conclusion

## Introduction

La proposition de rassembler les accidents du travail (AT) correspondant à un même phénomène accidentel, caractérisé à partir de la notion de perturbation du mouvement au cours de l'activité, émerge des recherches menées à l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) dans le champ de la sécurité au travail. Ces accidents ont été appelés accidents avec perturbation du mouvement (APM) (Leclercq et al., 2010). Les recherches menées sur ces AT ont conduit notamment à capitaliser des connaissances, croiser des regards, interroger des concepts et des modèles, proposer des perspectives et finalement à défendre des idées fortes en faveur de la prévention de ces AT.

Cette note scientifique et technique argumente cette proposition et présente les connaissances, interrogations, idées fortes et perspectives relatives à la problématique de prévention des APM. Ceci avec l'espoir de contribuer à rendre visible un risque professionnel dont la prévention représente un enjeu considérable, et d'autre part de susciter autour de cet objet et des perspectives de recherches associées, l'intérêt de chercheurs en plus grand nombre.

Le contenu de cette note se trouve à la croisée de deux disciplines qui empruntent elles-mêmes à plusieurs disciplines : (1) l'ergonomie dont le regard porté sur l'activité est indispensable à la compréhension du risque d'APM. En effet, ce risque se manifeste à travers le mouvement du travailleur, mouvement qui est indissociable de son activité. Comprendre ce risque pour agir en entreprise nécessite donc de focaliser le regard sur l'activité, ses déterminants et ses effets et (2) la prévention des risques professionnels<sup>1</sup> dont les concepts, les modèles et les méthodes fondent les pratiques des préventeurs, préventeurs qui sont des interlocuteurs privilégiés des ergonomes lorsque ces derniers interviennent sur des questions en lien avec la sécurité au travail.

La première partie du document présente tout d'abord un état des lieux concernant les AT, l'évolution de leur périmètre, de leur fréquence, de leur gravité, de leur prévention ainsi que leur spécificité qui est pour  $\frac{3}{4}$  d'entre eux de correspondre à des risques qui se manifestent à travers les mouvements dans l'activité du travailleur.

La deuxième partie est consacrée à la définition et la caractérisation du risque d'APM, un risque cohérent du point de vue du phénomène accidentel et du point de vue de la prévention. Les définitions des concepts co-déterminés de danger et d'exposition sont précisées afin de

---

<sup>1</sup> La prévention des risques et en particulier des risques professionnels est abordée comme une discipline par Doppler (2004) et De la Garza et Fadier (2004).

caractériser le risque d'APM et sa manifestation. Un modèle de production du dommage adapté aux risques d'AT qui se manifestent dans les mouvements des travailleurs est alors proposé. La représentation systématique du danger par une énergie conduit à caractériser une distinction essentielle entre accident de process et accident de personne. Enfin, les connaissances acquises sur le risque d'APM sont formalisées à travers différentes représentations et les modes d'action de la prévention sont discutés en lien avec le caractère émergent des APM les plus difficiles à prévenir.

La troisième partie approfondit une représentation du risque d'APM basée sur les régulations opérées par le travailleur à travers son activité pour répondre à la fois aux exigences de la production et à l'évitement des APM. Elle donne tout d'abord à voir (1) la complexité du contrôle du mouvement en situation de travail et l'ajustement perpétuel qu'il produit dans une optique de production et de sécurité et (2) la caractéristique que le mouvement partage avec l'activité, à savoir son émergence des interactions entre le travailleur, sa tâche et son environnement. L'APM est défini en conséquence comme l'impossibilité pour un travailleur à un moment donné de contrôler son mouvement tout en réalisant sa tâche. Un cadre d'analyse du risque d'APM centré sur les régulations au cours de l'activité est ensuite proposé. Les déterminants et les effets de l'activité de régulation sont examinés à la lumière des connaissances en ergonomie et de celles acquises sur le risque d'APM. Ceci dans une optique de mobilisation du cadre proposé pour analyser ce risque. L'attention du lecteur est ensuite attirée sur quelques aspects méthodologiques préalables, et d'autres simultanés, à la mobilisation du cadre d'analyse du risque d'APM, ceci afin de guider son usage.

La quatrième partie est consacrée aux principales idées fortes émanant des recherches sur les APM ainsi qu'à des perspectives de recherche dont la finalité est d'avancer dans la prévention des AT et des APM en particulier. Elles concernent notamment l'outillage du préventeur pour la gestion de ce risque, le renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation du système, l'anticipation du risque d'APM lors de la conception des situations de travail et enfin l'intégration de la sécurité des process et de la sécurité des personnes.

## I. Etat des lieux concernant les accidents du travail

Cette première partie décrit tout d'abord, d'une part les évolutions de la définition, du périmètre et de la fréquence des AT, et d'autre part les concepts et les modèles d'accident et de prévention

sur lesquels est fondée la prévention des accidents qui se produisent dans les systèmes sociotechniques. Les enjeux dans le champ de la sécurité au travail sont ensuite caractérisés en révélant notamment l'ampleur des risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs. Cet « état des lieux » interroge (1) le degré de maîtrise des AT et la nature des nombreux accidents du travail « résiduels », (2) le concept de danger et en conséquence le modèle du risque accidentel dans lequel il s'inscrit aussi bien que la différence entre accident de process et accident de personne qu'il caractérise et, (3) les modèles et leur usage (ou le manque de modèle et d'usage), dans le champ de la prévention des AT et des APM en particulier.

## I.1. Les accidents du travail. Définition, modèles, concepts et prévention

### I.1.1 Evolution de la définition et du périmètre des AT

Dans son document sur le droit des AT au XIX<sup>ème</sup> siècle, Hordern (1991) écrit qu'« *aux alentours de 1880, la concentration industrielle, le machinisme et le développement du travail au rendement augmentent le nombre d'AT. Un débat très large est alors engagé à la chambre des députés, débat qui va aboutir à la loi du 9 avril 1898 concernant les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail. La MP est exclue<sup>2</sup>, à cause des difficultés de savoir si elle a bien été contractée dans le travail. L'accident doit être survenu par le fait et à l'occasion du travail, sur les lieux de travail et ses dépendances et pendant le temps de travail. La loi vise les exploitants industriels* ». Cette loi s'élargit ensuite à d'autres secteurs (agricole puis commercial) pour en 1938 concerner l'ensemble des individus liés par un contrat de travail (IRDES, 2011). Elle établit la présomption de la responsabilité de l'employeur en cas d'AT et prévoit une réparation forfaitaire du dommage à la charge de l'employeur en précisant que celui-ci peut souscrire une assurance facultative auprès des compagnies privées. La loi du 30 octobre 1946<sup>3</sup> qui confie l'assurance AT-MP obligatoire et universelle à la sécurité sociale a intégré la loi du 9 avril 1898, dans l'organisation de la sécurité sociale (IRDES, 2011).

---

<sup>2</sup> La loi relative aux maladies professionnelles date du 25 octobre 1919.

<sup>3</sup> Cette loi donne naissance au système actuel d'assurance des risques professionnels. Elle participe du plan qui impose un « régime général » à tous ceux n'étant pas inclus dans les « régimes spéciaux ». Le découpage des régimes de sécurité sociale conduit souvent à ne prendre en compte que les accidents du régime général des travailleurs salariés, qui couvre environ 80% du total des salariés en France.

La lésion accidentelle est décrite en 1898 comme une « *atteinte au corps humain, provenant de l'action soudaine et violente d'une cause extérieure* ». Les lésions prises en considération dans le cadre des AT ont longtemps été exclusivement des lésions corporelles. C'est dès 1982 que des circulaires de la CNAMTS ont été élaborées pour donner des instructions aux caisses primaires d'assurance maladie sur la prise en charge des traumatismes psychologiques, comme dans le cas des hold-up. Et c'est seulement depuis une jurisprudence de 2002 (arrêt du Tribunal des affaires de sécurité sociale de Dijon du 10 décembre 2002) que les atteintes à la santé mentale liées à des difficultés au travail autres que ces traumatismes violents, peuvent être reconnues en AT (Blum Le Coat et Pascual, 2017). Ainsi un événement brutal tel qu'un malaise, une altercation violente, une agression, une crise d'angoisse ... survenu au temps et au lieu du travail devrait être déclaré en AT (Blum Le Coat et Pascual, 2017).

La définition juridique actuelle de l'AT donnée par l'article L.411-1 du Code de la Sécurité sociale<sup>4</sup> emprunte à celle adoptée en 1898, tout en étant plus large. « Est considéré comme AT, quelle qu'en soit la cause, l'accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail à toute personne salariée ou travaillant, à quelque titre ou en quelque lieu que ce soit, pour un ou plusieurs employeurs ou chefs d'entreprise ». Sous cette définition, l'AT, pour être reconnu, doit répondre aux deux caractéristiques suivantes : (1) être un fait accidentel soudain entraînant la production d'une lésion et (2) être survenu dans le cadre de l'activité professionnelle de la victime.

Ce document porte sur des accidents occasionnés par une perturbation du mouvement de la victime au cours du travail. Il s'agit donc exclusivement de lésions corporelles. Les cas de lésions de nature psychique ne seront pas abordés dans ce document. Le contenu du paragraphe I.2. dans cette première partie ainsi que l'article portant sur les AT survenus en 2015 dans les entreprises du régime général (Travail et Sécurité, 2016) montrent que, au moins jusqu'en 2015, les lésions corporelles ont constitué l'essentiel des AT déclarés et reconnus. Un rapport de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie paru en janvier 2018 précise que « *la part des affections psychiques (déclarées et reconnues) dans l'ensemble des AT a progressé entre 2011 et 2016 de 1% à 1,6%* » (CNAMTS, 2018). Ceci dit, il est très difficile de chiffrer aujourd'hui les risques psychosociaux (RPS) qui font peu l'objet de reconnaissances d'atteinte professionnelle.

---

<sup>4</sup> Créé par le décret 85-1353 du 17 décembre 1985.

### I.1.2. Evolutions de la fréquence des AT

Les évolutions des AT ont accompagné les évolutions du travail. Dans les économies développées, les activités ont changé (disparition de sites sidérurgiques, développement du secteur du transport et tertiarisation par exemple), des mutations techniques (mécanisation, automatisation puis informatisation) et organisationnelles (globalisation des marchés financiers et ses conséquences) se sont produites. Des dispositifs de prévention, en particulier des dispositifs réglementaires ont été mis en place (cf. APSST, 2018 par exemple). Ces évolutions ont conduit notamment à l'allègement des travaux les plus pénibles physiquement, à des effets délétères plus nombreux sur la santé mentale (Bressol, 2004) et à une réduction du risque de rencontre entre l'homme et le danger par la mise en place de barrières de protection. L'importante réduction, jusqu'au début des années 90, de la fréquence des décès à l'occasion d'un AT ainsi que des AT avec arrêt en témoigne (cf. figure 1).

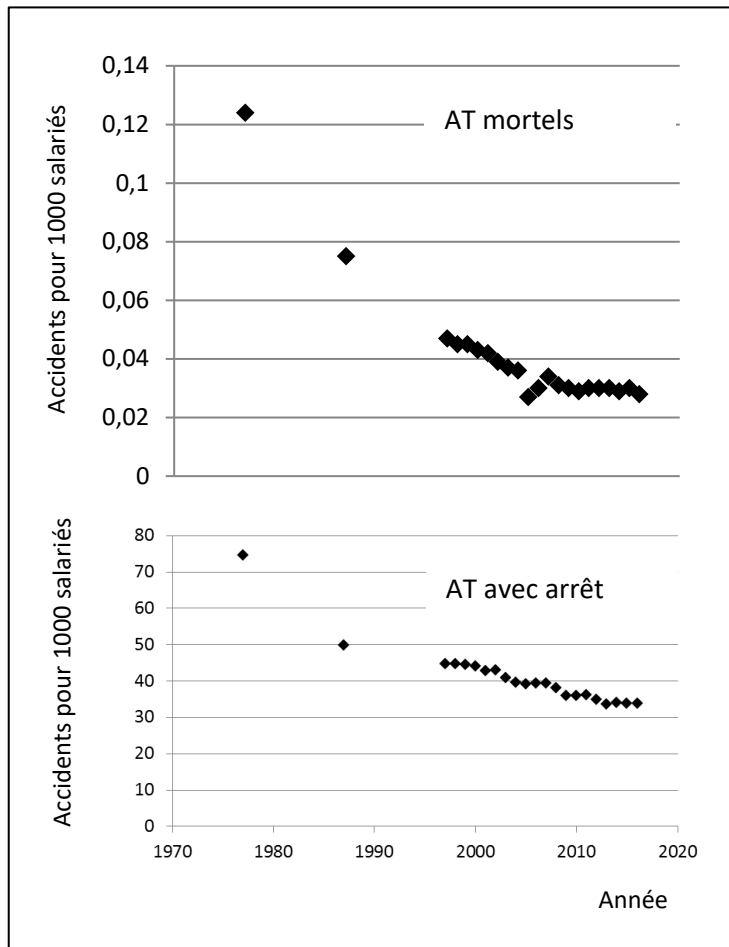


Figure 1 : Evolution de l'indice de fréquence des AT mortels et des AT avec arrêt survenus dans les entreprises du régime général entre 1977 et 2016 (Données CNAMTS). L'indice de fréquence = (nombre d'AT x 1000) /effectif de la population salariée.

Au regard de ces chiffres, peut-on considérer que le risque d'AT est maîtrisé ? En d'autres termes, la décroissance de la fréquence des AT a-t-elle atteint un seuil limite acceptable ? Indépassable ? Ou bien une prévention renouvelée peut-elle contribuer à réduire encore la fréquence des AT ? Quelle est la nature des accidents parfois qualifiés de « résiduels » qui constituent les accidents se produisant encore ?

La lecture de l'évolution de la fréquence des AT depuis 1955 conduit Chardeyron (2008) à évoquer en 2008 la prise en compte de risques auparavant sous-estimés, comme le risque de TMS survenu accidentellement. Ceci dans l'optique de réduire encore la fréquence des AT. Le risque de heurt, glissade, coincement ou de toute autre perturbation accidentelle du mouvement n'est quant à lui pas rendu visible. Quel enjeu représente sa prévention ? Sa prévention n'est-elle pas également un moyen de réduire encore la fréquence des AT ?

### I.1.3. Concepts et modèles caractérisant l'accident qui se produit dans un système sociotechnique

#### I.1.3.1. Le danger dans le modèle du risque accidentel

La définition juridique actuelle de l'AT ne définit pas la notion d'accident mais son lien avec le travail<sup>5</sup>. Ce sont les caractéristiques auxquelles doit répondre l'accident qui pallient ce manque en introduisant les notions de fait accidentel soudain et de lésion. Le modèle du risque accidentel et de sa manifestation fait intervenir, en plus des notions de fait accidentel et de lésion, les concepts d'exposition et de danger. Ainsi lorsqu'un travailleur se trouve exposé à un danger et qu'un fait déclencheur (fait accidentel soudain entraînant la rencontre du travailleur et du danger) se produit alors il s'ensuit la production d'une lésion (cf. figure 2). Ce modèle est exploité en particulier pour identifier des risques accidentels (à partir de l'identification des dangers) et pour mettre en place des actions de protection. La production de la lésion est par ailleurs le point de départ de toute analyse d'AT. Enfin l'enseignement de ce modèle forge les représentations qu'ont les préventeurs du risque d'AT.

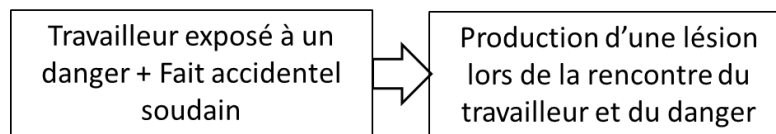


Figure 2 : représentation d'un risque accidentel conduisant à une lésion corporelle

L'Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail (ANACT) évoque en 2012 le risque de TMS comme un risque qui « *n'est pas associé à la notion de danger et ne repose pas sur une valeur moyenne ou limite d'exposition* » (ANACT, 2012). Le risque d'APM qui, comme le risque de TMS, se manifeste à travers les mouvements des travailleurs, est-il « *associé* » à la notion de danger ? Quel est le danger en cas d'APM ? Les définitions du concept de danger sont-elles adaptées à ce risque ? Hormis pour ce qui concerne le risque de TMS accidentel (cf. paragraphe I.1.2), les dangers ciblés par la prévention des AT ont-ils évolué ? Le modèle de risque accidentel faisant intervenir la notion de danger, indissociable de celle d'exposition, doit-il évoluer ?

---

<sup>5</sup> Aux termes de l'article L.411-1 du Code de la Sécurité sociale, « est considéré comme accident du travail, quelle qu'en soit la cause, l'accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail à toute personne salariée ou travaillant à quelque titre ou en quelque lieu que ce soit, pour un ou plusieurs employeurs ou chefs d'entreprise ».

Enfin le type de danger et le dommage qui en résulte sont les éléments qui distinguent clairement la sécurité des personnes (sécurité au travail) de la sécurité des process<sup>6</sup> (Hopkins, 2009). Interroger le concept de danger conduit donc naturellement à interroger une différence fondamentale entre accident de personne et accident de process. En quoi ces interrogations peuvent-elles être utiles dans le cadre notamment de l'intégration des deux types de sécurité ?

### I.1.3.2. La genèse du fait accidentel et les modèles d'accidents

La soudaineté du fait accidentel fait souvent oublier la dynamique dans laquelle s'inscrit ce fait et la production du dommage qui s'ensuit. Ainsi le fait accidentel et la production de la lésion sont précédés d'une genèse comme le montre la figure 3. Cette figure adopte les termes génériques « dommage » et « cible » pour représenter l'ensemble des accidents qui se produisent dans les systèmes sociotechniques, et pas exclusivement les AT. En cas d'AT, le dommage et la cible sont respectivement une lésion et un travailleur, et en cas d'accident de process, le dommage peut être de différentes natures et les cibles sont les travailleurs, les installations de l'entreprise et l'environnement extérieur à l'entreprise.

Des modèles d'accident plus complets intègrent les conséquences des dommages comme les modèles « Bow-tie » (nœud papillon) qui fournissent une représentation symétrique de faits précédant la survenue du dommage et aussi de faits consécutifs au dommage (cf. par exemple Ale et al., 2008). La survenue d'un accident peut en effet constituer un élément antécédent à d'autres événements non souhaités. Nous nous limiterons aux modèles aboutissant à la production du dommage, comme sur la figure 3.

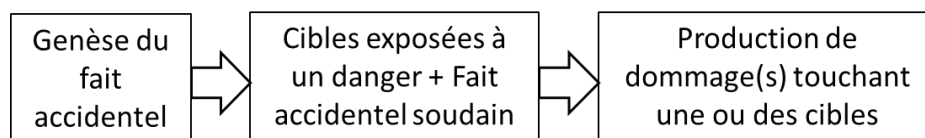


Figure 3 : représentation d'un accident

---

<sup>6</sup> Le terme process est utilisé en général pour faire référence soit à un process technologique plus ou moins complexe composant le processus de production, soit au processus de production de bien ou de service dans son ensemble. Dans ce document, on distinguera process technologique et processus de production, le terme process désignant un process technologique. La littérature utilise une terminologie variée pour qualifier les accidents occasionnés par la perte de contrôle d'un process : accidents industriels, accidents technologiques majeurs, accidents de process. L'expression accident de process sera utilisée dans ce document.

La genèse du fait accidentel est représentée par une structure, composée de facteurs d'accident. On parle également de structure causale. Sa représentation a évolué vers de plus en plus de complexité. Monteau et Pham (1987) décrivent l'évolution de ces structures ainsi que de la nature des facteurs d'accidents pris en compte. Ils montrent que la structure unicausale au début des années 1900 a évolué vers une structure multicausale au milieu des années 1900 (Heinrich, 1950). La structure multicausale la plus aboutie combine des enchaînements et des conjonctions de facteurs de toutes natures.

En ce qui concerne la nature des facteurs, les facteurs techniques et en partie les facteurs humains ont d'abord été les seuls explorés. Aujourd'hui, toute représentation de l'accident repose sur une conception systémique, c'est-à-dire que sa genèse se situe complètement dans le fonctionnement d'un système déterminé. Le système considéré lorsqu'il s'agit d'accident de process ou d'AT est le système sociotechnique caractérisant toute entreprise à finalité productive de biens ou de services. Les facteurs d'accident expriment alors des perturbations dans les interactions entre les composantes du système analysé. Hollnagel (2004) attribue à Sheridan, en 1992, l'idée de modèle systémique d'accident. Il convient de préciser que certains auteurs réservent cette notion d'« accident systémique » aux accidents de process survenant dans les grandes organisations sociotechniques (Fahlbruch et Wilpert, 2001 ; Lundberg et al., 2009), soulignant ainsi des différences en termes d'approche et de représentation. En Europe, l'idée de modèle systémique en sécurité au travail est apparue sensiblement plus tôt au début des années 1960 au sein d'un groupe de responsables du programme de recherche réalisé sous l'égide de la Communauté Economique du Charbon et de l'Acier (CECA) et concernant la genèse des AT dans les mines et la sidérurgie (CECA, 1967). Si les composantes du système et les interactions entre composantes qui se révèlent perturbées en situation accidentelle ne se recouvrent pas complètement dans les cas d'accident de process et dans les cas d'AT, l'un et l'autre et en particulier l'APM n'en sont pas moins des accidents systémiques.

Les modèles d'accident utilisés forgent les représentations et déterminent donc l'action de prévention. Les modèles en usage sont-ils représentatifs de l'ensemble des AT aujourd'hui ? A quels modèles fait-on appel (le cas échéant ...) pour traiter des accidents occasionnés par une perturbation accidentelle du mouvement ? Quelle profondeur dans la genèse de la lésion est explorée lors de l'analyse des APM ? Les modèles d'accident sont-ils suffisants pour comprendre la survenue d'APM ou d'autres modèles centrés sur l'activité sont-ils nécessaires ?

### I.1.3.3. Des usages différenciés des modèles d'accident

Les articles traitant des modèles d'accidents survenant dans les systèmes sociotechniques ne distinguent pas toujours explicitement les AT des accidents de process (par exemple Kjellen, 2000 ; Hollnagel, 2004). L'usage qui est fait des modèles, en particulier des méthodes d'analyse qui en découlent, est en revanche très dépendant de la nature du fait accidentel et des dommages qui s'ensuivent. Le périmètre du système dont on va analyser un dysfonctionnement est également dépendant de la nature du fait accidentel. S'agit-il d'une perte de contrôle<sup>7</sup> d'un process susceptible d'entraîner des dommages qualifiés de majeurs? S'agit-il de la perte de contrôle par un salarié de son mouvement, perte de contrôle susceptible d'entraîner une lésion touchant le salarié en question ? Dans le premier cas, les dommages n'étant pas circonscrits à l'organisation productive, l'analyse de l'accident va mobiliser de nombreux acteurs dont des acteurs extérieurs à l'entreprise. Elle va également explorer systématiquement les causes qui dépassent le périmètre de l'organisation productive. Le point de départ de l'analyse sera la perte de contrôle du process et en aucun cas les lésions subies par chaque travailleur victime. Dans le second cas, l'analyse est moins systématique. Elle est réalisée le plus souvent au sein de l'entreprise et son point de départ est la production de la lésion touchant le salarié. Ces deux cas illustrent des situations extrêmes entre lesquelles une grande diversité de situations accidentelles sont possibles. Les accidents de process pouvant toucher les salariés d'une entreprise, la frontière entre AT et accident de process reste floue.

La profondeur du réseau causal exploré lors des analyses des accidents de process ou des AT est probablement déterminée en partie par les représentations des causes des différents accidents. Pour autant, la nature des facteurs est-elle différente dans les différents cas d'accidents ? Quelles perturbations ? Entre quelles composantes du système sociotechnique ? sont identifiées lors de l'analyse de l'un ou l'autre type d'accident ? Quel approfondissement de l'analyse des APM serait utile à l'avancée de la prévention de ce type d'accident ?

### I.1.4. Evolution de la prévention et de sa conception

La réalité des AT évolue avec les évolutions du travail et avec les actions de prévention mises en place. Ces actions ont tout d'abord consisté, de manière pragmatique, à neutraliser les

---

<sup>7</sup> La production du dommage est précédée du fait accidentel soudain, parfois qualifié de perte de contrôle (cf. par exemple le modèle générique de Kjellen (2000) sur lequel on reviendra dans le paragraphe II.2..

facteurs d'accidents mis en évidence. La prise en compte d'une genèse du dommage de plus en plus profonde a élargi le champ des actions possibles en matière de prévention.

La nature des facteurs qui composent la structure causale varie suivant la place qu'occupe le facteur dans la profondeur de la genèse du fait accidentel. Les facteurs les plus proches de la lésion dans cette genèse sont de nature technique. Ils sont les premiers facteurs pris en compte et la prévention technique accapare d'abord tous les efforts (Monteau, 2010). Il s'agit en priorité de chercher à séparer l'homme du danger dans les situations où le progrès technique (mécanisation, automatisation, robotisation) n'a pas opéré cette séparation. Que ce soit dans le champ de la sécurité au travail (cf. Monteau, 1992 par exemple) ou dans celui de la sécurité des process (cf. Daniellou et al., 2010 par exemple), la maîtrise des facteurs humains et organisationnels doit compléter celle des facteurs techniques.

En termes d'approche, si la neutralisation des facteurs d'accident par la mise en place de barrières a montré son efficacité, la nature émergente des accidents résiduels a conduit à proposer une approche complémentaire dans le champ de la prévention des accidents de process (Hollnagel et al., 2006). Cette approche vise le renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation du système. Elle se distingue donc de l'approche défensive « traditionnelle ». Quelles actions sont mises en place pour prévenir le risque d'APM ? Quels facteurs ces actions ciblent-elles ? Ce risque est-il un risque émergent ? Quelle(s) prévention(s) promouvoir pour sa maîtrise ?

## I.2. Enjeux majeurs dans le champ de la sécurité au travail

### I.2.1. Les accidents dans les systèmes sociotechniques en France

Le contenu de ce paragraphe est extrait de l'article de Leclercq et al., (2018). Il examine les contenus des bases de données capitalisant différents types d'accidents survenant dans les systèmes sociotechniques afin d'apprécier les risques présents et gérés dans ces systèmes, ainsi que l'enjeu que représente leur prévention. Ces accidents font l'objet de recensements différents suivant les éléments auxquels ils portent atteinte (travailleurs, bénéficiaires du service produit, environnement, installations, ...) et en fonction du type de déclaration qui incombe au système, lorsqu'il s'agit d'AT par exemple.

La base intitulée « Analyse Recherche et Information sur les Accidents (ARIA) » a été développée par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels<sup>8</sup> (BARPI) pour capitaliser des accidents de process survenant dans les Installations Classées<sup>9</sup> mais également des accidents qui concernent le transport de matières dangereuses, la distribution et l'utilisation domestique du gaz, les mines et carrières ainsi que les ouvrages hydrauliques. Il s'agit d'accidents qui ont causé (ou auraient pu causer) des dommages touchant les cibles suivantes : les installations de l'entreprise, l'environnement, les populations environnantes et/ou le personnel de l'entreprise.

En ce qui concerne les AT, des bases sont constituées à partir des déclarations obligatoires que font les entreprises pour chaque employé blessé au cours du travail. La base constituée par la CNAMTS concerne les entreprises du régime général en France et couvre environ 80% des travailleurs.

Les recensements des accidents de process et des accidents du travail ne sont pas effectués de manière homogène, ni exhaustive. En effet, d'une part des zones de recouvrement existent : un accident aux dommages qualifiés de majeurs, enregistré dans la base ARIA par exemple, qui a notamment occasionné des dommages corporels touchant plusieurs travailleurs, sera également enregistré comme autant d'AT qu'il y a de travailleurs victimes. D'autre part, un accident révélant la perte de contrôle d'un process et dont les dommages sont circonscrits à l'entreprise, n'est pas systématiquement recensé dans une base. Il apparaîtra dans la base répertoriant les AT, sous la forme d'autant d'événements qu'il y a de victimes parmi les travailleurs, le cas échéant.

Malgré ces limites, il reste intéressant d'examiner les fréquences et les conséquences des accidents répertoriés dans la base ARIA et dans la base rassemblant les AT survenus dans les entreprises qui dépendent du régime général en France. La base de données ARIA a recensé depuis 1992 un total de 43 976 accidents et incidents de process. 37 586 concernent la France et 26 368 de ces événements impliquent des Installations Classées. En 2013, 899 accidents de process ont été recensés, c'est à dire qu'ils ont donné lieu à une intervention des secours publics ainsi qu'à une déclaration à l'Inspection des Installations Classées. 251 accidents de process parmi les 899 ont eu des conséquences environnementales et 160 ont eu des conséquences

---

<sup>8</sup> Bureau de la Direction Générale de la Prévention des Risques du ministère du Développement Durable.

<sup>9</sup> Le code de l'environnement appelle installation classée pour la protection de l'environnement, les usines, ateliers, dépôts, chantiers et, d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, soit pour l'utilisation rationnelle de l'énergie, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique (Légifrance, 2019).

humaines dont 7 décès, 19 blessés graves et 158 blessés. En même temps, on recense chaque année pour les entreprises du régime général employant plus de 18 millions de salariés en France, plus de 600 000 AT avec arrêt, plus de 500 AT mortels, plus de 34 000 AT conduisant à une incapacité permanente et environ 40 000 000 de jours perdus par incapacité temporaire (Données CNAMTS).

### I.2.2. Les accidents du travail en France

Une enquête menée en France par l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) auprès de 26 824 personnes travaillant ou ayant travaillé, rapporte qu'en 2013, 5% des personnes de 15 ans ou plus, ayant travaillé au cours des 12 derniers mois, déclarent avoir eu un AT ayant entraîné une blessure sur cette période et 26% déclarent avoir subi au moins un AT depuis le début de leur carrière (Babet et Lê, 2018). La même enquête menée au niveau européen révèle que la France était en 2013 le deuxième pays de l'Union Européenne le plus touché par les AT avec 5% de victimes au cours des 12 derniers mois contre 3% en moyenne dans l'Union européenne (Babet et Lê, 2018).

L'examen des données statistiques relatives aux AT survenus dans les entreprises qui relèvent du régime général en France permet de décrire partiellement ces AT ainsi que leur évolution. Il est important de souligner que ces données correspondent aux AT avec arrêt de travail, qui ont été déclarés et reconnus, conditions qui conduisent à une sous-estimation de la sinistralité (Daubas-Letourneux, 2008). Les données statistiques présentées sur la figure 1 montrent que le nombre d'AT avec arrêt a diminué de manière importante entre la fin des années 70 et la fin des années 80, alors que le nombre de salariés restait relativement stable. Plus d'un million d'AT avec arrêt ont été recensés en 1977 dans les entreprises du régime général. En 1987, ce nombre était de 662 800. Depuis, leur baisse est beaucoup plus lente. En 2016, le nombre d'AT recensé était de 626 227.

Au regard des évolutions du nombre d'AT avec arrêt, du nombre de décès et de l'effectif de la population salariée, le risque d'AT peut apparaître comme un risque maîtrisé puisque l'indice de fréquence des AT avec arrêt et des AT mortels présente une relative stabilisation. Or deux constats vont à l'encontre de cette supposée maîtrise. D'une part, l'évolution des indicateurs de gravité est moins favorable. En effet, le nombre de jours de travail perdus en raison d'un AT était respectivement supérieur à 28, 37 et 40 millions en 1977, 2012 et 2016 (données CNAMTS). D'autre part, le nombre de décès et le nombre d'incapacités permanentes à

l'occasion d'un AT ainsi que le nombre d'AT avec arrêt restent supérieurs respectivement à 500, 34 000 et 600 000 par an (données CNAMTS).

Le tableau 1 exploite des données de la CNAMTS recueillies jusqu'en 2012. Après cette date et dans une perspective d'harmonisation européenne, la catégorisation des AT à des fins statistiques a changé, rendant difficile la comparaison ou le suivi de l'évolution. Compte tenu du regard macroscopique imposé par ces données et de la lente évolution des indicateurs observée aujourd'hui, on peut considérer que les ordres de grandeur annoncés dans le tableau 1 restent d'actualité. Le contenu de ce tableau distingue les cas d'AT survenus en 2012 suivant la façon dont a été produite la lésion. En 2012, 640 891 AT avec arrêt ont occasionné 37 823 128 jours d'incapacité temporaire (IT). 40 136 AT ont donné lieu à une incapacité permanente (IP). Ceci pour une population de 18 296 201 salariés. Parmi ces accidents, 558 ont été mortels. Dans environ 30% des cas d'AT avec arrêt survenus en 2012, la lésion a été produite par un élément avec lequel tout contact<sup>10</sup> entraîne une blessure (source haute tension, produit chimique, organes en mouvement d'une machine, ...). Dans ces cas d'AT, les données statistiques permettent d'identifier l'élément qui produit la lésion (source haute tension, produit chimique, organes en mouvement d'une machine, ...) mais ne permettent pas de caractériser le fait accidentel soudain. Les autres cas (environ 70%) sont des chutes de hauteur, des lésions au cours de la manutention manuelle, des glissades, des heurts et d'autres perturbations du mouvement ou encore des douleurs soudaines à l'occasion de la réalisation d'un mouvement. Il s'agit donc d'accidents pour lesquels le fait accidentel soudain est une perturbation du mouvement. Dans ces cas, la lésion a été produite directement par un élément de l'environnement avec lequel le travailleur interagit physiquement et régulièrement sans qu'il y ait blessure (un meuble dans le cas d'un heurt contre ce meuble par exemple) ou bien par aucun élément dans l'environnement extérieur (une douleur à l'occasion d'un mouvement par exemple). Les données statistiques ne permettent pas le plus souvent d'identifier cet élément. Ces derniers accidents (chutes de hauteur ; lésions au cours de la manutention manuelle ; glissades, heurts et autres perturbations du mouvement ; ou encore douleurs à l'occasion de la réalisation d'un mouvement) correspondent à des risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, mouvements qui constituent une composante de leur activité.

---

<sup>10</sup> On parle de contact mais parfois une proximité physique suffit dans le cas par exemple de certaines sources haute tension.

Tableau 1 : Caractérisation des AT à partir des données statistiques de la CNAMTS pour l'année 2012. Repris de Leclercq et al. (2013)

	Cas où la lésion est produite par un élément avec lequel tout contact entraîne une blessure (source haute tension, produit chimique, organes en mouvement d'une machine, ...)	Cas où la lésion est produite directement par un élément avec lequel le travailleur interagit physiquement et régulièrement sans qu'il y ait blessure (sol, bâti d'une machine, mur, élément transporté, ...)		
Proportion parmi l'ensemble des AT avec arrêt	30%	70%		
Sous-catégories		Les chutes de hauteur <sup>1</sup> (4%)	Les lésions au cours de la manutention manuelle (34%)	Les glissades, trébuchements, coincements, heurts et autres perturbations du mouvement ainsi que les douleurs qui surviennent à l'occasion de la réalisation d'un mouvement (32%)
Entreprises concernées	Principalement les entreprises du secteur secondaire		Toutes les entreprises	
Gravité en termes de pourcentage				
• d'IP <sup>2</sup>	30%	70%		
• de jours perdus par IT <sup>3</sup>	26%	74%		
• de décès	81% (décès)	19% (décès)		
Diminution de l'IdF <sup>4</sup> entre 1998 et 2012 (‰)	9,8			
		5,7		
<sup>1</sup> : chute à partir de situations de travail en hauteur ou lors de l'accès à ces situations, c'est-à-dire de situations résultant de l'emplacement de travail (toitures, passerelles, charpentes...) ou de l'utilisation de certains équipements (échelles, échafaudages, plates-formes de travail). <sup>2</sup> : Incapacité permanente <sup>3</sup> : Incapacité temporaire <sup>4</sup> : Indice de fréquence = (nombre d'AT avec arrêt x 1000)/effectif de la population salariée				

Les actions mises en place dans le cadre de la prévention des AT n'ont pas bénéficié autant aux risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, qu'aux autres risques d'AT. En effet, l'indice de fréquence de l'ensemble des AT avec arrêt a baissé de 9,8 entre 1998 et 2012. Sa diminution sur la même période est de 5,7 lorsqu'il s'agit des risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs. Ainsi la maîtrise du risque d'AT diffère suivant la nature de l'AT.

### I.2.3. Les risques professionnels qui se manifestent à travers les mouvements au travail

Les données statistiques et les enquêtes portant sur la santé et la sécurité au travail considèrent différentes catégories de risques et distinguent parfois le risque d'accident (risque de chute de hauteur, risque lié aux manutentions manuelles, risque d'électrocution, ...) du risque de pathologie (une partie des risques de TMS, risques de cancer, ...).

Les risques d'AT dans leur majorité se manifestent à travers les mouvements des travailleurs (cf. tableau 1). La lésion apparaît alors soudainement lors de la réalisation d'un mouvement, qui est perturbé par une douleur violente (TMS de nature accidentelle) ou par une interaction inappropriée entre la victime en mouvement et l'environnement physique immédiat (heurts, trébuchements, coincements, glissades etc.)<sup>11</sup>. Les lésions peuvent survenir lors de n'importe quel type de mouvement et, dans certains cas, lors d'un effort important d'une durée qui peut être courte. D'autres risques professionnels, des risques de pathologie, se manifestent également à travers les mouvements au travail. Il s'agit d'une partie des TMS. Dans ces cas, la lésion apparaît progressivement, et s'installe lors de la réalisation de mouvements qui sont, souvent mais pas exclusivement, caractérisés par des postures contraignantes et / ou des efforts importants et / ou une répétition élevée. Ces pathologies se manifestent après un temps d'exposition plus ou moins long.

Le tableau 2 ci-dessous repris de Leclercq et al. (2015) exploite des bases de données capitalisant des AT et/ou des MP. Il rassemble les données concernant les rubriques relatives aux risques professionnels qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs. Le contenu de ce tableau montre (1) que parmi l'ensemble des lésions au travail relatives à des risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, l'ampleur des lésions à l'occasion d'AT dépasse de beaucoup celle des lésions à l'occasion de MP et (2) qu'une part importante des lésions survient à l'occasion de la réalisation de mouvements qui ne sont pas nécessairement associés à une activité physique élevée.

---

<sup>11</sup> Les situations accidentelles pour lesquelles la posture ou le mouvement d'un travailleur se trouve perturbé par le mouvement d'un élément (technique, humain, physique, ...) auquel le travailleur n'a pas participé, ne font pas partie des risques qui se manifestent à travers le mouvement volontaire de la victime. Par exemple, la victime est heurtée par ... ou coincée par ... .

Tableau 2. Pourcentage de lésions répertoriées dans des bases de données rassemblant des AT et/ou MP et selon des rubriques relatives aux risques d'AT/MP qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs.

Source	Lésions au travail ciblées	Rubriques sous lesquelles sont répertoriés les AT/MP se manifestant à travers les mouvements des travailleurs	% de lésions parmi les lésions ciblées	
(CE, 2008)	Les 3,983,881 accidents du travail non mortels, causant plus de 3 jours d'arrêt en 2005	Glissades, trébuchements avec chute de plain-pied ou en marchant lourdement, ou bien faux pas ou glissades sans chute	19%	
		Perte totale ou partielle de contrôle d'outil à main ou d'objet	15%	
		Mouvements non coordonnés, gestes intempestifs ou inopportuns	9%	
		En soulevant, en portant ou en se levant	7%	
		Chutes de hauteur	5%	
(CNAMTS, 2009)	Les 703 976 accidents du travail avec jour(s) d'arrêt qui se sont produits en 2008 dans les entreprises qui dépendent du régime général en France	Mouvement du corps sous ou avec contrainte physique	4%	
		Au cours de la manutention manuelle	34%	
		Glissades, trébuchements, coincements, heurts ou autres perturbations du mouvement ou apparitions de douleur à l'occasion d'un mouvement	32%	
(EASHW, 2010)	Les 45 410 maladies professionnelles survenues en 2008 dans les entreprises qui dépendent du régime général en France	Chutes à partir de situations de travail en hauteur	5%	
		Troubles Musculo-Squelettiques (TMS) des membres ou du rachis	81%	
(HSE, 2011)	Les 84,070 maladies professionnelles reconnues qui se sont produites dans 12 états membres	Troubles Musculo-Squelettiques (TMS)	58.8%	
		1,500 pathologies professionnelles enregistrées pour 100,000 travailleurs par les médecins généralistes	Troubles Musculo-Squelettiques (TMS)	53%
(HSE, 2011)	1,3 million de cas auto rapportés des pathologies professionnelles suivantes: troubles musculo-squelettiques, stress, dépression ou anxiété, maladies infectieuses et problèmes pulmonaires	Troubles Musculo-Squelettiques (TMS)	45%	
		26,061 accidents considérés comme graves	Glissade ou trébuchement	41%
			Chute de hauteur	16%
		95,369 accidents ayant causé plus de 3 jours d'arrêt	Au cours de la manutention, du levage ou du transport	36%
			Glissade ou trébuchement	24%
(BLS, 2012)	1,238,490 accidents et pathologies professionnels non mortels et avec arrêt, survenus en 2009 dans les entreprises publiques, privées et gouvernementales aux États-Unis	Effort physique excessif (à l'exception du levage) au cours de la manipulation d'objets (tirer, pousser, etc.)	22%	
		Chutes de plain-pied	15%	
		Heurs contre un objet (le mouvement produisant le contact est celui de la personne blessée, à l'exception des chutes)	6.4%	
		Chute avec dénivellation (dont les chutes dans les escaliers et les chutes à partir de véhicules à l'arrêt)	6.4%	
		Glissades, trébuchements et perturbations d'équilibre, sans chute	3.6%	
		Accident ou pathologie consécutif à un mouvement répétitif	2.9%	

## II. Le risque d'APM

Cette deuxième partie caractérise dans un premier temps le risque d'APM puis montre l'enjeu majeur que représente sa prévention dans le champ de la sécurité au travail, enjeu totalement occulté par la sous-estimation du risque d'APM. Dans un deuxième temps, la modélisation de la production du dommage (la lésion) en cas d'APM révèle la nature composite du danger dans ces situations accidentelles ainsi que les conséquences en matière d'exposition et de protection. Une extension de ce modèle à tous les accidents qui se produisent dans les systèmes sociotechniques permet de caractériser une différence fondamentale entre accident de process et AT, à savoir la nature de l'énergie produisant le dommage (assimilée au danger selon certains modèles). Dans un troisième temps, sont introduits des éléments de représentation et de compréhension des APM, un risque complexe dont les manifestations révèlent des scénarios récurrents et aussi l'échec de régulations en situation de travail pour faire face aux risques tout en répondant aux exigences de la production. Dans un quatrième temps, un rapprochement est fait entre la situation d'APM qui exprime la présence d'une combinaison inédite de facteurs habituels à un instant donné et l'accident de process lorsqu'il est décrit comme le produit incontrôlé de variabilités dans le fonctionnement habituel. Ce rapprochement milite pour une recherche d'équilibre entre une prévention défensive de la sécurité et une prévention visant le renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation du système.

### II.1. Définition et caractérisation

#### II.1.1. Périmètre des APM

Dans environ 70% des cas d'AT survenus dans les entreprises du régime général, la lésion a été produite soit par un élément de l'environnement avec lequel le travailleur interagit régulièrement et physiquement sans qu'il y ait blessure (une machine dans le cas d'une lésion produite à l'occasion d'un heurt contre le châssis de cette machine), soit par aucun élément de cet environnement (cas d'une douleur survenant lorsque le travailleur se baisse par exemple) (cf. paragraphe I.2.2.). Ces accidents correspondent à des risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs. Pour autant, un risque peut se manifester à travers le mouvement d'un travailleur et occasionner une lésion produite par un élément avec lequel tout contact entraîne une blessure. Par exemple, lors du transport d'acide chlorhydrique, un travailleur trébuche et se trouve brûlé au bras par l'acide.

Parmi les risques accidentels qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, Leclercq et al. (2010) ont proposé d'en distinguer trois, du point de vue de la prévention et plus précisément du point de vue de l'évaluation des risques. En effet, la réglementation impose depuis 2001 la transcription de l'évaluation des risques professionnels dans un document, le document unique. Cette évaluation doit permettre de comprendre et de traiter l'ensemble des risques professionnels. Elle comporte un inventaire des risques auxquels sont associées des actions de prévention couvrant les dimensions techniques, humaines et organisationnelles. Inventorier les risques suppose de définir des catégories de risque qui couvrent la totalité des risques encourus et qui ont du sens du point de vue de la prévention.

Ainsi, trois catégories distinctes sont proposées pour l'ensemble des risques accidentels qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs. Ces catégories représentées dans le tableau 3 sont les suivantes :




- *Le risque de chute à partir d'une situation de travail en hauteur ou lors de l'accès à ces situations.* Ce risque appelle de manière prioritaire la mise en place de dispositifs de protection contre la chute et fait l'objet d'une abondante réglementation<sup>12</sup> suivant l'emplacement de travail (toiture, charpente, ...) ou l'équipement utilisé (échafaudage, plate-forme, ...). Ceci justifie qu'il soit considéré distinctement lors de l'évaluation du risque en entreprise ;
- *Le risque de douleur au cours de la manutention ou à l'occasion d'un mouvement.* Il est surtout anticipé pour les activités de manutention. Le fait que l'événement qui perturbe le mouvement (le fait accidentel soudain sur la figure 1) soit une douleur et le fait que de nombreuses situations puissent être appréhendées à partir d'une activité spécifique (la manutention manuelle) justifient que ce risque fasse l'objet d'une évaluation propre ;
- *Le risque d'APM* qui est le risque que le déroulement d'une tâche soit perturbé parce que la victime glisse sur ... heurte ou trébuche contre ..., se tord le pied, le genou, le doigt ..., pose le pied sur une pointe, un clou ..., se coince le pied, la main ... ou encore parce que l'élément contre lequel elle exerce activement des forces s'affaisse, cède, glisse du fait de ces forces. Cet ensemble exclut les risques de chute à partir d'une situation de travail en hauteur<sup>13</sup> ou lors de l'accès à ces situations.

---

<sup>12</sup> cf. par exemple le guide pratique intitulé « prévention des risques de chute de hauteur » (INRS, 2012).

<sup>13</sup> Dans les situations de travail en hauteur, une perturbation du mouvement peut entraîner ou non une chute de hauteur. Par exemple, un salarié peut se blesser en travaillant sur un échafaudage parce qu'il heurte la structure de celui-ci. Il s'agit alors d'un APM. Il peut également chuter de l'échafaudage sur le sol. Il s'agit alors d'une chute

Tableau 3 : Des catégories de risques d'AT qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, à distinguer dans le cadre de l'évaluation des risques.

	Spécificités qui justifient que ces situations soient considérées distinctement lors de l'évaluation du risque
Douleur à l'occasion du travail (manutention, mouvement) 	L'événement qui déclenche la perturbation du mouvement est une douleur.
Chute à partir d'une situation de travail en hauteur 	Accidents dont la prévention renvoie à une réglementation abondante destinée à empêcher la chute de hauteur
Lésion (même s'il n'y a pas eu chute) suite à une glissade, un trébuchement, un heurt, un coincement, ... 	Autres accidents occasionnés par une perturbation du mouvement correspondant à la catégorie des APM (Accidents avec Perturbation du Mouvement)

Ces catégories distinctes constituent une base générique dont les préventeurs d'entreprise peuvent s'emparer pour les croiser avec les unités de travail auxquelles fait référence la réglementation et qui tiennent compte de spécificités locales. Ceci pour aboutir à des sous-catégories des catégories proposées, adaptées à chaque entreprise. En effet, compte tenu de l'ampleur et de la diversité des accidents de cette nature, tous les secteurs d'activité étant touchés, il pourra être utile de préciser localement chaque catégorie, voire de distinguer des sous-catégories en fonction des activités développées dans chaque entreprise. Par exemple, dans les entreprises de fabrication de produits alimentaires, le risque récurrent de glissade sur sol industriel gras pourrait apparaître en tant que tel dans le document unique, parmi l'ensemble des APM. Une étude menée dans une entreprise de métallurgie a également conduit à considérer ensemble les accidents de plain-pied (catégorie en usage en 2008) touchant les salariés occupant un des postes de l'entreprise (Niss, 2008). Les facteurs d'accidents étaient en effet propres à cette situation particulière. Par ailleurs, les solvants aromatiques auxquels sont exposés les peintres, ou les salariés de l'industrie navale par exemple, sont susceptibles

---

à partir d'une situation de travail en hauteur pour laquelle les dispositions prises en matière de protection se sont révélées insuffisantes.

d'occasionner des troubles de perception et d'équilibre en particulier (Estill et al., 2017) et donc de faire également l'objet d'évaluation et d'actions spécifiques. De même, l'utilisation d'exosquelettes et autres dispositifs d'assistance physique, qui modifie le contrôle moteur, est susceptible de contribuer, du moins temporairement, à des perturbations accidentelles du mouvement en situation de travail. C'est donc également une spécificité de certaines situations qui mérite une attention particulière lors de l'évaluation du risque d'AT.

## II.1.2. La notion d'APM : quelle utilité pour la prévention ? pour l'ergonomie ?

### II.1.2.1. Mise en visibilité d'un risque dans toute sa diversité et orientation du regard vers l'événement à prévenir

Dans toutes les entreprises, des accidents très divers, occasionnés par une perturbation du mouvement au cours du travail peuvent survenir. Ces perturbations peuvent être suivies ou non de chutes. Parmi les APM, ce sont surtout les chutes au cours d'un déplacement qui font l'objet de travaux ou de pratiques dédiés et qui sont ainsi rendues visibles. Elles ne représentent qu'une partie des APM comme le montre la figure 4.

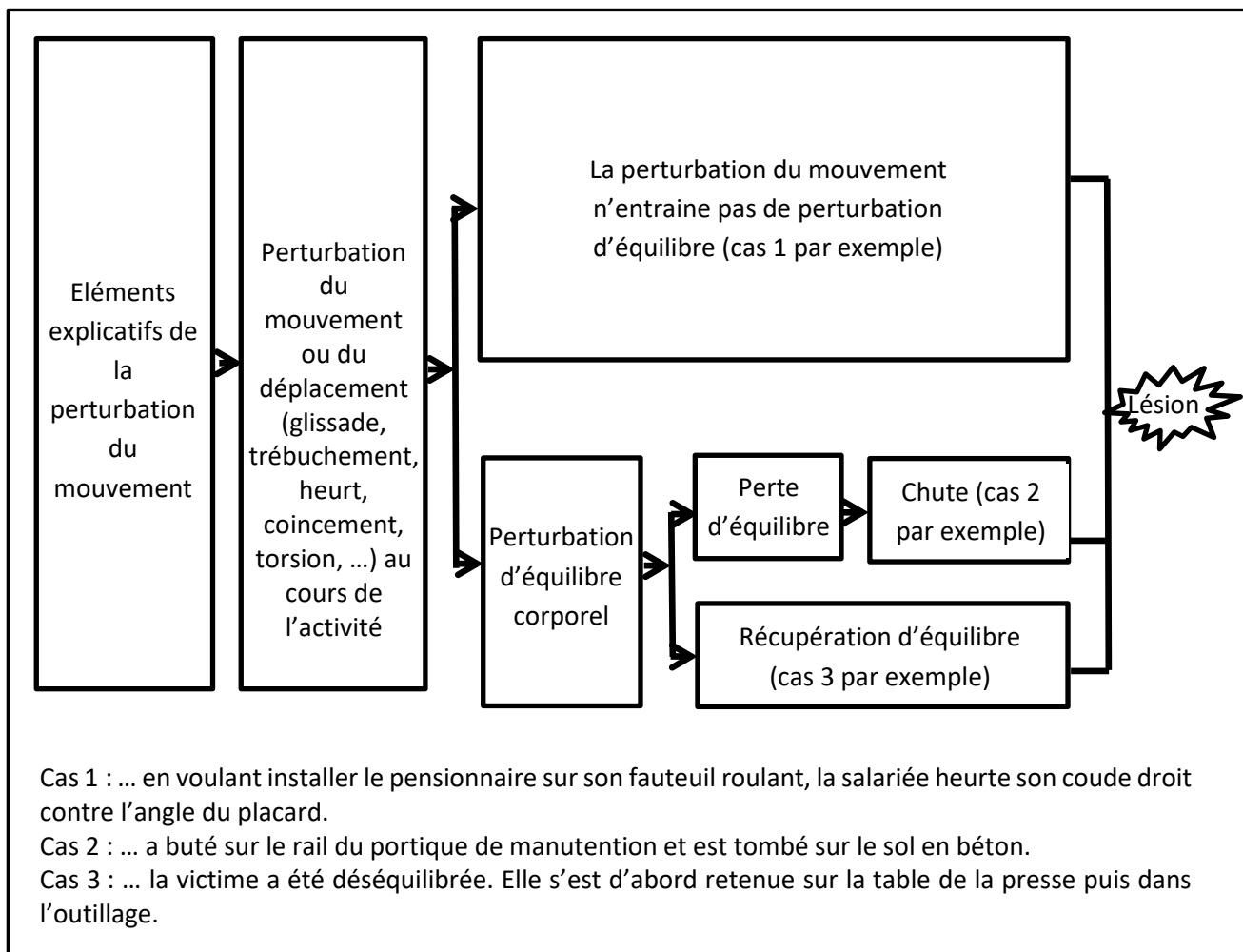


Figure 4 : représentation de l'ensemble des APM

La chute n'est donc qu'une conséquence possible d'une perturbation du mouvement. Les données statistiques relatives aux AT survenus au Québec entre 2005 et 2007 montrent que les cas d'APM n'ayant pas conduit à une chute ont représenté au moins 21% des AT avec arrêt pour lesquels la durée moyenne d'indemnisation est de 51 jours (Gauvin et al., 2015).

Par ailleurs, la protection contre la chute est en général difficile, voire impossible à mettre en place d'un point de vue pratique dès lors que la situation n'est pas une situation de travail en hauteur (Leclercq et al., 2010). Ainsi, pour prévenir toute chute éventuelle dans les situations de travail qui ne sont pas des situations de travail en hauteur, le préventeur doit donc le plus souvent orienter ses actions non pas vers la prévention de la chute mais vers la prévention de la perturbation du mouvement, mouvement qui constitue une composante de l'activité de travail. Enfin, la perte de contrôle (le fait accidentel soudain) qui est une caractéristique de l'accident (cf. Kjellen, 2000 par exemple) est une perte de contrôle du mouvement dans les cas d'APM. Elle s'exprime par la perturbation du mouvement volontaire au cours de l'activité de travail. C'est cet événement qui caractérise le phénomène accidentel APM et non pas la chute, qui est

une conséquence possible de certaines perturbations du mouvement. Pour aborder la prévention, en particulier avec les préventeurs de terrain, la chute au travail est un point d'entrée d'autant moins pertinent qu'une chute est susceptible de se produire au cours de phénomènes accidentels très différents. Elle peut par exemple être la conséquence (1) d'un déséquilibre consécutif à une explosion, (2) d'un malaise, (3) d'un mouvement auquel la victime ne participe pas<sup>14</sup> ou encore (4) d'une glissade, d'un heurt, d'un trébuchement ou de toute autre perturbation du mouvement volontaire qui survient au cours de la réalisation d'une activité de travail. Dans chacune des quatre situations précédentes, le préventeur va porter son attention sur l'événement exprimant la perte de contrôle (le fait accidentel soudain), à savoir l'explosion, le malaise, le mouvement auquel la victime n'a pas participé et qui a entraîné sa chute ou la perturbation du mouvement volontaire. En conséquence, à moins de traiter de prévention de chutes à partir d'une situation de travail en hauteur ou lors de l'accès à ces situations, la chute n'est pas un point d'entrée pertinent pour aborder la prévention des AT en entreprise.

#### II.1.2.2. Cohérence du point de vue du phénomène accidentel

Tout d'abord, il convient de préciser que la perturbation du mouvement est la manifestation d'un risque accidentel et que ce type de manifestation peut se produire au travail mais aussi sur le trajet domicile/lieu de travail ou encore dans n'importe quelle situation de la vie courante. Il n'est pas rare que l'on cherche à prévenir ensemble des accidents dont les manifestations sont les mêmes. Or l'AT, l'accident de trajet ou l'accident domestique n'interroge pas le même système. La vision systémique actuelle de l'AT révèle que la lésion est le produit d'une combinaison de perturbations dans les interactions entre différentes composantes d'un système. La tâche à réaliser, le matériel utilisé, l'environnement physique, organisationnel et social de travail sont autant de composantes propres au système sur lequel est basée une analyse d'AT. Ces composantes sont différentes lors d'une analyse d'accident de trajet ou d'accident domestique. Il est donc important, du point de vue de la prévention, de restreindre l'ensemble des APM aux accidents occasionnés par une perturbation du mouvement lorsqu'elle survient au cours de la réalisation d'une activité de travail.

Introduire la notion de perturbation du mouvement volontaire au cours de l'activité permet de définir un ensemble d'AT correspondant à un même phénomène accidentel qui sera développé dans le paragraphe II.3. Ce phénomène exprime l'impossibilité à un moment donné pour un

---

<sup>14</sup> Il peut s'agir du mouvement d'une charge qui percute la victime, du freinage brusque d'un véhicule de transport dans lequel se trouve la victime, ... - dans ces situations, c'est non seulement le mouvement mais aussi la posture de la victime qui peut être perturbé.

travailleur de réaliser sa tâche tout en évitant les perturbations du mouvement, c'est-à-dire tout en préservant sa sécurité. L'APM exprime une perte de contrôle de l'activité du travailleur et plus précisément une perte de contrôle du mouvement dans son activité à un moment donné.

### II.1.3. Les APM : des accidents fréquents et graves, qui touchent tous les secteurs d'activité

Plusieurs documents datant du début des années 2010 (INRS, 2011 ; Leclercq et al., 2013 et Leclercq, 2015) rapportent que l'ensemble des APM représente chaque année en France pour les entreprises qui dépendent du régime général :

- le tiers des AT avec arrêt, soit plus de 200 000 AT avec arrêt,
- le tiers des AT avec incapacité permanente, soit plus de 14 000 AT avec IP,
- le tiers des jours perdus par incapacité temporaire, soit plus de 13 000 000 de jours perdus par IT,
- 5% des AT mortels, soit une trentaine d'AT mortels.

Ces accidents touchent, bien que de façon inégale, tous les secteurs d'activité, tous les métiers et toutes les catégories socio-professionnelles (Gaudez et Leclercq, 2008).

Ces chiffres sont une sous-estimation de la réalité de ces accidents. En effet, l'estimation de la sinistralité liée au risque d'APM est difficile à partir des données statistiques présentées dans le tableau 1. L'ensemble des « glissades, trébuchements, coincements, heurts et autres perturbations du mouvement ainsi que les douleurs qui surviennent à l'occasion de la réalisation d'un mouvement » (cf. tableau 1) est composé (1) d'APM pour lesquels la lésion n'est pas produite par un élément avec lequel tout contact entraîne une blessure et (2) de douleurs à l'occasion d'un mouvement qui n'est pas exécuté au cours de la manutention. La part de ces douleurs variait entre 2 et 10% sur des ensembles d'AT avec arrêt survenus sur une période de quelques mois et rassemblés dans 3 régions françaises en 2009. De plus, ne sont pas comptabilisés dans cet ensemble les AT occasionnés par une perturbation du mouvement et entraînant une lésion produite par un élément avec lequel tout contact ou proximité entraîne une lésion (un travailleur trébuche et tombe sur les organes en mouvement d'une machine par exemple). Enfin, l'ensemble des « lésions au cours de la manutention manuelle » (cf. tableau 1) contient probablement une part très importante d'APM. En effet, parmi les 143 APM survenus dans les secteurs de la construction et de la métallurgie, et capitalisés dans la base de

données EPICEA<sup>15</sup> (EPICEA, 2011), 69 se sont produits alors que la victime manœuvrait ou manipulait un objet, un outil (Abdat et al., 2014). De plus, parmi les 16 APM présentant des degrés de gravité différents (de 0 à 73 jours d'arrêt) et ayant fait l'objet d'une analyse approfondie dans plusieurs entreprises de fabrication de produits alimentaires, 7 sont survenus alors que la victime manœuvrait ou manipulait un objet parfois très lourd, un outil et 2 alors que la victime manutentionnait une charge au moyen d'un dispositif de manutention tout en se déplaçant (Morel et al., 2020).

Depuis 2013, dans une optique d'harmonisation européenne, chaque AT est répertorié selon 4 variables, permettant probablement une description plus fine des pertes de contrôle et des mécanismes de production de la lésion qui s'ensuivent et ainsi une estimation plus précise de la sinistralité du risque d'APM. Ceci dit, les chiffres en début de ce paragraphe, bien que ne représentant qu'une sous-estimation du risque d'APM, sont suffisamment éloquents pour motiver une mise en visibilité et une prise en compte du risque de perturbation accidentelle du mouvement volontaire au cours de l'activité de travail.

#### II.1.4. Perception du risque d'APM et niveau de préoccupation qu'il suscite

Un document publié par l'agence européenne pour la santé et la sécurité au travail en 2012 (EASHW, 2012) traite de la perception des risques liés aux nanomatériaux et reprend à partir des travaux de Slovic (2000) un certain nombre de caractéristiques d'un risque influençant sa perception et le niveau de préoccupation (*level of concern*) qu'il suscite. Il apparaît que le risque d'APM présente de nombreuses caractéristiques qui diminuent le risque perçu. Ces caractéristiques sont pour plusieurs d'entre elles partagées par d'autres risques professionnels qui se manifestent à travers les mouvements au travail. Il s'agit de risques :

- diffus,

De nombreux accidents qui surviennent au travail font une seule victime, contrairement aux accidents de process qui font souvent de nombreuses victimes. Le risque est donc diffus. Ceci dit, même si un accident du travail touche plusieurs travailleurs, il sera recensé comme autant

---

<sup>15</sup> La base de données EPICEA rassemble aujourd'hui environ 23000 accidents du travail survenus depuis les années 1980, dans les entreprises françaises qui dépendent du régime général de sécurité sociale. Cette base contient les analyses d'AT mortels, et des analyses d'AT non-mortels lorsqu'ils sont jugés pertinents pour la prévention des risques professionnels, c'est-à-dire lorsque leur analyse enrichit la connaissance des risques et améliore la pertinence des mesures de prévention.

d'« accidents » qu'il y a de travailleurs victimes. En effet, à chaque fois qu'un travailleur est victime d'une lésion au travail, cet événement doit être recensé comme un AT. Le mode de recensement des AT renforce donc le caractère diffus des risques d'AT. Il est intéressant par ailleurs de noter que la littérature utilise parfois la terminologie « accident de personne » pour évoquer les AT, les distinguant des « accidents de process » (Hopkins, 2009 ; Kjellén, 2009).

- dont les manifestations sont familières, anciennes,

Il est tout à fait possible que le tout premier accident ait été une chute ou un heurt ... Par ailleurs, de telles manifestations (glissades, heurts, coincements, ...) sont présentes de manière très importante parmi les accidents domestiques et également parmi les accidents de trajet domicile ↔ lieu de travail.

- avec lesquels les personnes ont plus ou moins appris à vivre, qui ne suscitent ni terreur ni effroi,

En cas d'APM, les lésions ne sont pas systématiquement produites par un élément avec lequel tout contact entraîne une blessure comme les organes en mouvement d'une machine par exemple. Elles sont, comme dans les cas de TMS, la conséquence de contraintes exercées sur le système musculosquelettique au-delà de ses capacités fonctionnelles. Le plus souvent, un élément extérieur à la victime contribue à la production de la lésion : un mur par exemple dans le cas du heurt du bras contre un mur. Cet élément est souvent un élément avec lequel le travailleur interagit physiquement et quotidiennement sans qu'il y ait lésion.

- que les personnes sentent pouvoir contrôler au moins en partie,

Les conditions de travail, qui sont aussi les conditions de réalisation du mouvement, constituent un terrain plus ou moins propice à la survenue de ces accidents. En situation de travail, de nombreuses régulations sont opérées par le travailleur tout au long du temps de travail pour réaliser sa tâche tout en contrôlant avec succès son mouvement (contourner un obstacle, modifier sa façon de poser le pied sur un sol glissant, aller chercher l'outil adapté pour ouvrir la machine et éviter ainsi des gestes plus susceptibles d'être perturbés, ...).

- associés à une exposition qui semble volontaire,

Il est intéressant de noter à ce sujet que les experts du mouvement humain qualifient de « volontaire » le type de mouvement perturbé à l'occasion d'un APM.

- par nature connus des individus exposés,
- que les connaissances actuelles peuvent expliquer au moins en partie,
- dont la manifestation est soudaine ou le dommage réversible,
- dont le dommage est rarement le décès même si cela se produit parfois.

De nombreuses caractéristiques du risque d'APM entraînent donc une sous-estimation de ce risque. Cette sous-estimation du risque va déterminer, à plusieurs niveaux, des décisions qui vont accroître le risque en situation de travail. Tout d'abord la perception du risque détermine les priorités en matière de recherche et de pratiques dans le champ de la prévention. Ensuite, la perception du risque influence les décisions, aux niveaux politique, stratégique et opérationnel, qui déterminent les risques en situation de travail et leur prévention. Ces décisions peuvent en effet impacter les conditions de réalisation de l'activité et donc les conditions de réalisation du mouvement dans l'activité ainsi que les régulations possibles en situation de travail. Enfin la perception du risque influence le contrôle du mouvement par le travailleur. En effet, comme l'écrivent Wolpert et Landy (2012), le contrôle du mouvement est une prise de décision en présence de risques (c'est-à-dire déterminée par les risques perçus). Le contrôle du mouvement fait en effet l'objet de très nombreux travaux, notamment expérimentaux, révélant son omniprésence, sa complexité et ses exigences en termes de ressources dans certaines situations. Le contrôle du mouvement fait l'objet du paragraphe III.1.

## II.2. Concept de danger et APM. Modélisation de la production du dommage

L'étude du risque d'APM interroge le concept de danger qui est central dans le champ de la sécurité au travail. L'évaluation des risques par exemple fait souvent intervenir ce concept. Elle comporte un inventaire des risques notamment basé sur des catégories de danger. Par ailleurs, la modélisation de la production de la lésion qui est la séquence la plus proche de la lésion dans sa genèse, fait intervenir le concept de danger (cf. figure 2).

Ce paragraphe II.2. approfondit le questionnement relatif au danger en cas d'APM et propose un modèle de production du dommage qui révèle notamment la nature composite du danger

dans ces situations accidentelles. Le modèle développé permet de caractériser une différence essentielle entre accident de process et accident de personne.

### II.2.1. La représentation classique du risque d'AT

La situation à risque d'AT et la survenue accidentelle d'une lésion sont souvent représentées respectivement par un travailleur exposé à un danger et par la rencontre du travailleur et du danger (cf. figure 5). Le caractère soudain de la survenue de la lésion est souligné par un événement déclencheur parfois qualifié de perte de contrôle (Kjellen, 2000). La lecture de la figure 5 indique que la rencontre du travailleur et du danger produit une lésion, ce qui suppose que le danger est un élément avec lequel tout contact<sup>11</sup> physique entraîne une lésion et que son rôle, sa fonction dans le processus accidentel est de produire la lésion. Le contenu de cette figure évoque les stratégies de Haddon destinées à prévenir la rencontre du travailleur et du danger. Ces stratégies feront l'objet du paragraphe II.2.4.3. Le contenu de la figure 5 et les stratégies de Haddon contribuent à forger les représentations du risque et en particulier du danger.

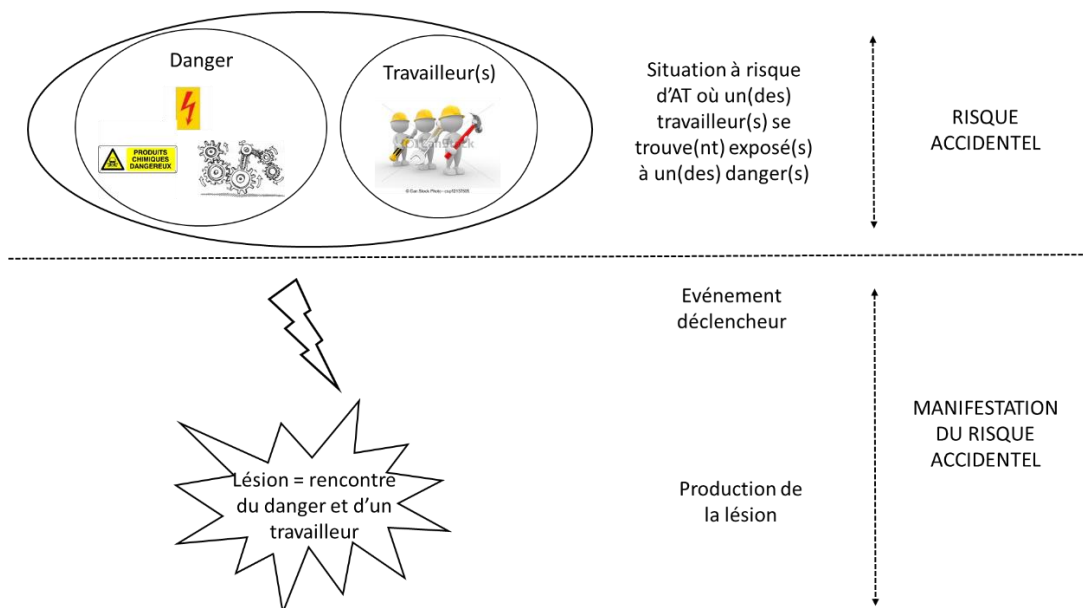


Figure 5 : représentation du risque d'accident en situation de travail et de la survenue d'une lésion accidentelle

## II.2.2. Le danger : un concept polysémique et des catégories pragmatiques

### II.2.2.1. Un concept polysémique dont la frontière avec la notion de facteur de risque est floue

Les définitions du danger sont multiples. En accidentologie, le danger est fréquemment caractérisé par la propriété intrinsèque d'un élément/agent de nature à entraîner un dommage sur un élément vulnérable qui peut être un être humain ou l'environnement (cf. par exemple ICECI, 2004 ; le glossaire technique des risques technologiques d'octobre 2005 associé à une circulaire relative aux installations classées - [https://aida.ineris.fr/consultation\\_document/7459](https://aida.ineris.fr/consultation_document/7459) ; Kjellén, 2000 ; la norme NF EN ISO 12100 de décembre 2010 concernant la sécurité des machines). Les documents font référence, explicitement (ICECI, 2004) ou pas à un élément qui est extérieur à la cible du dommage et dont la nocivité est identifiable a priori du fait d'une de ses propriétés intrinsèques de nature à entraîner un dommage. Par exemple, en cartographiant les dangers, Koehler et Volckens (2011) ont représenté la concentration d'un agent chimique nocif, élément extérieur aux cibles vulnérables et identifiable a priori comme une cause évidente de dommage en cas de contact. Dans ce cas et de manière générale lorsque la lésion accidentelle est produite par un élément avec lequel tout contact entraîne une blessure (soit environ 30% des AT – cf. paragraphe I.2.2.), l'élément en question est identifié de manière univoque comme étant le danger et son rôle dans le processus accidentel est bien de produire la lésion.

Lorsque la lésion accidentelle est produite par un élément dans l'environnement physique avec lequel le travailleur interagit physiquement et régulièrement sans être blessé (cas du heurt du bras contre le bâti de la machine) ou par aucun élément dans l'environnement physique (cas d'une douleur soudaine en se baissant), quel est le danger ? Son identification est moins immédiate. Prenons le cas d'une glissade sur un sol gras entraînant le heurt de la tête contre un placard par exemple. Il serait cohérent du point de vue du rôle du danger dans le processus accidentel que le danger soit l'élément physique qui a produit la lésion : ici le placard. Or, c'est le sol glissant qui est souvent identifié comme le danger (cf. par exemple [http://www.cchst.com/oshanswers/hsprograms/hazard\\_risk.html](http://www.cchst.com/oshanswers/hsprograms/hazard_risk.html)). Sa nature est en effet propre à entraîner (indirectement) un dommage sur un élément vulnérable mais il n'a pas produit la lésion. Il a accru le risque de glissade en situation de travail. Ce danger (le sol glissant) serait donc également un facteur de risque<sup>16</sup> ?

---

<sup>16</sup> Parmi les différents faits qui interviennent dans la genèse des accidents sont distingués dans la littérature des conditions latentes, des causes, des facteurs ou encore des variations (Kouabenan, 1999). Selon Leplat (1995),

La caractérisation du danger par la propriété intrinsèque d'un élément/agent de nature à entraîner un dommage sur un élément vulnérable, conduit souvent à identifier l'élément qui a produit la lésion comme étant le danger lorsque celui-ci est un élément avec lequel tout contact entraîne une lésion. Elle peut également conduire à identifier un facteur de risque comme étant un danger puisque par nature, le facteur de risque peut contribuer à entraîner (indirectement) un dommage. Si des éléments appartenant à l'environnement physique tel qu'un sol glissant sont souvent formellement identifiés comme un danger, d'autres facteurs de risque comme la contrainte temporelle le sont plus rarement. Contrairement à la représentation classique du risque et de sa manifestation (cf. figure 5), les définitions du danger ne disent rien de la fonction/du rôle du danger dans le processus accidentel.

#### II.2.2.2. Un concept polysémique dont la frontière avec la notion de perte de contrôle est floue

Les modèles d'accident font souvent intervenir la notion de danger. Leur exploitation conduit à considérer des dangers ou des catégories de danger. Là encore, les imprécisions des représentations et des définitions conduisent à identifier des catégories de danger qui ne sont pas cohérentes du point de vue du phénomène accidentel. Par exemple, Bellamy (2015) exploite un modèle d'accident dans lequel le danger apparaît sous l'intitulé « libération accidentelle de l'agent dangereux ». Les catégories de danger qui en sont extraites ne sont pas cohérentes du point de vue du phénomène accidentel puisqu'elles font référence soit à la manière dont la lésion est produite (par exemple contact avec l'électricité, effort musculaire extrême ou contact avec les organes en mouvement d'une machine), soit à la perte de contrôle du mouvement de la victime (par exemple chute de plain-pied). En effet, des lésions peuvent résulter du contact avec les organes en mouvement d'une machine qui peut lui-même résulter d'une chute « de plain-pied ». Par ailleurs, dans le cas d'une chute de plain-pied, la lésion peut être produite par le contact avec le sol ou de manière générale avec un objet dans l'environnement physique. Pourquoi ne pas être cohérent avec les catégories telles que « contact avec ... » en considérant « contact avec le sol » au lieu de « chute de plain-pied » ? De fait, les catégories du type « contact avec ... » renvoient vers des éléments dans l'environnement physique vis-à-vis desquels il est nécessaire de se protéger (organes en mouvement d'une machine, objets présentant des arêtes vives, ...) et donc vers des actions de protection. La catégorie « chute de

---

l'analyse des accidents met souvent en concurrence les termes de cause et de facteur. Dans ce document l'expression facteur de risque est utilisée pour évoquer un fait qui accroît le risque de survenue d'une lésion quel que soit le niveau auquel ce fait agit dans la genèse de l'accident et quelle que soit sa nature.

plain-pied » quant à elle, renvoie implicitement à des chutes contre des éléments avec lesquels le travailleur interagit physiquement et quotidiennement sans être blessé. Des actions de prévention sont plus difficiles à identifier puisqu'elles nécessitent de prévenir la perte de contrôle du mouvement et non plus d'empêcher le contact avec un élément identifié a priori comme dangereux.

Les recouvrements entre les différentes catégories de risque identifiées peuvent par ailleurs conduire à des regroupements d'AT qui ont peu de sens du point de vue de la prévention. Considérons par exemple le risque de brûlure avec un produit chimique qui peut rassembler les accidents suivants : le contact avec un produit chimique corrosif suite à une chute ou bien le contact avec un produit chimique corrosif suite à la méconnaissance de la nocivité du produit. Ces regroupements possibles relatifs à une brûlure avec un produit chimique n'ont un intérêt pour la prévention que dans l'optique de prévenir la rencontre avec le danger. Lorsqu'il s'agit de prévenir l'événement déclencheur, les regroupements effectués uniquement à partir du danger, n'ont pas toujours de sens du point de vue de la prévention même s'ils ont du sens du point de vue de la protection. Dans le cas de la brûlure avec un produit chimique par exemple, les facteurs de risque et donc les actions de prévention qui en découlent diffèrent si la brûlure est consécutive à une perturbation du mouvement ou à une absence de connaissance de la nocivité du produit.

#### II.2.2.3. Des catégories pragmatiques de danger qui laissent dans l'ombre nombre d'APM

Les dangers sont catégorisés (produit chimique dangereux, organes en mouvement d'une machine, source haute tension, ...) puis identifiés a priori dans le cadre de l'évaluation des risques, étape essentielle du management de la sécurité au travail. L'absence d'opérationnalité du concept de danger lorsqu'il s'agit d'AT (du moins de la majorité d'entre eux), conduit à utiliser une catégorisation pragmatique de sources de dangers et de situations dangereuses avec l'objectif de couvrir au mieux les risques d'AT. Lors de son étude portant sur les AT, c'est-à-dire sur des accidents pour lesquels la cible et le dommage sont respectivement le travailleur et la lésion, Hoyos (1980) identifie le danger comme étant l'élément qui produit la lésion et pour cela il se base sur le modèle de l'énergie proposé dès 1961 par Gibson (Gibson, 1961). Ce dernier a représenté la production d'une lésion corporelle comme étant l'absorption par une partie du corps d'une énergie (électrique, chimique, mécanique, etc.), cette énergie représentant le danger. Hoyos (1980) constate alors que les sources de danger peuvent être l'homme ou un élément extérieur, puisque tous deux peuvent être porteurs d'une énergie qui peut se révéler

nuisible pour l'homme. En cas de chute de hauteur par exemple, c'est l'énergie induite par le mouvement de chute, énergie qui est portée par l'homme, qui va produire la lésion au moment de l'impact.

La caractérisation d'un danger par une source d'énergie permet donc de prendre en compte à la fois l'énergie électrique d'une source haute tension, l'énergie chimique d'un produit chimique nocif, l'énergie mécanique des organes en mouvement d'une machine et également une énergie portée par l'homme en cas de chute de hauteur par exemple, à savoir l'énergie induite par le mouvement de chute. La catégorisation systématique des dangers par une énergie n'est cependant pas sans difficulté comme le soulignent Rasmussen et Svedung (2000) lorsqu'ils s'interrogent sur la catégorie d'énergie selon laquelle classer le danger relatif à une coupure accidentelle à la main. Finalement ces auteurs abandonnent une catégorisation basée sur des sources d'énergie au profit d'une catégorisation pragmatique. Selon cette classification pragmatique, le danger est représenté :

- par l'énergie induite par le mouvement de chute en cas de chute de hauteur. La surface sur laquelle chute la personne est ainsi négligée ;
- par des éléments physiques dont la forme et la déformabilité apparaissent a priori comme des facteurs aggravant la lésion s'il y a choc contre ce type d'élément. Il peut s'agir de fers à béton en attente ou d'un couteau dans les cas par exemple de chute contre des fers à béton en attente ou bien de coupure lors de l'usage d'un couteau. Dans ces deux cas, l'énergie induite par le mouvement de chute ou par le mouvement de la main lors de l'utilisation du couteau sont ainsi négligés. De la même façon, en considérant les lésions subies par des enfants lorsqu'ils tombent sur une aire de jeux, Runyan (2003) identifie explicitement les équipements de l'aire de jeux comme étant les dangers, en négligeant l'énergie induite par le mouvement de l'enfant au moment du choc contre ces équipements.

Ces travaux portant sur les chutes suscitent deux observations. Tout d'abord, en cas de chute, le danger est habituellement identifié comme la cause majeure directe de la lésion, ignorant la seconde cause directe dont le rôle dans la production de la lésion serait moindre. Ainsi, dans les cas de chute contre un élément physique dans l'environnement, le danger identifié est respectivement l'énergie induite par le mouvement de chute ou l'élément physique lorsque celui-ci apparaît comme « dangereux » (présence d'arêtes vives par exemple), suivant qu'il s'agit d'une chute à partir d'une situation en hauteur ou non. Enfin, du point de vue de la nature de l'énergie produisant la lésion, les APM (dont font partie les cas d'AT au cours desquels la personne se coupe accidentellement avec un couteau) sont comparables aux cas de chutes qui

viennent d'être décrits. C'est le plus souvent l'énergie induite par le mouvement du travailleur qui contribue à la production de la lésion.

L'usage de catégories pragmatiques du danger conduit donc souvent à laisser dans l'ombre de nombreux APM lors de l'évaluation des risques, à savoir les accidents pour lesquels la lésion est produite par l'énergie induite par le mouvement du travailleur en l'absence de chute et par un élément physique dont la forme et la déformabilité n'apparaissent pas a priori comme des facteurs aggravant la lésion en cas de choc contre cet élément (cas d'un heurt contre un mur par exemple).

A travers le titre de son article « Sitting as a hazard », Corlett (2008) qui s'intéresse aux douleurs lombaires qui ne sont pas nécessairement de nature accidentelle, interroge également la nature du danger (hazard) en cas de lésion consécutive au maintien prolongé de la position assise. Une telle lésion ne fait pas non plus intervenir un élément avec lequel tout contact entraîne une lésion. Elle est relative à un risque qui se manifeste à travers le mouvement (plus précisément le maintien d'une posture) au cours du travail.

### II.2.3. Développement d'un modèle de production de la lésion révélant la nature composite du « danger » en cas de risque d'APM

Dans la suite du document, nous réserverons le terme de danger pour qualifier un élément qui produit directement une lésion (organes en mouvement d'une machine, placard ou énergie induite par le mouvement du travailleur par exemple) et non pas un élément qui accroît le risque de perte de contrôle en situation de travail (un sol glissant, une urgence par exemple) ou un événement traduisant une perte de contrôle (un événement déclenchant la production du dommage comme une chute de plain-pied par exemple). Enfin, nous exploiterons le modèle de l'énergie pour caractériser systématiquement le danger par l'énergie produisant le dommage.

Un modèle de production de la lésion en cas d'APM, et plus généralement en cas de risque accidentel qui se manifeste à travers les mouvements des travailleurs, a été développé en 2009 (Monteau et al., 2009) et complété en 2010 (Leclercq et al., 2010). Il a été élaboré à partir de cas d'accidents très divers comportant par exemple des cas de chute, des cas où une partie du corps heurte (sans chuter) un élément dans l'environnement physique au cours d'un déplacement ou de toute autre activité motrice, des cas d'application de forces contre un élément qui résiste et cède soudainement, ou encore des cas de lésion à la main lorsque cette dernière glisse contre un élément manipulé. Dans tous ces cas d'accident, la lésion est causée directement par l'énergie induite par le mouvement perturbé du travailleur/victime et par un

élément physique dans l'environnement contre lequel il y a eu choc. Comme dans les cas de chutes, deux éléments produisent directement la lésion et composent ainsi le danger : l'énergie induite par le mouvement perturbé et un élément physique dans l'environnement. Le rôle joué par chacun de ces éléments dans la nature et la gravité de la lésion varie suivant l'énergie induite par le mouvement au moment de l'impact contre l'élément physique dans l'environnement et suivant les caractéristiques de l'élément en question (forme, déformabilité) (Leclercq, 2016).

Le modèle de production de la lésion ainsi développé est présenté sur la figure 6. Il adopte le formalisme utilisé dans la méthode de l'arbre des causes, à savoir la construction de liens logiques entre faits.

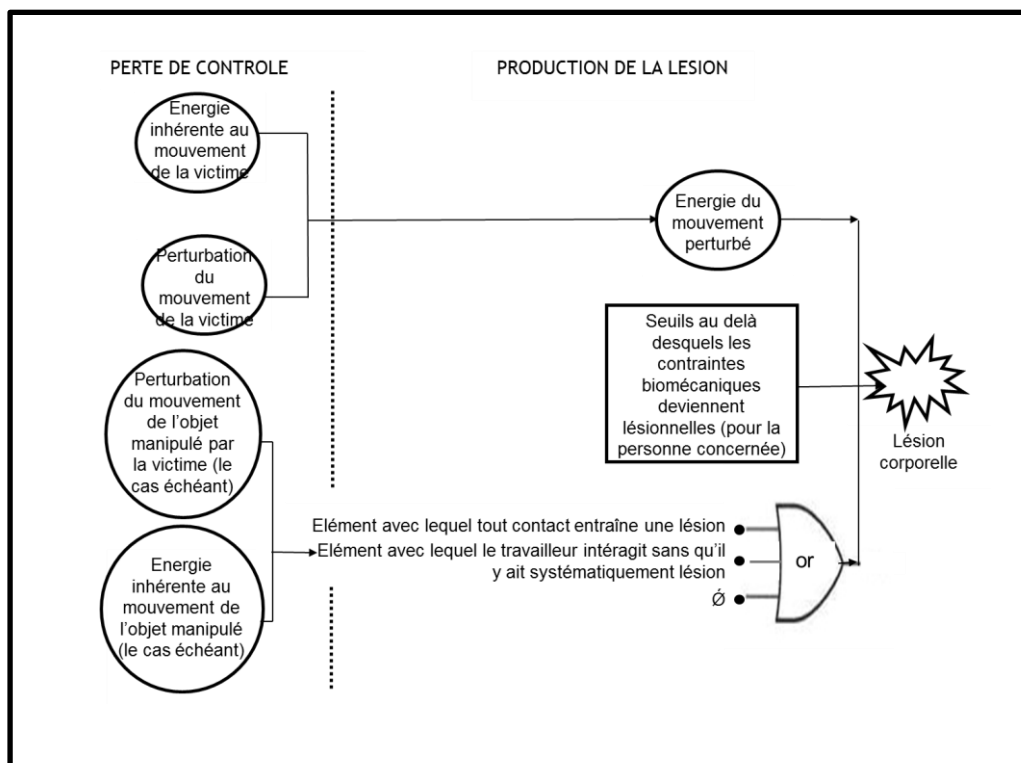


Figure 6 : modèle du mécanisme de production de la lésion en cas de risque accidentel qui se manifeste dans les mouvements au travail

Ce modèle représente notamment les cas d'APM au cours desquels l'objet manipulé par la victime (le cas échéant) contribue à la production de la lésion en cas de perturbation du mouvement. C'est par exemple le cas d'une blessure au pied produite par un portail alors que le travailleur tire celui-ci vers lui pour le fermer et heurte son talon ou encore le cas d'un travailleur qui déplace une lourde porte avec un collègue et trébuche. La porte tombe sur ses

doigts et les écrase. L'énergie induite par le mouvement de l'objet manipulé ainsi que la forme et la déformabilité de ce dernier contribuent dans ces cas d'APM à la production de la lésion. Ce modèle représente également les cas de douleurs soudaines à l'occasion d'un mouvement.

#### II.2.4. Conséquences en matière d'exposition, d'évaluation du risque et de protection

C'est notamment à partir du danger qu'on se saisit du risque pour l'évaluer, en particulier en identifiant les situations d'exposition (<http://www.inrs.fr/demarche/evaluation-risques-professionnels/ce-qu-il-faut-retenir.html>). C'est également à partir du danger que sont identifiés les dispositifs de protection à mettre en place pour empêcher tout contact avec un danger identifié.

##### II.2.4.1. APM et exposition

Un travailleur se trouve exposé à un danger dès lors que le risque de rencontre avec ce danger est présent (cf. paragraphe II.2.1.). Dans les cas d'APM, le danger est caractérisé par l'énergie induite par le mouvement perturbé du travailleur et par l'élément dans l'environnement matériel qui a contribué à produire la lésion (cf. paragraphe II.2.3.).

Tout mouvement au cours du travail est a priori susceptible d'être perturbé. Un travailleur se trouve donc exposé dès qu'il effectue un mouvement dans un environnement physique, mais exposé à quel(s) danger(s)? Tout élément physique dans l'environnement (un mur, un meuble, une machine, un sol, ...) est susceptible de produire une lésion dès lors qu'une perturbation du mouvement/déplacement occasionne un choc inattendu et « important » contre cet élément. Tout outil est susceptible de produire une lésion dès lors qu'une perturbation du mouvement intervient lors de son usage. L'évaluation du risque d'APM est donc rendue difficile.

Ce n'est pas un danger manifeste extérieur au travailleur qui permet de s'emparer du risque d'APM mais ce sont l'activité de ce travailleur et les conditions de sa réalisation qui vont être utiles pour qualifier les moments plus ou moins propices à la survenue d'une perturbation du mouvement. Le risque d'APM sera d'autant plus élevé que les conditions de la réalisation du mouvement rendent son contrôle moins aisé (urgence, sol glissant, espace étroit au regard de la tâche à réaliser, situation stressante ...). Ces conditions ne sont pas stables dans le temps. Elles déterminent le degré d'exposition des travailleurs vis-à-vis du risque d'APM et présentent beaucoup de variabilité dans le temps et dans l'espace.

L'insaisissabilité du danger n'est pas propre à de nombreuses situations d'APM. On la rencontre également dans les cas de RPS ou de TMS. Elle conduit à des évolutions de langage. Il n'est en

effet pas rare d'entendre parler ou de lire « l'exposition à des facteurs de risques » et non pas « l'exposition à un danger ». Il est donc utile que les modèles intègrent cette spécificité et que les définitions du danger soient plus univoques.

#### II.2.4.2. Evaluation du risque d'APM

Parmi les définitions du risque (Aven et Renn, 2009), celles qui sont répandues dans le champ de la sécurité au travail sont relatives à un événement non souhaité qui est la manifestation soudaine du risque (perte de contrôle/événement déclencheur) ou la survenue d'une lésion. Ainsi on parlera de risque de glissade (événement déclencheur) ou de risque d'électrisation, une glissade pouvant précéder une électrisation. Evaluer les risques d'AT suppose de considérer un ensemble de risques qui couvrent la totalité des risques d'AT.

Pour couvrir les risques d'AT, peut-on considérer l'ensemble des risques de rencontre d'un travailleur et d'un danger ? ou bien l'ensemble des risques de survenue d'une perte de contrôle ? Dans le paragraphe II.2.2., il a été montré que l'identification des risques à partir de l'événement « contact avec le danger » ou à partir de l'« événement déclencheur » qui sont deux événements non souhaités associés au phénomène AT, ne conduisait pas le plus souvent à une identification exhaustive des risques. De manière pragmatique et afin de couvrir au mieux les risques d'AT, il est habituel de considérer des risques de « contact avec un danger » (risque d'électrocution, risque de contact avec un produit chimique corrosif, risque de contact avec les organes en mouvement d'une machine, ...), des risques de survenue d'un événement déclencheur (risque de chute, ...), des risques de survenue d'un événement déclencheur en présence d'un facteur de risque particulier (risque de chute à partir d'une situation de travail en hauteur, ...) et enfin des risques liés à la présence d'un facteur de risque particulier (risque lié à la manutention, risque lié à la coactivité, ...). Dans ce dernier cas, on ne parle plus d'événement accidentel non souhaité (perte de contrôle ou survenue d'une lésion) mais de la présence d'un facteur de risque (une cause) en situation de travail. On ne cible plus un événement non souhaité mais une cause susceptible de contribuer à un tel événement. Malgré cette diversité d'approches, il n'est pas rare que les cas de heurts, trébuchements, coincements etc. qui ne conduisent ni à une chute, ni à un choc contre un élément identifié a priori comme « dangereux/nocif » ne soient pas rendus visibles lors de l'évaluation des risques, du moins pas dans leur totalité (cf. paragraphe II.2.2.3.).

Sur le modèle de la figure 6, la caractérisation systématique du danger par une énergie à laquelle peut se combiner un élément dans l'environnement physique de travail, constitue un outil qui peut contribuer à mettre en visibilité des risques qui ne sont pas systématiquement pris en

compte lors de l'évaluation des risques. Les catégories prédéfinies de risques d'AT pourraient évoluer en introduisant la notion de perturbation du mouvement, comme cela a été fait dans la brochure ED840 publiée par l'INRS et intitulée « Evaluation des risques professionnels. Aide au repérage des risques dans les PME-PMI » (INRS, 2018).

#### II.2.4.3. APM et actions de protection

A partir du modèle de l'énergie (Gibson, 1961), c'est-à-dire à partir du mécanisme de production d'une lésion corporelle représenté comme la conséquence de la rencontre entre une personne et une source d'énergie, Haddon a déduit 10 stratégies de prévention/protection liées à la source d'énergie (la modifier, limiter sa quantité, ...), à la mise en place de barrières entre la source d'énergie et la victime ou encore des stratégies liées à la victime (accroître sa résistance, ...) (Haddon, 1973). Ces stratégies relatives à la prévention des AT (cf. figure 7) sont adaptées aux accidents pour lesquels la lésion est produite par une énergie extérieure à l'homme, qui s'avère nocive en cas de contact. En cas de heurt contre le bâti d'une machine, c'est l'énergie induite par le mouvement de la victime au moment du choc et les caractéristiques du bâti de la machine qui vont déterminer la lésion. La plupart des stratégies de Haddon ne peuvent alors être mises en place pour deux raisons. La première est que l'énergie occasionnant la lésion n'est pas externe à la victime mais portée par elle. Ainsi la stratégie qui consiste à « séparer, dans le temps et dans l'espace la source d'énergie et la cible vulnérable » ne peut s'appliquer. Les interactions avec la machine ne peuvent pas non plus être supprimées puisque inhérentes au travail lui-même. Les stratégies de Haddon, bien que relatives aux lésions corporelles, ne sont donc le plus souvent pas adaptées aux risques qui se manifestent à travers les mouvements au travail<sup>17</sup>, soit la majorité des risques d'AT. Or les barrières destinées à empêcher la rencontre entre le travailleur et le danger mises en place par les « stratégies de Haddon » sont souvent des barrières physiques ou fonctionnelles qui interviennent à un niveau proche du dommage dans sa genèse. L'efficacité de ce type de barrière est la plus élevée (Hollnagel, 2004 ; Hollnagel, 2008).

---

<sup>17</sup> Certaines de ces stratégies sont néanmoins adaptées aux risques de chute de hauteur pour lesquels des dispositifs de protection contre la chute peuvent être mis en place ou aux risques liés à la manutention d'objets lourds pour lesquels des seuils de charge sont réglementés.

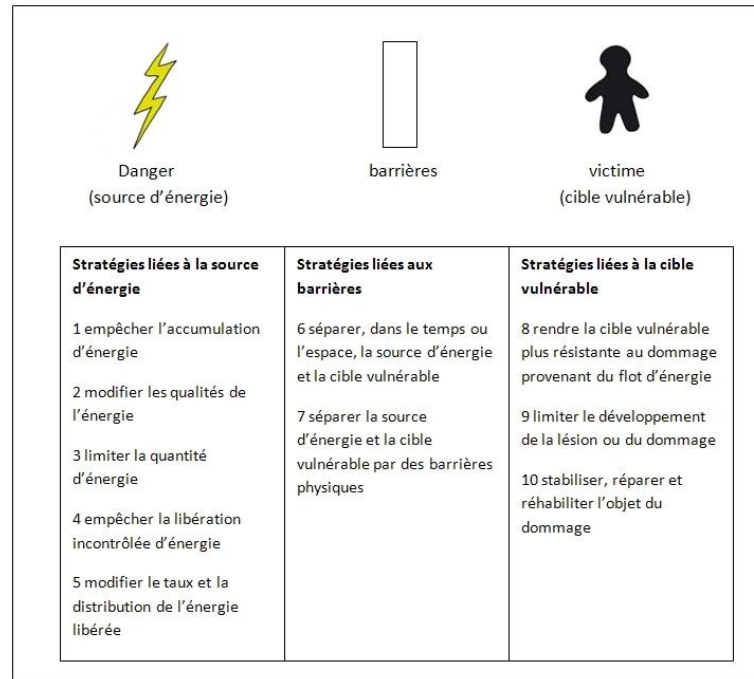


Figure 7 : 10 stratégies de Haddon (repris de Kjellen, 2000 qui l'a adapté de Haddon, 1980)

### II.2.5. Evolution de la représentation classique du risque d'AT

La représentation du risque accidentel au travail sur la figure 5 n'est pas adaptée aux risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, soit presque les  $\frac{3}{4}$  des risques accidentels, dont le risque d'APM. Or le contenu de cette figure forge les représentations de l'AT, en particulier chez les professionnels en charge de les prévenir.

Les notions de danger et d'exposition auxquelles la figure 5 fait référence sont inutiles voire contreproductives dans les cas d'APM. En effet, elles induisent une représentation du risque qui ne permet pas de se saisir du risque d'APM dans sa globalité. Elles ne prédisposent pas non plus à l'action à l'encontre de ces accidents étant donné la nature des éléments produisant la lésion dans la majorité des cas d'APM.

La représentation classique du risque est déjà interrogée dans le champ des risques professionnels, dans des situations tout autres où le danger est conforme aux représentations habituelles, par exemple un agent toxique. Dans ces situations, la connaissance de la coprésence du danger et du travailleur est insuffisante pour qualifier la nature et les niveaux d'exposition professionnelle afin de les réduire et de prévenir ainsi les risques qui y sont associés (Sari-Minodier et al., 2008). Ce constat a conduit à l'émergence d'une science nouvelle « l'expologie » qui intègre, en plus du danger et du travailleur, l'activité comme une

composante indispensable permettant de préciser les modalités d'exposition de l'homme aux dangers (Sari-Minodier et al., 2008). Le triptyque « Danger/Travailleur/Activité » caractérise alors la situation à risque. Dans le cas des risques accidentels qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, la notion de danger comme entité indépendante du travailleur et de l'activité n'a pas de sens. En revanche, la notion d'activité est centrale puisque d'une part elle détermine l'énergie qui va produire la lésion (et donc une partie du danger), et d'autre part comme nous le verrons dans le paragraphe II.3.3, ce sont des compromis réalisés par le travailleur au profit de la production et au détriment de sa propre sécurité qui expliquent la survenue d'APM. Ces compromis s'expriment par des régulations dans l'activité et en particulier dans le mouvement, composante de l'activité. La notion de facteur de risque ou d'élément qui a accru le risque d'APM, à un moment donné et dans une situation singulière, est également importante. Elle renvoie au contexte de réalisation de l'activité. Or les facteurs de risque ne sont pas formalisés sur la représentation du risque accidentel (cf. figure 5) mais sur les modèles d'accident. Les représentations du risque d'APM devraient donc (1) souligner la différence en matière de caractéristiques des éléments produisant la lésion, (2) mettre en évidence les facteurs de risque et plus généralement les éléments présents en situation de travail, qui peuvent se combiner pour occasionner une perte de contrôle du mouvement et (3) focaliser l'attention sur l'activité de travail puisque l'APM se manifeste à travers le mouvement dans l'activité. Le paragraphe II.3. propose donc d'autres représentations faisant intervenir soit les facteurs de risque, en les distinguant de l'élément qui produit la lésion (figure 10), soit les régulations au cours de l'activité et leurs déterminants (figure 11), régulations qui impactent le mouvement à travers lequel le risque d'APM s'exprime.

Avant de présenter ces modèles, le paragraphe II.2.6. exploite le modèle de l'énergie pour caractériser une différence fondamentale entre accident de personne et accident de process. Cette caractérisation peut contribuer à l'intégration des deux types de sécurité dont on montrera la nécessité dans le paragraphe IV.2.4.

#### II.2.6. Extension du modèle de production du dommage à tout accident survenant dans un système sociotechnique

Plusieurs modèles génériques d'accident, représentant un accident de process ou un AT, formalisent l'amorce de la production du dommage par une libération d'énergie (Kjellén, 2000 ; Bellamy et al., 2013). La figure 8 représente le modèle de Kjellen (2000). La caractérisation du

danger par une énergie est donc possible dans tous les cas d'accidents survenant dans les systèmes sociotechniques.

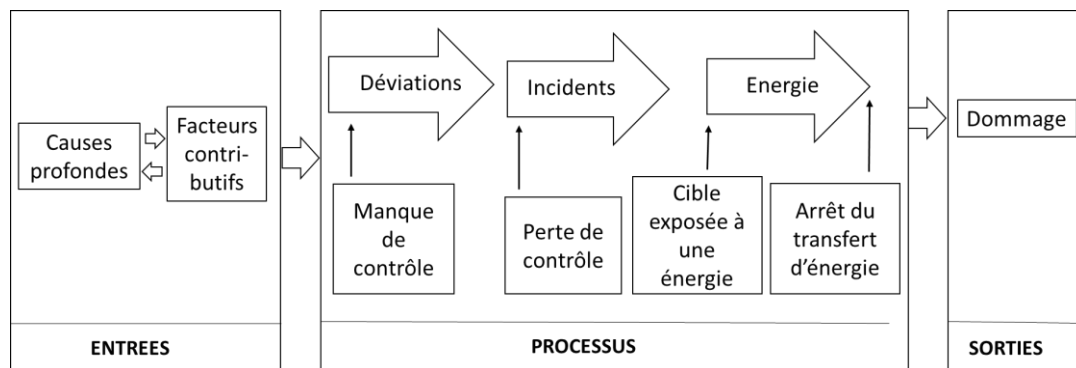


Figure 8 : modèle générique d'accident (traduit de Kjellen, 2000)

Leclercq et al. (2018) ont représenté la production du dommage à partir de la perte de contrôle d'une énergie caractérisant le danger pour tout accident se produisant dans un système sociotechnique (cf. figure 9). Cette représentation distingue les énergies qui sont extérieures à l'homme et spécifiques au fonctionnement du process (énergie radioactive, énergie électrique, énergie chimique, énergie mécanique, ...) et l'énergie portée par l'homme (l'énergie induite par ses mouvements au cours du travail).

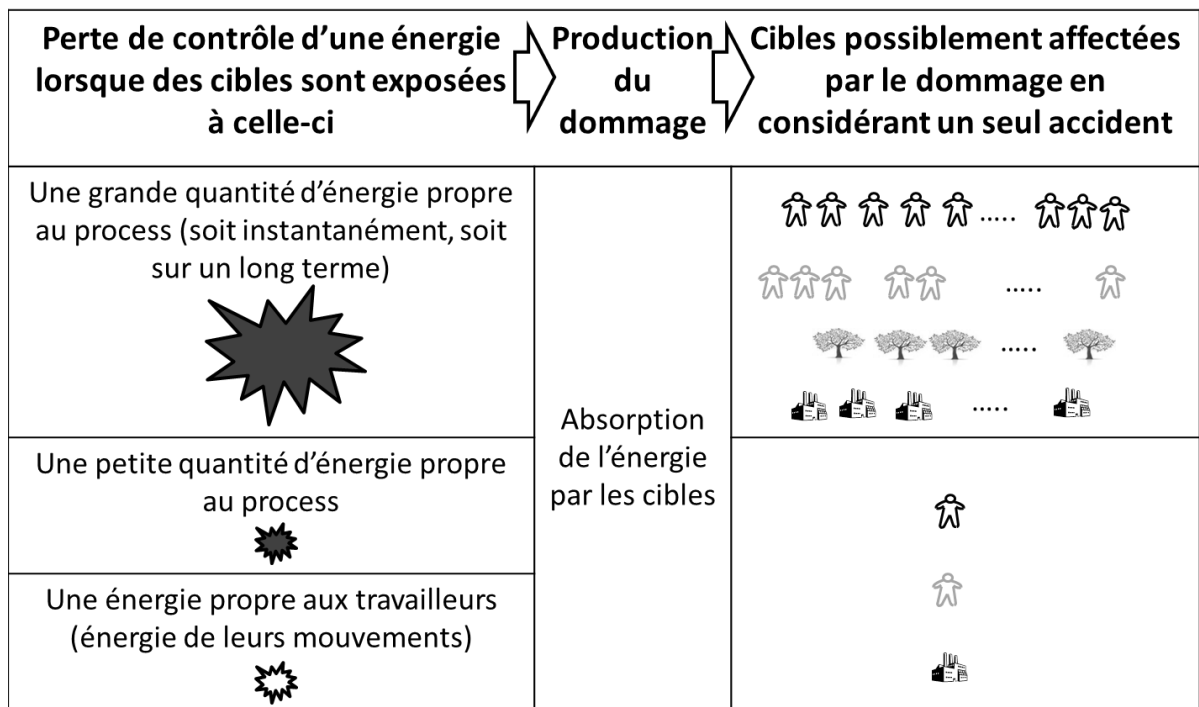






Figure 9. Représentation de la production du dommage à partir de la perte de contrôle d'une énergie caractérisant le danger pour tout accident survenant dans un système sociotechnique.

Les différentes cibles exposées aux dangers sont représentées de la manière suivante :  pour les travailleurs,  pour les populations environnantes et les bénéficiaires du service produit,  pour les équipements et installations et  pour l'environnement.

Cette représentation formalise la coexistence d'énergies/dangers de nature fondamentalement différente, pouvant conduire à la production de dommage en cas de perte de contrôle survenant dans un système sociotechnique. Ainsi l'accident peut être le fruit de la perte de contrôle d'une énergie propre au process de production ou de l'énergie induite par le mouvement d'un travailleur, chacun suscitant des regards, une terminologie (accident de process versus accident de personne) et un management de la sécurité propres.

Contrairement aux accidents causant des dommages majeurs, la perte de contrôle par un travailleur de son mouvement ne menace en général que le travailleur lui-même, même si celui-ci peut perdre la vie. Ceci dit, ces accidents sont très fréquents et nombre d'entre eux sont graves. En conséquence, force est de constater, à l'instar de Bellamy (2015) qui prend en compte la nature létale des dangers aussi bien que les expositions, que ce ne sont pas les dangers les plus létaux qui causent le plus de victimes.

Il est intéressant de noter également que les définitions du danger faisant référence à la propriété intrinsèque d'un élément de nature à entraîner un dommage sont bien adaptées au risque d'accident de process et à certains risques d'AT. Le fait que les  $\frac{3}{4}$  des risques d'AT se

manifestent à travers les mouvements des travailleurs montre l'intérêt de faire évoluer la représentation du danger et donc celle du risque d'AT.

### II.3. Représentation et compréhension des APM

#### II.3.1. Caractère systémique du risque

La production accidentelle d'une lésion est la conséquence de la présence à un moment donné d'une combinaison de facteurs contributifs et de causes profondes (cf. le modèle générique d'accident sur la figure 8).

Les caractéristiques des organisations productives ne cessent d'évoluer sous l'effet notamment des progrès techniques (automatisation, introduction des nouvelles technologies, ...), de l'accroissement de la productivité qui s'ensuit (Wilpert, 2009), des évolutions sur le marché du travail (caractéristiques des populations actives, ...) et des réorganisations (externalisation, ...) qu'elles induisent (Op de Beeck et van Heuverswyn, 2002). Les causes profondes de tout AT sont liées à ces éléments macroscopiques dont les évolutions ont, à travers les choix des organisations productives, des effets sur la situation de travail : degré de prescription, contraintes de temps et d'espace, ... Ces éléments vont déterminer les conditions de travail qui sont les conditions de réalisation de l'activité et donc les conditions dans lesquelles les mouvements des travailleurs sont réalisés. Ils peuvent constituer des facteurs contribuant indirectement à la survenue d'un AT en situation de travail.

De façon récurrente, de nombreux APM sont qualifiés en entreprise d'accident domestique ou d'accident de la vie courante, ce qui renseigne sur la représentation des causes de ces accidents. La maladresse, l'inattention ou encore la fatalité sont les éléments les plus couramment avancés, en particulier par la victime elle-même, pour expliquer la survenue d'une perturbation du mouvement en situation de travail (cf. par exemple Jørgensen, 2011). Selon Bentley et al. (2006), les recherches ne se fondent pas suffisamment sur des analyses approfondies de ces accidents et une importance excessive est attribuée aux facteurs de risque de nature individuelle, ce qui conduit à occulter de très nombreux facteurs constituant cependant la genèse de la lésion et des leviers pour la prévention.

Si les manifestations du risque d'APM sont comparables à celles de certains risques domestiques (les chutes par exemple), la causalité des APM comme celle de tout AT, est ancrée dans le contexte spécifique des activités de travail. En témoigne la mise en évidence de facteurs explicatifs éloignés de la lésion dans la genèse de celle-ci. Il s'agit de facteurs en lien avec

l'utilisation du matériel (Kines, 2003), la configuration des systèmes d'accès (Leclercq et al., 2007), la conception des systèmes de travail (Nicholson and David, 1985 ; Bentley et al., 2005 ; Derosier et al., 2008), l'organisation du travail (Leclercq et Thouy, 2004 ; Bentley et al., 2006) ou le management de la sécurité (Bentley et Haslam, 2001). La contribution par exemple d'incidents et d'accidents techniques ainsi que de la coactivité, dans l'occurrence des APM (Leclercq et al., 2017) souligne également le rôle de l'organisation du travail dans la survenue de ces accidents. Par exemple lorsque deux corps de métier interviennent successivement et que l'activité du premier a entraîné la présence d'un élément qui gêne l'activité du second ou encore l'improvisation d'une activité collective sont autant d'éléments qui accroissent le risque d'APM en situation de travail. Ces éléments qui apparaissent dans la genèse éloignée de la lésion n'en sont pas moins nécessaires à sa survenue. Il est donc utile à la prévention d'explorer la genèse de la lésion le plus en amont possible de celle-ci afin de faire émerger des leviers d'action en plus grand nombre et de nature diverse. Ceci est d'autant plus nécessaire que les actions destinées à neutraliser les facteurs les plus proches de la lésion sont souvent difficiles, voire impossibles à mettre en place d'un point de vue pratique dans de nombreux cas d'APM (cf. paragraphe II.2.4.3.).

La genèse de la production de la lésion dans un modèle représentant les APM (figure 10) est proposée sur la base de la littérature et en particulier des travaux réalisés à l'INRS. Cette représentation intègre la production de la lésion (figure 6) pour souligner les différentes caractéristiques possibles des éléments produisant la lésion et donc les actions de protection qu'elles peuvent ou non susciter. Elle présente la nature des différents facteurs qui se combinent pour occasionner une perturbation du mouvement en situation de travail et les principaux domaines concernés par la prévention auxquels ces facteurs renvoient. Enfin elle formalise la notion d'activité, dont le mouvement est une composante, et qui constitue un élément central pour comprendre le phénomène APM. Cette représentation met en évidence d'une part le fait que la genèse en amont de la production de la lésion est tout à fait comparable aux genèses d'autres risques professionnels (cf. par exemple les modèles multifactoriels représentant les TMS). Elle souligne d'autre part les spécificités du mécanisme de production de la lésion en cas d'APM, spécificités également partagées par le risque de TMS (Leclercq et al., 2015).

Ce type de représentation souligne le caractère systémique de l'APM. Il constitue un outil de sensibilisation et d'action vis-à-vis de ce risque. Il est donc d'autant plus utile que l'insuffisance des efforts pour avancer dans le champ de la sécurité au travail s'explique par la tendance à négliger l'environnement sociotechnique qui entoure largement les travailleurs (Carayon et al., 2015).

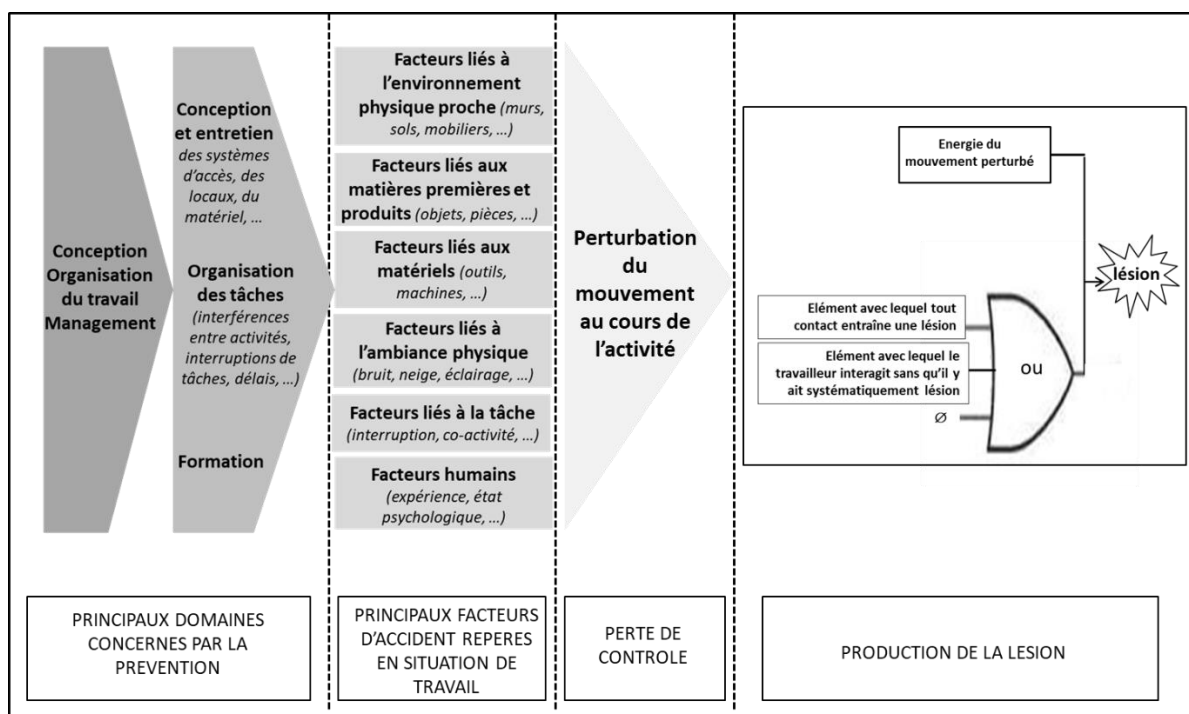


Figure 10 : représentation de l'APM (genèse et production de la lésion)

### II.3.2. Des scénarios récurrents d'APM qui plaident pour une prévention locale et diversifiée

Tous les secteurs d'activité, tous les métiers et toutes les catégories socio-professionnelles étant concernés, on constate une grande diversité de circonstances d'APM au sein de différents secteurs d'activité (Leclercq et Tissot, 2004) et également au sein d'une même entreprise (Leclercq et al., 2007). Cette diversité peut être synthétisée par la représentation sur la figure 10 à des fins de sensibilisation. Elle peut également l'être par des scénarios récurrents d'APM, identifiés localement et prédisposant davantage à l'action. L'identification de tels scénarios est facilitée par le nombre important d'APM. Les paragraphes qui suivent discutent l'intérêt (ou l'absence d'intérêt) dans une perspective d'action, de caractériser ces accidents par des facteurs isolés d'accident, par des combinaisons de facteurs ou encore par des scénarios récurrents.

#### II.3.2.1. Limite des facteurs isolés d'accident

La diversité de circonstances d'APM au sein de l'ensemble des secteurs d'activité est parfois synthétisée à travers des listes de facteurs génériques d'accident ou des recommandations associées, à destination des entreprises, indépendamment parfois du secteur d'activité (Leclercq, 1997). Ces listes concernent surtout les cas de chutes au cours d'un déplacement,

accidents les plus ciblés par les recherches et les pratiques et donc par les actions de sensibilisation. C'est pourquoi les exemples repris ici correspondent à de tels cas d'accidents. Ces listes sont issues d'analyses portant souvent sur un nombre important d'accidents, qui ne sont pas nécessairement analysés de manière approfondie et qui proviennent parfois de différentes entreprises appartenant à des secteurs d'activité différents (Strandberg et Lanshammar, 1981 ; Kemmlert et Lundholm, 1998 ; Leclercq, 1999 ; Bentley et Haslam, 2001). Les facteurs d'accident répertoriés sont en général ceux qui sont spontanément identifiés à l'issue d'un APM, c'est à dire les facteurs principalement liés à l'environnement matériel (un sol glissant, mal entretenu, un obstacle etc.) et/ou à l'allure du déplacement. Or les raisons pour lesquelles ces accidents se produisent sont différentes d'une entreprise à l'autre, notamment en fonction du niveau de sécurité de l'entreprise. Elles sont différentes également au sein d'une même entreprise, dans un atelier ou un autre, suivant le métier exercé ou selon la période de l'année par exemple.

Partant d'une liste de recommandations issue de facteurs génériques, l'entreprise est donc amenée à faire des choix de manière plus ou moins empirique, qui peuvent s'avérer ne pas être les plus adaptés aux différentes situations. Dans ces cas, ces choix sont souvent contreproductifs en renforçant le regard fataliste porté sur ce risque lorsque l'action n'est pas suivie de l'effet attendu. Par exemple, s'assurer de la régularité du sol peut dans certaines entreprises n'avoir qu'un impact limité sur la survenue de ces accidents lorsque ces derniers se produisent le plus souvent à l'extérieur des locaux de l'entreprise et/ou ne font pas intervenir de facteurs en lien avec l'environnement physique mais essentiellement des facteurs de nature organisationnelle. De plus, les recommandations générales sont pour la plupart peu opérationnelles notamment parce qu'elles font abstraction de l'activité. Prenons deux exemples :

- La mise en œuvre de la recommandation « éviter de courir » supposerait de connaître les raisons qui motivent l'allure de l'individu. Sans cette connaissance, elle se limite à une injonction à l'adresse des travailleurs, qui à leur niveau intègrent les logiques de production et de sécurité et sont amenés à faire, à certains moments, des compromis. Une prévention plus efficace s'appliquerait à la cause qui justifie la précipitation, qui est souvent de nature organisationnelle ;
- La mise en œuvre de la recommandation « éviter l'encombrement » trouve une limite lorsque les éléments dans l'environnement matériel qui gênent l'activité, comme un obstacle au déplacement, ne sont pas systématiquement des objets qui pourraient être rangés. Ils peuvent être des éléments utiles à l'activité, renvoyant là aussi à des questions de nature organisationnelle (Leclercq et al., 2017).

Enfin, les facteurs d'APM considérés isolément (un obstacle, un individu qui court etc.) sont très souvent rencontrés en situation de travail sans pour autant concourir à la genèse d'un accident. Autrement dit, ils sont davantage caractéristiques de situations « habituelles/sans accidents » que de situations accidentelles. Comme pour tout AT, c'est une combinaison de facteurs qui occasionne un APM et non pas un facteur isolé. Il s'agit donc davantage de maîtriser les facteurs dont la combinaison peut s'avérer nuisible que de tenter de supprimer tout facteur de risque (Monteau, 1997). La suppression de tout facteur de risque est par ailleurs illusoire. Il est donc utile de caractériser les accidents par une information qui soit moins désagrégée (Fleury et Brenac, 2001), qui rende compte de séquences d'événements comme un scénario ou qui soit une combinaison de facteurs.

#### II.3.2.2. Des combinaisons de facteurs d'accident de natures différentes

Un facteur isolé d'accident n'est jamais suffisant à lui seul pour occasionner une perturbation du mouvement en situation de travail. Si c'était le cas, toute personne qui se déplace en présence d'un obstacle trébucherait. Différents éléments se combinent pour expliquer la perturbation du mouvement au cours de l'activité, par exemple la personne se déplaçait tout en maintenant une charge en portant son attention vers cette charge et trébuche contre un obstacle.

Ceci dit, dès lors qu'une explication est trouvée dans l'environnement physique, moins d'attention est portée aux éléments tels que l'urgence de la tâche, l'anxiété, la colère, le stress, la fatigue ou encore l'implication dans une activité mentale exigeante<sup>18</sup>. Ceci d'autant plus que ces derniers éléments sont plus « subjectifs », moins observables, donc pas toujours pris en compte lors de l'analyse de l'AT. Or l'analyse de nombreux APM ne révèle aucune anomalie dans l'environnement physique. Par exemple, un travailleur en retard, se dépêche de monter un escalier ne présentant aucune anomalie de conception ou d'entretien, pour se rendre à un rendez-vous redouté, et rate une marche. Dans de telles situations, c'est la prise en compte des facteurs subjectifs qui permet d'expliquer la survenue d'une perturbation du mouvement.

Finalement, les situations d'APM sont caractérisées par des faits de natures différentes dont certains déterminent le comportement de la victime. Le rôle des facteurs subjectifs dans la survenue d'un APM en entreprise ne peut jamais être établi avec autant de certitude que celui

---

<sup>18</sup> Par exemple, lors de la résolution d'une panne jamais rencontrée, le travailleur est peu disposé à considérer certains éléments de l'environnement susceptibles de provoquer une perturbation du mouvement et cela d'autant moins que cet élément est inattendu (cf. Leclercq et al., 2007).

qu'a pu jouer un facteur relatif à l'environnement physique comme un sol glissant par exemple. La contribution de facteurs subjectifs peut néanmoins être renforcée lorsque :

- L'analyse d'accidents singuliers révèle la contribution récurrente de ces facteurs ;
- L'intervention de ces facteurs est vérifiable par d'autres facteurs mieux observables : par exemple, la machine en panne doit être réparée dans l'heure qui suit (l'urgence de la tâche peut expliquer que le travailleur travaille rapidement), ou bien pour pallier l'absence d'un collègue, l'opérateur a travaillé un nombre d'heures plus important que d'habitude (qui peut expliquer la fatigue) ou encore l'opérateur a peu d'expérience de cette situation de travail perturbée, ce qui peut expliquer son anxiété ou son stress.

### II.3.2.3. Des scénarios récurrents d'APM

Parmi la diversité de circonstances de survenue d'APM, des combinaisons de facteurs génériques d'accidents communes à plusieurs APM survenus dans une entreprise donnée, ont été identifiées empiriquement dans le cadre de plusieurs recherches. Haslam et Bentley (1999) ont observé que la moitié des cas de glissade, trébuchement et chute survenus parmi les postiers, révélait la présence d'un sol glissant, de chaussures usagées et de contrainte temporelle. Leclercq et Thouy (2004) ont identifié trois combinaisons récurrentes de facteurs d'APM (appelées scénarios récurrents) dans une entreprise multi métier. L'une d'entre elles représentait 5 accidents qui se sont produits lors de la descente d'un camion en posant le pied sur un sol irrégulier, sur une bordure de trottoir ou un sol rendu glissant par les conditions climatiques, le matin alors que l'agent de terrain préparait le matériel sur le chantier. A ce moment-là, d'une part, l'agent est souvent préoccupé car des matériels sont régulièrement manquants et d'autre part, la menace de dégradation des conditions climatiques le conduit à travailler rapidement en début de journée pour être sûr d'effectuer le travail prévu. Leclercq et al. (2007) ont identifié 8 scénarios récurrents d'APM dans une entreprise ferroviaire. Le plus fréquent concernait des contrôleurs travaillant sur un type de train très ancien. Au moment du départ du train, les contrôleurs étaient amenés à se déplacer sur le quai en direction du train pour y monter tout en surveillant le mouvement des voyageurs pour éviter que ces derniers ne tentent de monter dans le train après le signal les en interdisant.

Abdat et al. (2014) ont développé une méthode probabiliste d'extraction de scénarios d'APM à partir d'un ensemble de 143 récits d'accidents survenus dans les secteurs de la construction et de la métallurgie et extraits de la base de données EPICEA<sup>17</sup> (EPICEA, 2011). Les facteurs d'accident apparaissant dans les 143 récits d'APM ont conduit à l'identification de 30 facteurs

génériques présentés dans le tableau 4. Huit scénarios récurrents (combinaisons des facteurs génériques identifiés précédemment) présentés dans le tableau 5 ont ensuite été extraits au moyen d'une approche probabiliste. Les perturbations du mouvement se produisaient le plus souvent alors que le travailleur manipulait un objet. Elles s'expliquent par l'intervention notamment d'incidents techniques, de coactivité ou de contraintes pour la réalisation du mouvement qui sont liées au travail collectif, soulignant le rôle de l'organisation du travail. Les facteurs/scénarios identifiés étaient plus ou moins présents (voire absents) suivant le secteur d'activité considéré.

Tableau 4 : Liste des 30 facteurs génériques d'accident en fonction de leur niveau dans la genèse de la lésion. Ces facteurs génériques sont associés au nombre de facteurs singuliers qui ont contribué à leur construction dans chaque secteur (const = construction et met = métallurgie)

Niveau	Numéro et intitulé du facteur générique	Nconst	Nmet
Facteurs génériques exprimant les faits blessants  (au niveau de la production de la lésion)	1. Un engin en mouvement utilisé sur le lieu de travail écrase la victime	13	4
	2. Un élément en mouvement d'une machine, d'un outil ou d'un appareil utilisé sur le lieu de travail occasionne la lésion	15	18
	3. Un élément extérieur à la victime (à l'exception d'un engin en mouvement, d'un élément en mouvement d'une machine, d'un outil ou d'un appareil) avec lequel tout contact entraîne une lésion, occasionne la lésion : un métal (zinc, aluminium) en fusion ou liquide, un liquide corrosif (acide citrique), un élément sous tension, une cuve de cire pâteuse	0	5
	4. L'énergie induite par le mouvement perturbé de la victime et le support sur lequel la personne travaille (sol, dalle, plateforme, terrain meuble, passerelle, escalier de plateforme) occasionnent la lésion	22	4
	5. L'énergie induite par le mouvement perturbé de la victime et l'élément manutentionné ou travaillé par la victime, ou l'outil manuel utilisé par celle-ci occasionnent la lésion	6	16
	6. L'énergie induite par le mouvement perturbé de la victime et un élément de l'environnement matériel avec lequel tout contact n'entraîne pas systématiquement une lésion (à l'exception du support sur lequel la personne travaille, de l'élément manutentionné ou travaillé par la victime et de l'outil manuel utilisé par celle-ci) occasionnent la lésion	23	17
Facteurs génériques exprimant l'activité de la victime au moment de la perturbation du mouvement et Facteurs génériques se conjuguant à la perturbation du mouvement	7. Le mouvement du travailleur (future victime) est perturbé alors qu'il effectue un simple déplacement à pied (dans quelques cas, il se déplace en reculant)	19	10
	8. Le mouvement du travailleur (future victime) est perturbé alors qu'il manutentionne, maintient une charge ou transporte une charge/un objet en se déplaçant ou non, au moyen d'un dispositif de manutention ou non	11	8
	9. Le mouvement du travailleur (future victime) est perturbé alors qu'il monte sur un équipement de travail ou en descend	16	3
	10. Le mouvement du travailleur (future victime) est perturbé alors qu'il manœuvre ou manipule un objet/un outil	27	42
	11. Le mouvement du travailleur (future victime) est perturbé alors qu'il est en situation d'attente ou qu'il surveille l'évolution d'un élément matériel ou d'une situation	6	1

Facteurs génériques en amont de la perturbation du mouvement  (facteurs expliquant directement ou indirectement la perturbation du mouvement)	12. Exécution de l'activité en l'absence du matériel de travail ou en cas de défectuosité de celui-ci, tel que prévu par la réglementation ou les règles de l'art	10	16
	13. Exécution de l'activité sans que l'ensemble des dispositions de protection/prévention concernant la situation de travail (à l'exclusion du matériel de travail) et prévues par la réglementation ou les règles de l'art n'aient été prises (à l'exclusion de celles concernant le matériel de travail)	9	10
	14. Le travailleur (future victime) se trouve dans une position d'équilibre peu stable	6	4
	15. Le travailleur (future victime) effectue un déplacement inhabituel ou inapproprié, que ce soit le choix de se déplacer ou non, la façon de se déplacer ou les conditions du déplacement aussi bien que l'itinéraire emprunté	12	4
	16. Le travailleur (future victime) utilise de manière inhabituelle ou hors réglementation ou règles de l'art un matériel ou un équipement	8	11
	17. Le travailleur (future victime) exécute une activité occasionnelle qui n'est pas consécutive à un incident	8	10
	18. Le travailleur (future victime) exécute une activité de récupération après incident ou pour éviter d'être blessé	8	10
	19. Le travailleur (future victime) exerce un effort ou il exerce des forces contre un élément qui résiste	10	12
	20. L'activité en cours fait intervenir au moins deux opérateurs de manière coordonnée	16	5
	21. L'activité en cours fait intervenir ensemble au moins deux opérateurs de manière improvisée	2	5
	22. Le travailleur (future victime) a une formation ou qualification pour la fonction exercée absente, insuffisante ou en cours – à l'exception des formations à la sécurité	6	2
	23. Le travailleur (future victime) a moins de trois mois d'expérience au poste de travail	13	8
	24. Le travailleur (future victime) exécute une activité en mode non stabilisé du fait du contexte temporel (début ou fin de poste)	4	2
	25. Les circonstances météorologiques rendent le sol glissant	7	0
	26. Présence d'un élément matériel et/ou caractéristique de l'environnement matériel sans lien avec l'activité en cours du travailleur (future victime) et gênant celle-ci (à l'exclusion des cas où les circonstances météorologiques rendent le sol glissant)	20	10
	27. Caractéristique du matériel en cours d'utilisation rendant l'activité du travailleur (future victime) difficile ou impossible	7	5
	28. Présence d'un élément matériel et/ou caractéristique de l'environnement matériel (à l'exclusion du matériel en cours d'utilisation) en lien avec l'activité en cours du travailleur (future victime) et gênant celle-ci	12	10
	29. Un incident ou accident relatif à l'environnement matériel perturbe l'activité en cours du travailleur (future victime)	8	13
	30. Une activité interfère de manière contraignante avec l'activité exécutée par le travailleur (future victime)	6	2

Tableau 5 : Description des 8 scénarios représentant les 143 APM. Les nombres mentionnés dans les combinaisons de facteurs renvoient aux intitulés des facteurs présentés dans le tableau 4. Sont mentionnés les pourcentages d'APM correspondant à chaque scénario, dans chacun des secteurs (%const dans la construction et %met dans la métallurgie). Les transitions marquées d'une croix correspondent à des transitions construites non observées parmi les APM regroupés selon le scénario considéré.

Numéro du scénario	%const- %met	Intitulé du scénario	Combinaison logique de facteurs génériques
1	14%-19%	Le mouvement d'un travailleur est perturbé alors qu'il exerce un effort ou des forces contre un élément qui résiste	
2	25%-11%	Le mouvement d'un travailleur est perturbé au cours de son déplacement par la présence d'un élément qui est le produit d'activités sans lien avec la sienne	
3	4%-0%	Un travailleur est gêné dans son mouvement alors qu'il monte ou descend d'un équipement de travail	
4	15%-11%	Un engin en mouvement utilisé sur le lieu de travail écrase un travailleur au sol parce que son mouvement vient d'être perturbé alors qu'il manipulait un objet/une charge avec un collègue	
5	0%-11%	Au cours d'une intervention suite à un incident technique, le mouvement d'un opérateur manipulant un outil est perturbé, l'outil provoquant alors une blessure	
6	8%-1%	Au cours d'une intervention suite à un incident technique, le mouvement d'un travailleur est perturbé alors qu'il monte ou descend d'un équipement de travail	
7	15%-12%	Un travailleur se déplace et glisse ou trébuche contre un obstacle dont la présence est sans lien avec son activité	
8	19%-34%	Un travailleur est brûlé par un liquide corrosif après que son mouvement ait été perturbé alors qu'il manipulait un objet/un outil	

Ces résultats, comme les scénarios empiriques d'APM évoqués en début de paragraphe, plaident pour une prévention locale et diversifiée. Les scénarios identifiés empiriquement l'ont été à partir d'analyses d'accidents et d'analyses d'activité menées dans les entreprises

concernées. Ils sont précis, riches et porteurs de pistes de prévention pour l'entreprise. Contrairement à ces scénarios empiriques, les scénarios présentés dans le tableau 5 sont issus de récits d'APM survenus dans différentes entreprises appartenant à deux secteurs d'activité. La qualité des récits n'est pas homogène et il n'était pas possible de compléter les informations. Par exemple, le rôle du stress dans les APM survenus dans le secteur de la construction n'émerge pas de ce travail. A-t-il été exploré ? Ce facteur a en effet été montré essentiel par Abbe et al. (2011) pour expliquer les lésions, notamment les lésions accidentelles, survenant dans le secteur de la construction.

De manière générale, la formalisation par un scénario des éléments de compréhension relatifs à un groupe d'APM survenus dans une entreprise et analysés de manière approfondie, représente pour cette entreprise une base de discussion quant aux actions à engager de manière spécifique et prioritaire dans le cadre de la prévention des APM. Les actions identifiées seront spécifiques puisque les scénarios intègrent les spécificités des situations de travail au sein desquelles se sont produits les APM. Elles seront prioritaires parce qu'elles porteront sur la maîtrise de facteurs de risque dont la combinaison s'est avérée nuisible à plusieurs reprises.

### II.3.3. Représentation centrée sur les régulations dans l'activité, inspirée de modèles développés en ergonomie

En situation de travail, le travailleur opère des régulations à travers son activité pour assurer une production sûre tout en préservant sa santé et sa sécurité. Certains modèles en ergonomie, exploités dans le champ de la santé et la sécurité au travail, sont centrés sur ces régulations. Un des plus anciens est le schéma des 5 carrés (Leplat et Cuny, 1974). Plus récemment, Vézina (2001) a proposé une représentation du risque de TMS fondée sur ce modèle qui formalise le mouvement dans l'activité. Elle représente également les effets possibles, sur le risque de TMS, des régulations opérées dans l'activité du travailleur et en particulier à travers ses mouvements. Dans le cadre de la prévention du risque d'accident de process, Daniellou et al. (2010) distinguent dans un modèle également centré sur l'activité du travailleur trois types d'effets liés à cette activité : les effets sur la production, sur la santé sécurité au travail et sur la sécurité du process, formalisant ainsi la possibilité de compromis entre la santé/sécurité au travail et la sécurité du process.

La représentation sur la figure 11 s'inspire de ces trois modèles. Elle permet de rendre compte des régulations opérées par un travailleur et de leurs effets possibles sur le risque d'APM, le

risque d'accident de process et la production. La figure 11 formalise le mouvement du travailleur dans son activité pour rendre compte d'une composante de l'activité (le mouvement) à travers laquelle des régulations s'opèrent et à travers laquelle le risque d'APM se manifeste.

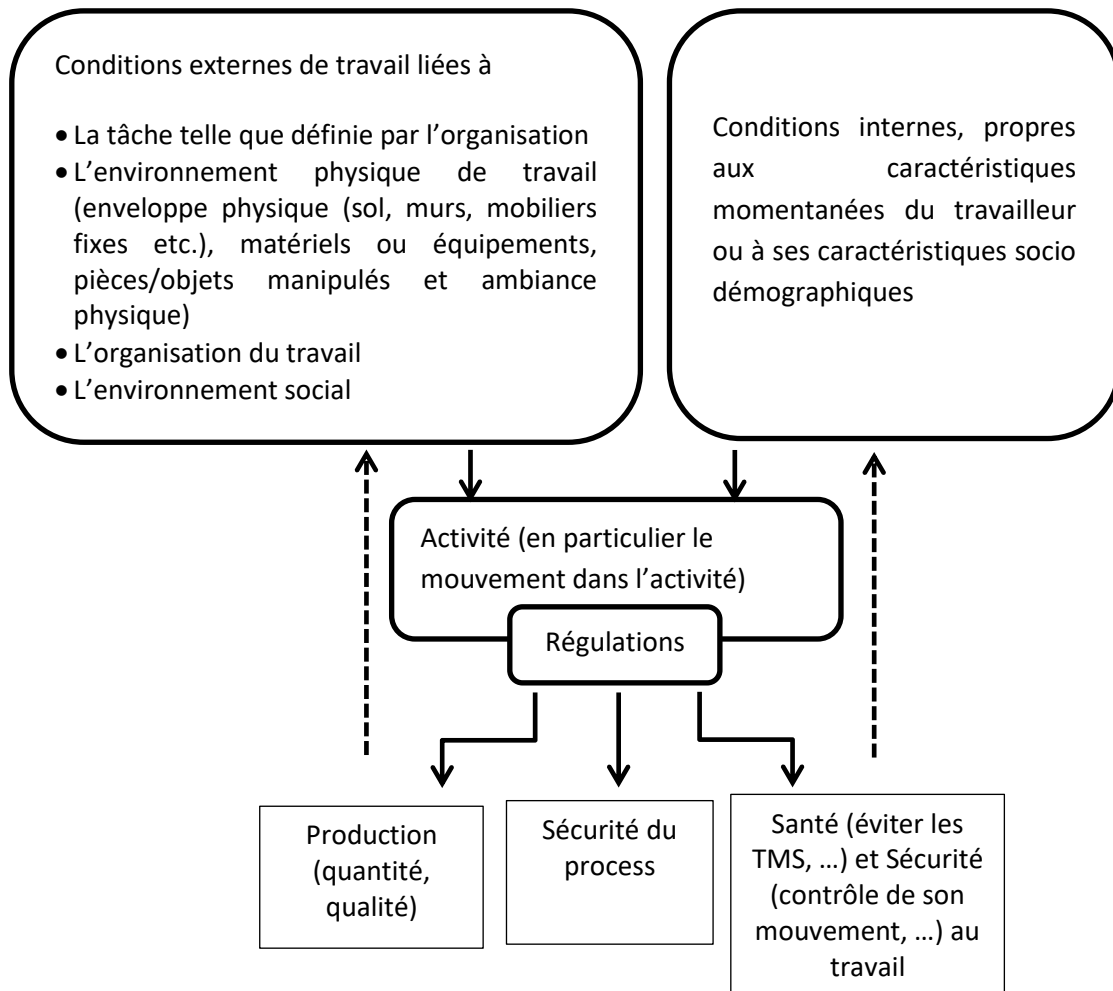


Figure 11 : régulations opérées par un travailleur à travers son activité pour assurer la production tout en préservant sa santé et sa sécurité. Ce schéma est inspiré à la fois du schéma des 5 carrés (Leplat et Cuny, 1974), de celui de Vézina (2001) et de celui de Daniellou et al., (2010).

Les compromis opérés par le travailleur entre la production et la sécurité ont été mis en évidence de longue date. Dès 1970, Faverge relatait des régulations opérées en situation accidentogène, en particulier des situations de coactivité, de récupération ou encore de reprise après récupération.

Les extraits du récit d'APM (accident 1) et du scénario récurrent d'APM (scénario récurrent 1) ci-dessous révèlent des compromis entre la production de biens ou de services (en quantité et en qualité) et la sécurité du travailleur, vis-à-vis du risque d'APM.

Accident 1 (*extrait de récit contenu dans la base de données EPICEA (EPICEA (2011))*). Le jour de l'arrivée sur le chantier, la porte coupe-feu et blindée déposée par le gros œuvre était entreposée contre le mur. En l'absence sur le chantier des salariés du gros œuvre, le chef d'entreprise et son salarié ont décidé de la transporter ensemble à l'extérieur, dans le jardin. Lors du déplacement vers l'extérieur et au franchissement de la porte-fenêtre, le salarié, a cogné le pied dans l'arrêt bas du volet. Ceci l'ayant déséquilibré. Dans sa chute, ne lâchant pas la porte, le salarié eut les doigts de la main droite coincés entre la porte et le sol béton.

Scénario récurrent 1 (*extrait de (Leclercq et Thouy, 2004)*). Le travailleur reçoit en début de journée la liste des horaires des rendez-vous prévus avec les clients. Des difficultés à ses déplacements à pied entre son véhicule et le domicile du client sont présentes dans l'environnement, en particulier la neige qui rend le sol glissant ou masque des obstacles. Ces difficultés combinées avec le temps accru de déplacement sur la route du fait de la neige et avec l'exigence de respecter les rendez-vous successifs, occasionnent une perturbation du déplacement du travailleur au moment où il est seul et où il peut tenter de rattraper le « temps perdu » sur la route, en se déplaçant rapidement.

Les compromis qu'un travailleur peut être amené à opérer entre la sécurité du process et la santé/sécurité au travail sont moins étayés. De fait, l'activité d'un travailleur peut avoir des conséquences directement ou indirectement sur sa propre santé et sécurité, sur celles de ses collègues qui sont parfois ses subordonnés, sur celles des bénéficiaires du service produit lorsque l'entreprise produit un service, sur les installations de l'entreprise et/ou enfin sur l'environnement.

Le scénario récurrent 2 présenté ci-dessous révèle un compromis fait par le travailleur entre sa propre sécurité et la sécurité des bénéficiaires du service produit.

Scénario récurrent 2 (*extrait de Leclercq et al. (2007)*). Le scénario s'est produit de manière récurrente et a touché plusieurs contrôleurs au moment du départ du train. Les rames des trains en question présentaient un marchepied et une barre extérieurs et le système d'ouverture/fermeture des portes était souvent défaillant. Les voyageurs en retard n'hésitaient donc pas à tenter de monter après l'annonce du départ. Après avoir sifflé le départ, le contrôleur se dirigeait donc vers le train tout en surveillant le mouvement des voyageurs sur le quai pour empêcher qu'ils ne prennent des risques en tentant de monter dans le train une fois que celui-ci avait démarré. Un contrôleur a trébuché contre le dispositif tactile d'éveil de vigilance, un autre a heurté un poteau sur le quai, un troisième a raté une marche en montant dans le train.

Le travailleur est donc amené, à certains moments, à effectuer des compromis qui peuvent apparaître comme des « prises de risque » mais qui à la lecture des conditions de réalisation de son activité et des buts poursuivis, se révèlent être une conséquence de ceux-ci. Le paragraphe III développe la représentation des régulations dans l'activité présentée sur la figure 11, ses tenants et ses aboutissants en lien avec le risque d'APM, dans une perspective d'analyse.

## II.4. Conception de la sécurité et APM

Les modes d'action en matière de prévention évoluent. Ce paragraphe présente tout d'abord l'évolution de la nature des barrières mises en place pour prévenir les AT. Il décrit ensuite la nature émergente des APM les plus difficiles à prévenir et l'évolution nécessaire vers un mode de prévention qui n'est pas uniquement défensif pour avancer dans la prévention de ces AT.

### II.4.1. Mise en place de barrières toujours plus en amont dans la genèse de la lésion

La diminution importante du nombre d'AT observée depuis la fin des années 70 s'est accompagnée de la nécessité de prendre en compte une genèse de plus en plus large et profonde de la lésion (figure 12).

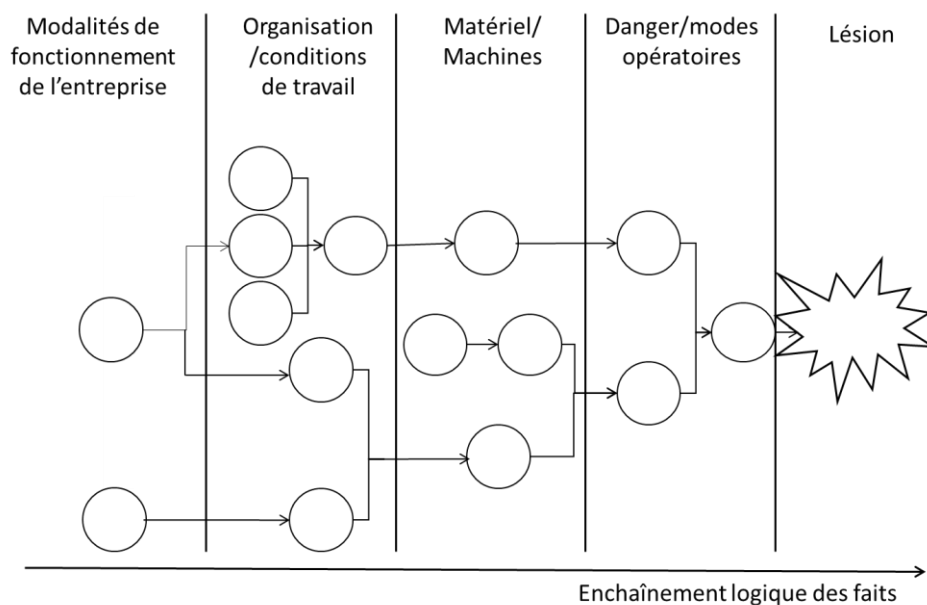


Figure 12 : représentation de la genèse d'une lésion (combinaison de facteurs d'accident symbolisés par des cercles) en cas d'AT en distinguant la nature des facteurs suivant la position de ceux-ci par rapport à la lésion (d'après Monteau, 2010)

Plusieurs stades de prévention peuvent être identifiés. Monteau (1992 ; 2010) en propose 3. Le premier stade correspond à la neutralisation de défaillances techniques qui se révèlent principalement à travers les facteurs proches de la lésion dans la genèse de celle-ci. La mise en place de dispositifs de protection, imposée par la réglementation et propre à un risque accidentel ou à un danger, répond à cette neutralisation. Ainsi aujourd'hui, la genèse proche de la lésion fait l'objet de peu d'attention dans le champ de la recherche, l'intérêt s'étant déplacé vers la genèse plus en amont de la lésion.

Les deuxième et troisième stades en matière de prévention correspondent à la neutralisation de défaillances dans la genèse plus éloignée de la lésion. Ces défaillances sont souvent localisées hors de la sphère du poste de travail et sont de nature organisationnelle en particulier. Elles peuvent également être des dérives lentes dans les procédures (Vaughan, 1996) tolérées au profit de la production et se révélant être des anomalies identifiées comme telles uniquement lors de la survenue d'un accident. En 2004, Garrigou et al. (2004) notent que la question de l'organisation est insuffisamment prise en compte dans les démarches de prévention en santé et sécurité au travail. L'intégration des facteurs humains et organisationnels de la sécurité correspond également à une approche récente (à partir des années 2000) en matière de sécurité des process (Daniellou et al., 2010).

Ainsi, simultanément aux avancées en matière de prévention, l'intérêt s'est donc déplacé des facteurs proches de la lésion vers ceux plus en amont dans la genèse de l'accident. Les réponses en termes de prévention, orientées initialement vers la mise en place de barrières de protection, ont ainsi été complétées par la mise en place de barrières destinées à neutraliser les facteurs de natures différentes identifiés.

La mise en place de barrières représente une conception défensive de la sécurité. Elle est bien adaptée lorsque le facteur d'accident neutralisé par cette barrière est de nature univoque. Or certains facteurs sont ambivalents : un facteur peut contribuer à la sécurité dans un contexte donné et s'avérer facteur d'insécurité dans un autre contexte. Par exemple, la connaissance d'un lieu est facteur de sécurité lorsque la personne anticipe une marche à un endroit où celle-ci est inattendue. Cette même connaissance peut être facteur d'insécurité lorsqu'un obstacle inhabituel se présente et que la personne, se fiant à sa connaissance du lieu, ne le perçoit pas. De plus, l'accumulation de barrières peut entraîner une rigidification du système en multipliant les limites pour l'activité. Enfin l'approche défensive de la sécurité trouve une autre limite liée à la nature de l'écart qu'exprime un accident avec la situation habituelle sans accident. Ce point fait l'objet du paragraphe suivant.

#### II.4.2. L'APM : une combinaison inédite de facteurs habituels

La caractérisation d'une situation accidentogène doit exprimer un écart avec une situation au sein de laquelle le risque n'est pas avéré. En même temps, les causes d'un AT (ensemble des faits nécessaires et suffisants à sa survenue – Kouabenan, 1999) ne peuvent être identifiées de manière exhaustive et sûre, du fait de leur nombre et de leur nature (cf. Leclercq et al., 2015). Dans certains cas d'accident, des faits nécessaires à la survenue de la lésion traduisent un ou des écarts par rapport aux prescriptions plus ou moins formelles (réglementation, procédures, bonnes pratiques) ou par rapport aux pratiques usuelles de travail. Il peut s'agir par exemple de la présence d'un trou dans le sol ou des organes en mouvement d'une machine qui sont accessibles. Ces faits, lorsqu'ils sont présents de manière permanente, sont identifiables facilement et constituent des anomalies. Il faut comprendre leur présence ainsi que leur rôle dans la survenue d'une lésion et il convient de les corriger en priorité dans le champ de la prévention. Dans ces situations, le préventeur n'est donc pas démuné. Ces écarts ne peuvent cependant pas constituer les seules cibles d'action, en particulier parce que de nombreuses lésions se produisent sans que puisse être observé un facteur de risque exprimant un écart par rapport aux prescriptions plus ou moins formelles ou aux pratiques habituelles. En effet, concernant les accidents avec perturbation du mouvement, Leclercq et al. (2013) font le constat selon lequel le caractère accidentogène d'une situation de travail s'exprime le plus souvent par une combinaison inédite de faits « habituels » à un instant donné. Considérons par exemple les faits suivants dont aucun n'est permanent dans la situation de travail mais dont chacun s'observe épisodiquement « stockage provisoire de matériel pour les besoins de l'activité », « arrivée d'un nombre de patients au-delà de la capacité d'accueil » et « appel en urgence de l'infirmière déjà occupée par ailleurs ». Aucun de ces faits ne fait référence à un non-respect de prescription et ils peuvent être présents de manière plus ou moins fréquente en situation habituelle de travail. C'est leur combinaison à un moment donné qui a occasionné l'accident : « l'infirmière a heurté le matériel ». La présence de tels facteurs de risque peut être inhérente au travail (appel d'urgence) ou tolérée au profit de la continuité de la production (encombrement dû à l'activité). Là encore est soulignée la nécessaire intégration des logiques de sécurité et de production. Ainsi dans les cas d'APM, du moins dans les cas les plus difficiles à prévenir, le caractère accidentogène d'une situation s'exprimerait par une combinaison inédite de faits « habituels » à un instant donné. De ce point de vue, un rapprochement peut paradoxalement être fait (Leclercq et al., 2013) entre l'accident avec perturbation du mouvement et l'accident de process décrit par Hollnagel (2004) comme le produit incontrôlé de variabilités dans le fonctionnement

habituel. Dans le champ de la sécurité des process, cette caractéristique a conduit Hollnagel et ses collègues à remplacer la notion de causalité par celle d'émergence (Hollnagel et al., 2006).

#### II.4.3. Un nécessaire équilibre entre une prévention défensive et une prévention visant le renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation du système

La notion de facteur de risque qu'il s'agit de neutraliser pour prévenir les accidents reste au cœur de la prévention dans le champ de la sécurité au travail. Un facteur de risque est un élément qui accroît le risque en situation de travail. La neutralisation de facteurs de risque, tels que ceux qui expriment un écart permanent par rapport aux prescriptions plus ou moins formelles relatives à la sécurité, doit être étudiée. Cette approche suppose néanmoins qu'un facteur ayant contribué à un accident dans une situation donnée est un facteur qui accroît le risque dans d'autres situations. Or la nature accidentogène d'un élément peut être contingente. En d'autres termes, un facteur peut être accidentogène dans un contexte donné et facteur de sécurité dans un autre (cf. par exemple paragraphe II.4.1. et Leclercq et al., 2013). La neutralisation de ce facteur peut donc dans certains contextes ne pas avoir les conséquences positives attendues sur la sécurité. Ce sont autant les éléments de contexte que le facteur en lui-même qui sont utiles pour aborder la prévention.

De plus, l'analyse des accidents qui se révèlent être le produit de variabilités dans le fonctionnement habituel met en évidence des éléments habituels qui se sont combinés pour occasionner la lésion. La qualification de chacun de ces éléments en facteur de risque a-t-il du sens ? de l'opérationnalité ?

Pour répondre au caractère émergent de certains accidents de process et donc à la subsistance d'une vulnérabilité résiduelle malgré la mise en place de barrières, Hollnagel et al. (2006) proposent une approche complémentaire autour du concept de résilience. Il s'agit de faire évoluer la voie d'atteinte de la sécurité des process, en complétant une sécurité défensive par un accroissement des capacités d'adaptation et d'anticipation du système (Hollnagel, 2014). L'étude des APM tend à montrer que les accidents les plus difficiles à prévenir sont des accidents émergents puisqu'ils sont le fruit de la présence à un moment donné d'une combinaison inédite de facteurs habituels. La vulnérabilité actuelle de tous les systèmes sociotechniques vis-à-vis du risque d'APM pourrait résulter en partie non pas de l'insuffisance ou de la défaillance des barrières mises en place mais surtout de la difficulté/impossibilité de concevoir et de réaliser les barrières les plus sûres pour prévenir ces accidents (cf. paragraphe II.2.4.3.). Cette difficulté conjuguée au caractère émergent de nombreux APM conduit à

orienter la prévention de ce risque vers le renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation du système vis-à-vis de ce risque.

D'un point de vue opérationnel, la prévention de l'ensemble des APM doit élargir ses modes d'action et tendre vers un équilibre entre :

- La poursuite des recommandations relatives à la mise en place de barrières qui ont montré leur efficacité dans certaines situations, en particulier celles où s'observeraient de manière permanente/régulière des facteurs de risque tels que l'absence de garde-corps, de dispositifs de détection ou d'alarme incendie, de formation à l'utilisation sûre d'un matériel ou l'absence de rampe d'escalier ...

- Le développement d'autres approches telles que le renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation du système. Ce type d'approche est particulièrement adapté aux situations accidentelles qui révèlent une combinaison inédite de facteurs habituels. En effet, la mise en place de barrières est souvent difficilement compatible avec la variabilité des situations, variabilité qui est à la fois source de performance comme de défaillance.

### III. Les régulations dans l'activité et le risque d'APM

Les APM sont caractérisés par la perturbation du mouvement volontaire au cours de l'activité de travail (cf. paragraphe II.1.2.). Il s'agit d'un type de perturbation de l'activité, à savoir une perturbation qui touche sa composante motrice. Dans son article intitulé « les gestes dans l'activité en situation de travail », Leplat (2013) rappelle que la notion de geste<sup>19</sup> est indissociable des notions d'action et d'activité. La maille d'analyse pertinente pour comprendre les APM n'est donc pas celle du mouvement mais celle du mouvement dans l'activité.

Le contrôle du mouvement au cours de l'activité est une condition nécessaire à la réalisation de la tâche. Ce contrôle nécessite des ressources et le développement permanent d'une activité. Sa mise en défaut exprime un échec des régulations mises en place par le travailleur pour réaliser sa tâche tout en préservant sa sécurité. Mieux comprendre les APM nécessite donc en premier lieu de mieux comprendre les régulations qui sont opérées à travers l'activité dans son ensemble

---

<sup>19</sup> Le paragraphe III.1.1. revient sur les notions de mouvement et de geste lorsqu'on traite de risque d'APM. Ces notions ont notamment fait l'objet de clarification dans le cadre de travaux en ergonomie portant sur le risque de TMS.

et qui impactent le mouvement réalisé. Il est important de rappeler que si ces régulations sont parfois mises en échec, elles sont performantes la majorité du temps.

Cette troisième partie exploite (1) les connaissances rassemblées sur les APM aboutissant en particulier à la mise à l'épreuve du schéma sur la figure 11 centré sur les régulations dans l'activité, et (2) la littérature ayant trait aux régulations et au contrôle du mouvement principalement dans le champ de l'ergonomie. L'objectif est de préciser un cadre centré sur les régulations opératives pour analyser la performance du contrôle du mouvement ou son échec au cours de l'activité.

Cette partie rappelle tout d'abord un certain nombre de connaissances en ergonomie concernant le contrôle du mouvement et acquises en partie lors de recherches menées sur le risque de TMS. Elle présente ensuite pourquoi la notion de mouvement a été adoptée pour qualifier le risque d'APM, tout en rappelant la prise en compte nécessaire du sens attribué au mouvement dans la situation de travail. Puis l'APM est décrit comme la mise en défaut soudaine du contrôle du mouvement volontaire en situation de travail du fait d'une accumulation de conditions qui rendent ce contrôle difficile à un moment donné. Un paragraphe est ensuite consacré à la complexité du contrôle du mouvement derrière la fluidité de l'enchaînement des mouvements tels qu'ils peuvent être observés lorsque ce contrôle est adapté, c'est-à-dire presque toujours. Le mouvement est alors défini, comme l'est l'activité dans son ensemble, par les interactions en situation de travail. Enfin, est précisé le caractère perpétuel de l'ajustement du mouvement pour réaliser la tâche et/ou pour éviter une perturbation du mouvement.

Dans un deuxième temps, le schéma centré sur les régulations opératives et introduit dans le paragraphe II.3.3., est enrichi dans une optique d'analyse du risque d'APM. Les différentes composantes de ce cadre sont précisées. Sont ensuite rappelées quelques caractéristiques de la démarche ergonomique dans laquelle s'inscrit la mobilisation de ce cadre d'analyse. Enfin, l'attention du lecteur qui envisagerait la mobilisation de ce cadre pour étudier le risque d'APM, est attirée sur des difficultés ainsi que sur des observations et des traitements propres au risque étudié.

### III.1. Le contrôle du mouvement en situation de travail

#### III.1.1. Contrôle du mouvement et recherches en ergonomie

Pour de nombreux ergonomes, la notion de mouvement apparaît réductrice. Ils lui préfèrent la notion de geste (Bourgeois et Hubault, 2005 ; Chassaing, 2010 par exemple). Selon Leplat (2013), « *le mouvement d'un sujet prend le statut de geste quand il lui est attribué une signification* ». Cet auteur souligne également que le but contribue à donner une signification au mouvement réalisé. Il compare alors le geste du soudeur exécuté à blanc où c'est la qualité du geste qui est visée, avec le geste exécuté dans les conditions habituelles de travail où c'est la qualité de la soudure qui est visée. Dans chacun de ces deux cas, le mouvement produit n'a pas la même signification. Il ne s'agit pas du même geste.

Le modèle adopté pour caractériser les APM dans le paragraphe II.3.3. est centré sur les régulations opérées par un travailleur au cours de son activité. Il intègre donc le but poursuivi. Les scénarios d'accident présentés dans ce même paragraphe montrent que le but poursuivi a eu un impact sur le mouvement réalisé. Ainsi, la grille de lecture adoptée pour ces accidents prend en compte le but poursuivi et donc une signification donnée au mouvement. Nous nous intéressons donc aux gestes. Et pourtant, aucune hésitation entre l'utilisation du terme « mouvement » et l'utilisation du terme « geste » n'a accompagné la proposition d'intituler « accidents avec perturbation du mouvement », l'ensemble des accidents correspondant au phénomène accidentel décrit au paragraphe II.1.1. La justification de cette absence d'hésitation est double. En premier lieu, l'intitulé « accident avec perturbation du mouvement » est issu d'examen d'accidents révélant des perturbations portant sur des déplacements de segments corporels observables (glissades au cours d'un déplacement, heurt en déplaçant un objet, coincement en fermant une fenêtre, ...), de tels déplacements étant souvent qualifiés de mouvements corporels. En second lieu, nous étions face à des perturbations du mouvement au cours de l'activité qui touchent aussi bien un geste de métier (vissage, découpage, soudage, ...) souvent initié par les membres supérieurs qu'un mouvement tel que la saisie ou la poussée d'un objet, la marche, le fait de s'accroupir ou de reculer pour observer un indicateur par exemple. Nombre de ces mouvements sont moins spécifiques et peuvent être initiés par les membres inférieurs. Les perturbations du mouvement constatées en situation de travail peuvent toucher aussi bien les mouvements des membres supérieurs que ceux des membres inférieurs ou de toute autre partie du corps. Il aurait été étrange de nommer « accident avec perturbation du geste » une glissade au cours d'un déplacement. La notion de geste renvoie en effet souvent

« aux activités motrices qui impliquent la participation de la main et du membre supérieur (Bouisset, 1981 dans Leplat 2013) ». Finalement, nous continuerons à parler de mouvement tout en soulignant le cadre d'analyse adopté, considérant les mouvements dans l'activité, en prenant en compte leur complexité, c'est-à-dire en ne les réduisant pas à leur part observable. Précisons également que nous nous intéressons au mouvement volontaire, c'est-à-dire au mouvement qui répond à l'intention de réaliser une tâche déterminée (Gaudez et Aptel 2008). En effet, les APM sont caractérisés par une perturbation inattendue du mouvement volontaire. Cet ensemble exclut les mouvements réflexes, les mouvements consécutifs à une perturbation du mouvement (une chute par exemple) et les mouvements initiés par le mouvement d'un élément auquel le travailleur ne participe pas (il est bousculé par exemple).

Les ergonomes s'intéressent au contrôle du mouvement en situation de travail notamment dans la perspective de prévenir les TMS survenant progressivement au cours du travail. Les TMS et les APM correspondent tous deux à des risques professionnels qui se manifestent dans les mouvements du travailleur. La prévention des APM devrait donc tirer bénéfice des travaux menés dans le champ de la prévention des TMS (Leclercq et al., 2015), et en particulier de ceux concernant le contrôle du mouvement en situation de travail. Ces travaux soulignent que le mouvement au travail dépend notamment des exigences de la situation de travail et des régulations complexes mises en place par le travailleur pour assurer la production et préserver sa santé (cf. par exemple Vézina, 2001). Il dépend également de l'histoire de la personne. Ainsi, le temps nécessaire et le temps prescrit pour l'action, les erreurs commises (Chassaing, 2005 ; 2010), la fatigue, les douleurs (Gaudart, 2000), le vécu professionnel antérieur, les pratiques des collègues, la vie hors travail (Chassaing, 2005), les expériences passées (Daniellou et al., 2008) sont autant de déterminants de la construction du mouvement. Le mouvement au travail est en perpétuel ajustement par rapport à la tâche demandée, aux contraintes individuelles, organisationnelles et environnementales (Chassaing, 2010), il est un compromis trouvé à un moment donné (Bourgeois et al., 2006), un processus continu de développement (Cuvelier et Caroly, 2009). En conséquence, mieux comprendre la survenue des atteintes qui se manifestent dans la réalisation du mouvement au travail et progresser dans leur prévention nécessitent de considérer les dimensions biomécaniques et physiologiques du mouvement et également les dimensions cognitive, psychologique, organisationnelle et économique (Bourgeois et Hubault, 2005). En outre, la question du geste professionnel et de sa construction apparaît à Daniellou et al. (2008) comme un axe de développement vers une prévention durable des TMS, le geste étant déterminé non seulement par ses conditions de réalisation pendant l'activité de travail mais également par ses conditions d'acquisition.

### III.1.2 L'APM : le résultat d'une accumulation de contraintes à un moment donné

La figure 13 présente les résultats d'une enquête menée par l'Insee et portant sur les AT. Ces résultats relatifs aux AT valent donc pour les risques d'AT qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs et en particulier pour le risque d'APM. Ils montrent que c'est la multiplication des contraintes qui accroît d'autant le risque d'AT. Ces contraintes ont trait notamment aux postures adoptées, aux mouvements effectués, aux vibrations subies ainsi qu'aux contraintes psychologiques (cf. figure 13, reprise de Babet et Lê, 2018).

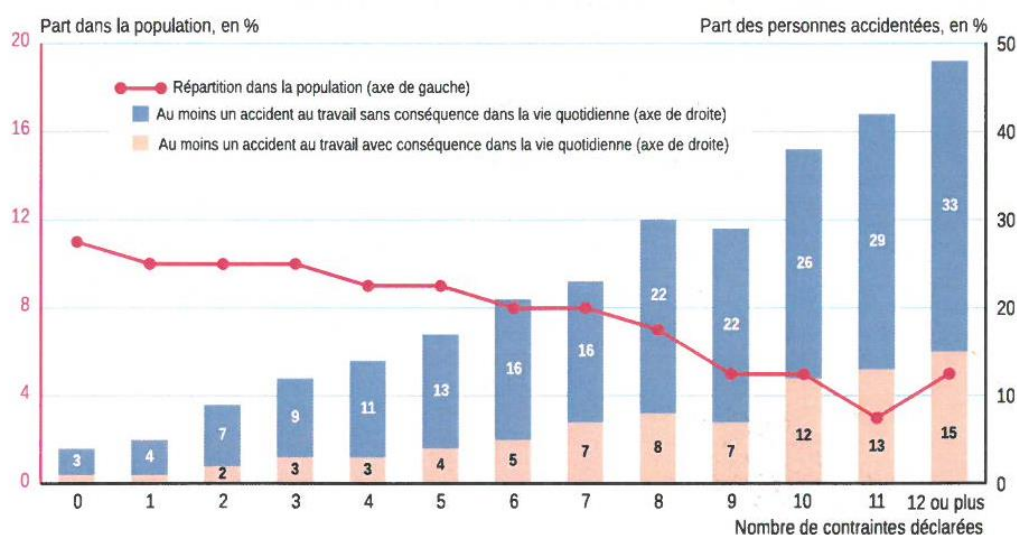


Figure 13 : cumul de contraintes dans le travail et fréquence des accidents dans l'emploi le plus récent. Les contraintes ont trait aux postures adoptées, aux mouvements effectués, aux vibrations subies ainsi qu'aux contraintes psychologiques (repris de Babet et Lê, 2018).

*Source : Insee, enquête Emploi et module complémentaire sur les accidents au travail et les problèmes de santé liés au travail (2013). Le module complémentaire a été mené par l'Insee auprès de 26 824 personnes vivant dans un logement ordinaire de France métropolitaine et travaillant ou ayant travaillé.*

Ce constat souligne l'importance des conditions physiques, matérielles et organisationnelles dans la détermination des postures et du mouvement. Il corrobore également la nécessité énoncée au paragraphe II.3.2.2. de prendre en compte les conditions de toutes natures qui se combinent en situation de travail pour comprendre la performance ou l'échec des régulations pour répondre aux exigences de la production en même temps qu'à celles de la sécurité au travail.

### III.1.3. L'APM : une mise en défaut soudaine du contrôle du mouvement au cours de l'activité

Les mouvements sont rendus plus ou moins aisés selon les situations de travail. Dans une situation donnée, les difficultés rencontrées sont très variables au cours du déroulement du travail. Ces difficultés sont souvent transitoires. Le sol peut être encombré ou glissant, le boulon à dévisser grippé, la pièce de la machine difficile d'accès, le marchepied particulièrement étroit, etc. Le travailleur ajuste de manière permanente son mouvement, le plus souvent avec succès, même en présence de difficultés, pour contourner le mobilier, éviter un obstacle au sol, accéder à l'élément derrière la machine, monter sur un engin, exercer des efforts pour ouvrir une porte qui résiste, desserrer un boulon grippé, adapter sa marche sur un sol glissant, transporter un objet plus ou moins encombrant, utiliser un matériel dont il n'a pas l'habitude, etc. A un moment donné, s'ajoute à des difficultés déjà présentes, une urgence, un incident technique, un accroissement de la charge de travail, une interruption de tâche ou une méconnaissance des pratiques habituelles de travail par exemple et c'est l'accident. La clé utilisée par le travailleur ripe, le travailleur heurte le mur en se dégageant de la machine, il est coincé contre un meuble alors qu'il transporte un objet avec un collègue, il rate une marche en montant l'escalier, etc.

Plus le mouvement est rendu difficile et plus le travailleur doit porter son attention au contrôle de celui-ci. Or il ne peut pas porter toute son attention à ce contrôle, puisque cela ne constitue pas l'unique but qu'il poursuit. Son but premier est le plus souvent de réaliser la tâche qui lui est confiée. Cela suppose cependant qu'il se mette en mouvement et qu'il contrôle en permanence son mouvement. La réalisation de la tâche est elle-même plus ou moins exigeante en matière d'attention, de délai. Ces exigences sont également variables au cours du temps et en fonction du contexte. Par exemple, une infirmière porte une attention particulièrement soutenue à son activité lorsqu'elle assiste un médecin intervenant auprès d'un patient en grand danger. A ce moment-là, si son mouvement est gêné par le câble d'un équipement, on peut penser que le risque que ce mouvement soit perturbé puisse être plus élevé que lorsque l'exigence de sa tâche en termes d'attention est moins élevée. Le risque de perturbation du mouvement est également plus élevé lorsqu'un travailleur doit à un moment donné effectuer une tâche de surveillance visuelle tout en se déplaçant puisqu'il peut ne pas lui être possible d'anticiper un obstacle sur son parcours. La focalisation de l'attention sur sa tâche empêche parfois le travailleur de préserver sa propre sécurité. La mise en défaut du contrôle de son mouvement peut alors entraîner une lésion, et donc une désorganisation de la production.

Le contrôle du mouvement nécessite donc de la part du travailleur le développement d'une activité en permanence. Cette activité est plus ou moins exigeante en termes de ressources, suivant la situation et au cours du temps. Pour un travailleur, la préservation de sa sécurité peut donc se trouver en concurrence avec la réalisation de la tâche, du point de vue des ressources.

#### III.1.4. Le contrôle du mouvement en ST : un processus de décision parfois très contraint par le temps

Le contrôle du mouvement est basé sur de nombreuses informations sensorielles initiées par l'environnement dans lequel la tâche est réalisée et sur la capacité du sujet à interpréter ces informations avec le meilleur rendement possible (Gaudez et al., 2016). Plusieurs théories citées dans l'article de Gaudez et al (2016) décrivent le contrôle du mouvement. Pour Berthoz (1997) des hypothèses sont émises de manière continue sur le mouvement à venir, permettant de formuler des mouvements préparatoires ou des ajustements posturaux. Ces hypothèses sont basées sur les informations sensorielles et sur la mémoire du mouvement acquise par l'expérience. La réponse à une tâche, en termes de mouvement, n'est pas une réponse optimale mais une réponse appartenant à un ensemble de réponses équivalentes. La réalisation d'une même tâche peut être issue d'activations musculaires et d'amplitudes articulaires différentes.

A partir de l'analyse de nombreux travaux, Wolpert et Landy (2012) présentent le contrôle du mouvement comme étant un processus de décision en présence de risque. La situation exemplifiant leur modèle est la suivante : en ajustant la position de votre chaise lors d'un dîner, vous heurtez la table. Du coin de l'œil vous voyez ce qui semble être un verre de vin qui bascule. Que devez-vous faire ? Cette situation, et donc le modèle proposé, intègre les notions de risque et de compromis présentes dans le modèle de compréhension des APM sur la figure 11. Il est donc intéressant ici de donner à voir la complexité du contrôle moteur à partir d'une situation singulière qui partage avec la situation de travail à risque d'APM le fait que le contrôle du mouvement constitue un challenge pour la personne à ce moment-là.

La planification du mouvement dans la situation envisagée (où bouger ? comment saisir ? Comment contrôler le mouvement en cours ?) est présentée par Wolpert et Landy (2012) comme le résultat de l'application d'une théorie statistique de la décision en présence de risque. La figure 14 synthétise les trois étapes de décisions sensorielles et motrices associées au modèle proposé. C'est une figure très simplifiée au regard de celle introduite dans l'article de Wolpert et Landy, et qui ne rend pas compte de l'ampleur de la littérature sur laquelle elle est fondée.

Le contenu de ce paragraphe dont la seule ambition est de rendre compte de la complexité du contrôle moteur présentera succinctement chacune de ces étapes sans les développer.

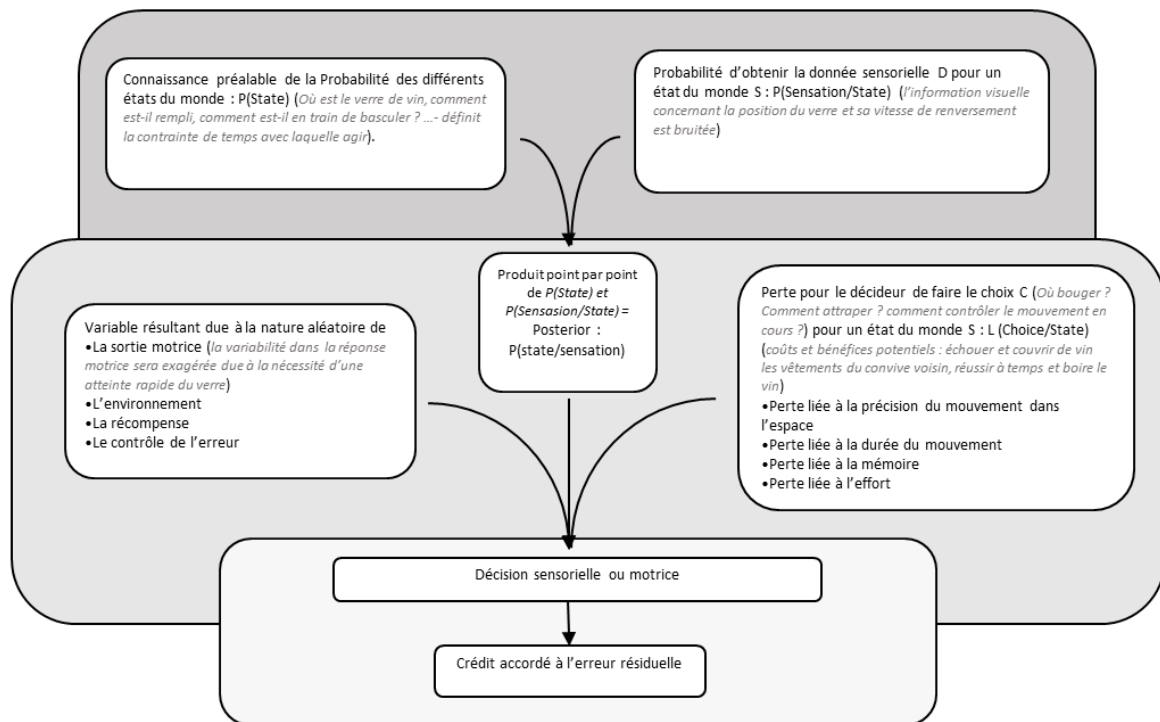


Figure 14 : aperçu de la complexité du contrôle moteur à partir d'une situation constituant un challenge pour la personne (d'après Wolpert et Landy (2012))

En premier lieu, les probabilités relatives aux connaissances préalables<sup>20</sup> qui définissent la contrainte de temps avec laquelle agir (position du verre de vin, de son remplissage, de sa façon de basculer) et celles relatives aux signaux sensoriels bruités (l'information visuelle concernant la position du verre et sa vitesse de renversement sont bruitées) sont combinés pour produire une distribution statistique qualifiée d'a posteriori : la probabilité accordée à chaque connaissance étant donné les perceptions sensorielles. Dans un second temps, cette probabilité est combinée avec (1) la perte pour le décideur de faire un choix (coûts et bénéfices potentiels : échouer et couvrir de vin les vêtements du convive voisin, réussir à temps et boire le vin) entre les différents choix possibles (Où bouger ? Comment saisir ? Comment contrôler le mouvement en cours ?) et (2) les incertitudes en aval (la sortie motrice par exemple - la variabilité dans la réponse motrice sera d'autant plus exagérée que la nécessaire rapidité de l'atteinte du verre sera

<sup>20</sup> A priori sensoriels/hypothèses faites par les sujets

grande). Cette combinaison produit une décision motrice. Dans un troisième temps, l'erreur résiduelle est interprétée pour adapter le système moteur aux mouvements ultérieurs.

### III.1.5. Le contrôle du mouvement défini par les interactions en situation de travail

Le paragraphe précédent montre que c'est la dynamique des interactions entre le travailleur, l'environnement physique dans lequel il évolue et la tâche qu'il réalise qui déterminent le mouvement.

Les interactions avec l'environnement physique (qui intègrent les interactions avec le matériel à disposition, les pièces/objets manipulés) peuvent contraindre et/ou aider le mouvement. Concernant ces interactions, Gaudez et Aptel (2008) éclairent la façon dont le corps est mis en mouvement en tenant compte de l'effet de la pesanteur et des appuis nécessaires avec l'environnement. Ils soulignent (1) que le maintien ou l'adoption d'une posture qui vise à la fois le maintien de l'équilibre corporel et la réalisation du mouvement volontaire, a un coût musculaire, (2) que l'exécution d'un mouvement volontaire mobilise<sup>21</sup> à la fois des segments corporels directement impliqués dans cette exécution (la chaîne focale) et d'autres segments corporels intervenant notamment dans le maintien de l'équilibre (la chaîne posturale), (3) que l'activité motrice des segments constituant la chaîne posturale précède et accompagne l'activité de la chaîne focale. Ces auteurs rappellent également le principe de l'action et de la réaction exprimant le fait qu'une personne ne peut exécuter de mouvement volontaire que si elle développe avec son environnement des forces dont va dépendre le mouvement réalisé. Ce principe témoigne de l'importance des surfaces d'appuis dans la réalisation d'un mouvement, en particulier de la nature de ces surfaces, de leur nombre et de l'aire de contact avec la personne. Ainsi, la conception de l'enveloppe physique de travail constituée par l'agencement des espaces et le choix des matériaux constitue un enjeu non seulement pour les conditions d'hygiène (dans le secteur alimentaire par exemple) mais également pour la prévention des APM. Répondre à cet enjeu suppose d'être en capacité d'anticiper le risque d'APM lors du déroulement de l'activité réelle.

Les interactions du travailleur avec la tâche qu'il réalise peuvent constituer également des contraintes ou des ressources pour le contrôle du mouvement à un moment donné. Il s'agit par exemple de la vitesse à laquelle les mouvements doivent être réalisés, de la précision attendue des mouvements, des risques que la réalisation de la tâche fait courir, ou encore de l'absence

---

<sup>21</sup> La mobilisation de segments corporels ne signifie pas nécessairement un déplacement de ces segments. Il signifie la présence d'une activité musculaire au niveau de ces segments.

de ressources (en particulier de ressources attentionnelles ou visuelles) à un moment donné pour le contrôle du mouvement, ressources dédiées à la réalisation de la tâche à ce moment-là.

Enfin les interactions entre le travailleur, l'environnement et la tâche réalisée sont également en partie déterminées par les capacités (connaissances, expérience, habiletés, ...) et l'état du travailleur (fatigue, douleurs, ...) qui vont à un moment donné constituer des contraintes ou des ressources pour le contrôle du mouvement. Il s'agit par exemple de la morphologie du travailleur qui peut faciliter certains mouvements et en empêcher d'autres dans un environnement donné. Il s'agit également des douleurs, de la fatigue et des émotions qu'il éprouve à ce moment-là ou encore de l'expérience qu'a le travailleur d'agir dans un environnement et pour la réalisation d'une tâche comparables, expérience qu'il a mémorisée. Cette expérience contribue à générer des hypothèses sur le mouvement à venir. Les APM qui sont une perturbation inattendue du mouvement volontaire peuvent alors être également vus comme un discrédit de certaines de ces hypothèses. Par exemple de nombreuses glissades ou trébuchements sont le résultat de la surprise du travailleur par le niveau de glissance du sol ou la présence d'un obstacle. Lors du transport d'un objet avec un collègue, le travailleur a également des attentes par rapport aux actions de ce collègue, attentes auxquelles les faits peuvent ne pas répondre.

Il est intéressant de noter que le mouvement émerge des interactions entre le travailleur, sa tâche et son environnement ; tout comme l'activité émerge des mêmes interactions entre le travailleur (les conditions internes sur la figure 11), la tâche et l'environnement (inclus dans les conditions externes sur la figure 11). Ainsi le modèle sur la figure 11 est bien adapté non seulement pour comprendre le contrôle de l'activité mais également pour comprendre le contrôle du mouvement dans l'activité. Il constitue donc une base pour l'analyse du risque d'APM. Ceci dit, ce risque présente des spécificités qui impactent la nature et la temporalité des régulations destinées à réaliser la tâche tout en préservant la sécurité. Le paragraphe qui suit a donc pour objectif de préciser un cadre d'analyse basé sur le modèle présenté sur la figure 11 intégrant les connaissances acquises sur le risque d'APM. Le mouvement en situation de travail étant indissociable de l'activité dans laquelle il s'inscrit, le contrôle du mouvement est indissociable du contrôle de l'activité. Le cadre d'analyse proposé est donc centré sur les régulations au cours de l'activité dans la perspective de comprendre la performance ou la mise en défaut du contrôle du mouvement.

### III.1.6. Le contrôle du mouvement : un ajustement perpétuel dans une optique de production et de sécurité

De manière générale, des régulations sont opérées par un travailleur vis-à-vis d'un danger<sup>22</sup> auquel il se sent exposé à un moment donné pour réduire un risque d'accident en situation de travail. La période d'exposition diffère suivant la nature du danger et de l'activité. Si le danger est caractérisé par une énergie extérieure au travailleur (énergie mécanique des organes en mouvement d'une machine par exemple), le travailleur est exposé chaque fois qu'il est à proximité du danger en l'absence de protection. Si le danger est caractérisé par une énergie portée par lui (l'énergie de ses propres mouvements), le travailleur est exposé chaque fois qu'il est en mouvement. Dans ce dernier cas, les régulations visant à éviter toute perturbation du mouvement sont plus ou moins importantes au cours du temps en fonction notamment de l'évolution du risque perçu. Par ailleurs, le contrôle du mouvement réalisé par le travailleur ne vise pas seulement l'évitement des APM mais la réalisation de la tâche. Il est un ajustement perpétuel en situation de travail, que le risque d'APM soit élevé ou non.

### III.2. Cadre d'analyse du risque d'APM centré sur les régulations au cours de l'activité

Les APM les plus difficiles à prévenir émergent de la variabilité des situations (cf. paragraphe II.4.2.). Cette variabilité en lien avec le risque d'APM est illustrée dans le paragraphe III.1.3. En ergonomie, la variabilité des situations de travail est un concept clé. Il s'agit de variations par rapport aux prévisions, qui conduisent le travailleur à mettre en place des régulations pour faire face à et anticiper cette variabilité ou la survenue d'incidents par nature imprévue.

La notion de régulation est au cœur de la compréhension des APM. Elle véhicule généralement l'idée de contrôle (Leplat, 2006), terme privilégié par les auteurs qui s'intéressent spécifiquement au contrôle du mouvement. Ce paragraphe traite des régulations opératives définies par Guyot-Delacroix (1999) comme celles développées dans l'exécution du travail par les opérateurs et visant à répondre en temps réel aux variabilités et aléas des situations. En effet, ce sont les mises en défaut de régulations de cette nature qu'expriment les APM et dont on a pu se saisir lors de nos recherches.

---

<sup>22</sup> Rappelons que nous réservons ici le terme de danger pour qualifier un élément/une énergie qui produit directement une lésion et non pas un élément qui accroît le risque ou qui traduit une perte de contrôle (cf. paragraphe II.2.3.).

### III.2.1 Modèle classique de régulation et risque d'APM

Un modèle de régulation est un modèle de passage du but à l'action, action par laquelle se réalise l'activité (Leplat, 2006). Le travailleur définit le but poursuivi à partir des prescriptions et de ses objectifs propres (ménager sa santé, préserver sa sécurité, accroître son confort, améliorer sa qualification, etc.) dans une perspective d'action. Le travailleur définit également les contours du système contrôlé qui comporte deux composantes essentielles qui sont le dispositif assurant la production et le travailleur lui-même. En effet, le travailleur se gère en même temps qu'il gère la production, et c'est principalement cette gestion qu'interroge la prévention des APM. La figure 15 reprise de Leplat (2006) représente les deux grandes catégories de boucles de régulation pour l'analyse de l'activité, qualifiées d'externe et d'interne par l'auteur.

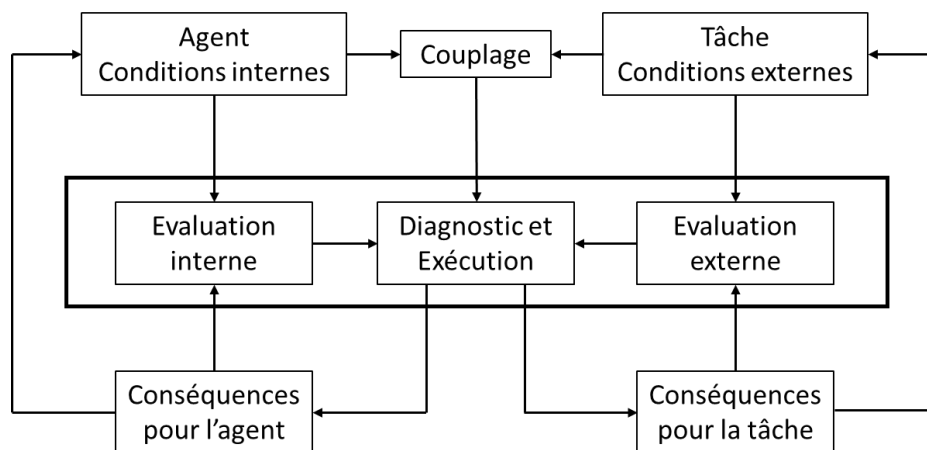


Figure 15 : Cadre général pour l'analyse de l'activité (« a → b » signifie « b dépend de a »). Repris de Leplat (2006)

Cette figure distingue les effets des régulations opérées par le travailleur et dirigées vers la production et la sûreté de cette production, des effets sur lui-même. Concernant ces derniers, on s'intéresse ici aux éventuelles atteintes corporelles suite à une perturbation du mouvement et aux conditions plus ou moins propices à la survenue de ces atteintes. Il est possible d'identifier des régulations destinées à éviter toute perturbation du mouvement ou ses effets. On peut distinguer des régulations rétroactives basées sur les résultats de l'action du travailleur. Par exemple, il trébuche au cours de son activité et effectue, en réaction, des mouvements afin

de rétablir son équilibre corporel. D'autres régulations sont basées sur le processus de contrôle du mouvement en cours ou futur. Par exemple le travailleur aperçoit des fers à béton en attente sur sa trajectoire et s'en écarte pour éviter d'être blessé ou bien il rassemble les pièces nécessaires à son activité à venir pour éviter de multiplier les déplacements difficiles (Derosier et al., 2008). Ces régulations qui ont un impact sur le mouvement réalisé contribuent à la préservation de la sécurité du travailleur. Elles font donc partie des boucles de régulation internes. Il est également possible d'identifier des régulations qui visent la réalisation de la tâche et qui déterminent le mouvement réalisé. Par exemple le travailleur se penche pour atteindre le bouton d'arrêt d'urgence. Ces régulations font partie des boucles de régulation externes. Le mouvement est donc (comme l'activité) le produit des boucles de régulation interne et externe. Son contrôle est un ajustement perpétuel en situation de travail, que le risque d'APM soit élevé ou non.

Ce modèle classique de régulation présente des limites soulignées par Falzon (2013) dont l'absence de formalisation du retentissement sur le travailleur des effets côté tâche. Cet auteur cite la réussite qui entraîne la satisfaction et à l'inverse l'échec qui génère la frustration. On peut noter également certains effets côté travailleur qui retentissent sur la tâche. La survenue soudaine d'un accident par exemple interrompt brutalement le déroulement de la tâche. Le cadre d'analyse qui sera proposé sur la figure 16 formalise ces retentissements. Falzon (2013) souligne également l'absence de formalisation des transformations, positives et négatives, que le travail opère à long terme sur le travailleur et propose un cadre plus complet, qui rend compte de ces phénomènes importants. Le cadre d'analyse sur la figure 16 ne représente pas ces transformations et donc ne renvoie pas formellement la vision développementale actuelle que défend l'ergonomie parce que les résultats des recherches relatives à l'élaboration et à la compréhension de cette problématique nouvelle autour du risque d'APM ne permettent pas aujourd'hui de rendre compte de cette dynamique sur le long terme.

### III.2.2. Le couplage subjectif d'informations pour (re)définir le but

L'élaboration instantanée du but poursuivi passe par (cf. figure 15) le couplage entre les conditions externes (la tâche, l'environnement physique et social et l'organisation du travail) et les conditions internes (caractéristiques socio démographiques et momentanées du travailleur). Ces conditions sont en partie objectivables au moyen de techniques classiques d'observation de l'activité. Ceci dit, l'activité est celle d'un travailleur singulier qui, avec sa subjectivité, intègre ces conditions et les couple pour (re)définir à la fois le contour du système régulé et le

but poursuivi. L'activité est le produit à chaque instant de ces (re)définitions auxquelles participent les perceptions du travailleur concernant les risques encourus, les systèmes techniques et leur fonctionnement, l'organisation du travail ainsi que ses propres capacités. Ainsi comme le rappellent Garrigou et al. (2004), les questions de prévention nécessitent d'articuler des données objectives et subjectives dans le cadre d'une analyse ergonomique. Pour ces auteurs, l'exposition aux dangers « conduit l'ensemble des acteurs à des représentations contrastées, voire contradictoires et en tous les cas incomplètes » et « ils (les experts de la prévention) ne pourront se passer des personnes exposées aux situations à risque, de leur implication dépendent la formulation de l'énigme (les conditions d'exposition des travailleurs à des risques professionnels) mais aussi la transformation de leurs représentations ».

Le couplage subjectif des différentes conditions définit le périmètre d'un ensemble de modes opératoires possibles, prévus ou non. Chacun de ces modes opératoires conduit à l'adoption de postures et au développement de forces qui induisent un risque plus ou moins grand de perturbation du mouvement. Plusieurs difficultés décrites par Falzon (2013) peuvent apparaître au niveau de ce couplage lorsque les conditions externes (1) accordent plus ou moins d'autonomie/de marges de manœuvre<sup>23</sup> au travailleur limitant les modes opératoires possibles et/ou (2) entrent en contradiction avec les souhaits du travailleur. Ces situations contribuent aux effets négatifs observables sur la santé physique et psychique du travailleur. On peut noter des difficultés au niveau de ce couplage qui contribuent à la survenue d'APM. En effet, des conditions externes qui limitent les modes opératoires possibles peuvent dans certaines situations rendre le contrôle du mouvement peu aisé et ainsi contribuer à la survenue d'un APM. Il s'agit en particulier de contraintes spatiales (bouton difficile d'accès sur la machine, espace étroit au regard de la tâche à réaliser, ...) et de contraintes temporelles qui conduisent par exemple à l'emprunt de raccourcis moins sûrs que l'itinéraire prévu.

Les régulations opérées par le travailleur visent donc un but qui lui est propre, défini notamment à partir des buts du point de vue de la tâche à réaliser dont certains peuvent être ambigus, contradictoires. Falzon (2006) résume la multiplication des buts contradictoires assignés aux organisations et répercutés en situation de travail par le slogan « plus vite, mieux et moins cher ». Lors de la définition du but poursuivi, le travailleur prend également en compte les risques qu'il perçoit en situation de travail, risques pour la production et pour lui-même. Une multiplicité de buts est donc intégrée à chaque instant en situation de travail. Chacun de ces buts ne peut être réalisé de manière optimale, ce qui conduit à des compromis. Le contrôle du

---

<sup>23</sup> Les marges de manœuvre sont vues ici comme les marges offertes par la situation.

mouvement est une exigence implicite qui contribue à la (re)définition du but au moment du couplage des conditions externes et des conditions internes. Cette exigence devient consciente principalement aux moments où ce contrôle est rendu difficile, voire prioritaire (en cas de perturbation de l'équilibre corporel par exemple).

### III.2.3. Régulations dans les études ergonomiques et risque d'APM

Les régulations en situation de travail consistent surtout, selon De la Garza et Weill-Fassina (2000), à gérer des ressources visant des buts productifs, c'est-à-dire à construire des compromis et colmater des lacunes, à effectuer des ajustements dans un contexte plus ou moins perturbé et contraignant et enfin à gérer le temps. En effet, il s'agit de répondre à court terme aux aléas du travail. Ces auteurs parlent de marges de manœuvre potentielles dont dépendent les possibilités et les modalités de régulation et précisent qu'elles concernent ce que Rasmussen (1997) appelle l'acceptabilité des variations de l'action par l'entreprise. Il s'agit ici de marges dont les opérateurs peuvent disposer et qui sont un déterminant des possibilités et des modalités de régulation. Elles se réfèrent à des espaces de liberté laissés volontairement ou non par les prescriptions, espaces qui créent d'éventuelles zones de tolérance par rapport à des pratiques acceptées.

La littérature fait état de stratégies de régulation consistant à gérer le temps. Ces stratégies sont importantes pour comprendre les APM. En effet, le temps consacré à la réalisation d'un mouvement impacte son contrôle (cf. paragraphe III.1.4.). En général, lorsque la vitesse de réalisation d'un mouvement augmente, la précision de ce mouvement diminue, ce qui peut contribuer à la survenue d'APM.

La régulation en sommation (repris par Leplat, 2006 des travaux de Faverge, 1966) s'applique aux tâches dont le but assigné au travailleur est d'assurer un volume de production en un temps donné. Dans ces situations, le travailleur totalise à chaque instant sa production depuis le début pour tenter d'atteindre le volume assigné en fin de travail. Ainsi il tend à accélérer son rythme quand la production quotidienne risque de ne pas être atteinte, et à le diminuer dans le cas contraire. Si le temps d'exécution d'un élément a été prolongé par un incident, les autres parties du cycle sont accomplies beaucoup plus vite. Ce mécanisme de régulation n'est pas sans lien avec la sécurité du travailleur comme le montre par exemple le scénario récurrent d'APM n°1 dans le paragraphe II.3.3. où le travailleur tente de récupérer le temps perdu sur la route en effectuant rapidement ses déplacements à pied lorsqu'il est seul. Ainsi dans un contexte d'intensification du travail, les déplacements à pied alors que le travailleur est seul, comportent

des moments propices à la survenue d'APM si un travailleur adopte ce mode de régulation et donc accélère le pas alors que d'autres éléments rendant le déplacement peu aisé (neige ou obstacle par exemple) sont présents. Par ailleurs, De la Garza et al. (2011) traitent de conflit temps disponible/temps nécessaire qui conduit le travailleur à se focaliser sur une partie des informations, ce phénomène pouvant impacter la fiabilité de ses actions. Un scénario accidentel récurrent cité par Leclercq et al. (2007) montre la focalisation du travailleur sur une partie des informations : le travailleur inspecte le train avant son départ et détecte un problème qu'il convient de résoudre avant le départ prévu du train. Avec cette perspective, il se déplace rapidement le long du train ou sur la voie sans prendre en compte l'obstacle au déplacement ou l'irrégularité sur le sol et trébuche ou se tord la cheville. Le travailleur focalise prioritairement son attention sur les informations utiles à la résolution du problème au détriment de celles utiles au contrôle de son mouvement. Les résultats d'analyses d'APM font d'ailleurs très souvent état d'un facteur d'accident intitulé « précipitation » pour exprimer la réalisation rapide de mouvements qui a contribué à la mise en défaut de leur contrôle. La précipitation est régulièrement expliquée dans les mêmes résultats d'analyse par le but de l'action : le travailleur voulait aller à tel endroit ou bien le travailleur voulait débloquer la machine, soulignant implicitement la priorité accordée à ce moment-là à la production.

La littérature fait également état de régulation entre différentes sous-tâches que le travailleur doit gérer, par exemple lorsqu'il doit assurer en même temps sa contribution au processus de production et à la prévention du ralentissement ou de l'arrêt de celui-ci (Faverge, 1966). Cet auteur souligne que la plupart du temps, cette préoccupation est présente à chaque moment et dans chaque geste du travailleur. Sa contribution à la prévention du ralentissement ou de l'arrêt du processus de production le conduit parfois à élargir le périmètre du système contrôlé en apportant son aide à un collègue en difficulté par exemple. Les travaux sur les APM montrent que nombre d'entre eux se sont produits lorsque le travailleur s'engage dans une sous-tâche, suite à un incident technique (cf. les scénarios 5 et 6 dans le paragraphe II.3.2.3.) ou suite à une interruption (Leclercq et al, 2014). La survenue d'incidents techniques ou d'interruptions peuvent introduire pour le travailleur qui s'engage à répondre à ceux-ci, une forme d'urgence et de priorité accordée au rétablissement du cours normal du process ou à la demande ayant suscité l'interruption. Ceci peut renvoyer en particulier aux mécanismes de gestion du temps évoqués ci-dessus ainsi qu'à la mobilisation de ressources attentionnelles pour replanifier en temps réel les actions à réaliser.

Le contrôle du mouvement exige en permanence des ressources, en particulier du temps. Un partage permanent de celles-ci s'effectue entre les différentes sous-tâches et l'évitement des

perturbations du mouvement. La possibilité ou non par exemple pour un travailleur de prendre en compte les informations visuelles utiles au contrôle anticipatif du mouvement dépend en particulier des ressources mobilisées pour la réalisation de la tâche productive (surveillance visuelle du déplacement d'une charge par exemple).

### III.2.4. Cadre d'analyse du risque d'APM

Le schéma sur la figure 16 reprend le cadre général de la figure 15 en le détaillant et en le complétant dans une perspective d'analyse du risque d'APM. L'activité, dont le contrôle du mouvement, s'inscrit dans une dynamique au sein de laquelle le couplage des conditions internes et externes ainsi que la (re)définition du but par le travailleur évoluent tout comme évoluent les effets sur la production et sur le travailleur lui-même.

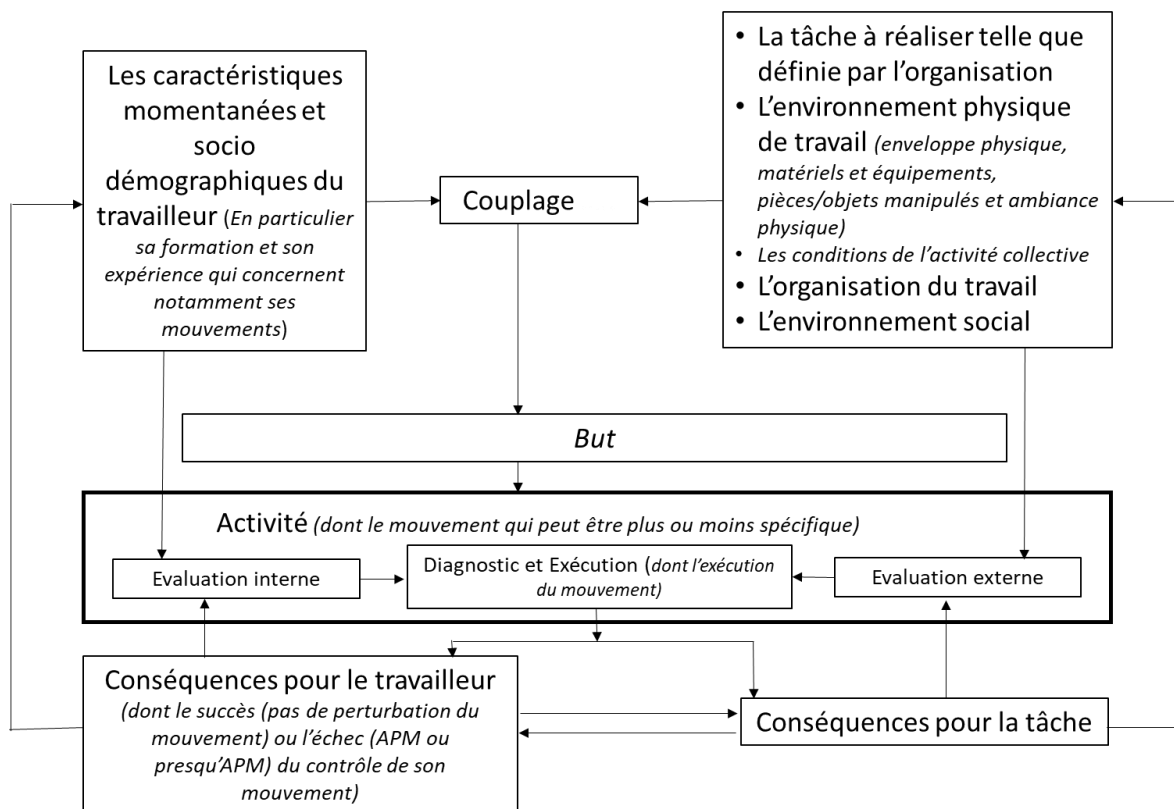


Figure 16 : cadre d'analyse des régulations opérées par un travailleur en pointant des spécificités utiles à la compréhension de la régulation de son propre mouvement

Le cadre d'analyse proposé est centré sur l'activité du travailleur en situation de travail, situation au sein de laquelle se manifeste le risque. Ce cadre ne peut donc rendre compte de

toute la complexité du système dans lequel cette activité s'inscrit. Il est utile de rappeler cette limite. De plus, la mobilisation du cadre proposé pour analyser le risque d'APM se fait au sein d'une démarche dont quelques caractéristiques doivent être rappelées et justifiées, le risque d'APM ne constituant pas un objet habituel pour les études ergonomiques. Enfin, l'identification de la situation de travail à analyser constitue une étape préalable à la mobilisation du cadre d'analyse. Le paragraphe qui suit intitulé « Précisions méthodologiques en lien avec le risque d'APM » traite tout d'abord de ces trois aspects avant d'aborder d'autres aspects également de nature méthodologique et plus directement en lien avec l'usage du cadre d'analyse. En particulier, sera discutée l'importance de prendre en compte les différents éléments formalisés en italique sur le cadre d'analyse pour analyser le risque d'APM en situation de travail.

### III.3. Précisions méthodologiques en lien avec le risque d'APM

Le risque d'APM est très divers. Il touche toutes les catégories socioprofessionnelles et tous les métiers. De plus, les objectifs et les finalités des démarches dans lesquelles le cadre d'analyse est mobilisable peuvent être sensiblement différents. On cherchera surtout dans les paragraphes qui suivent à préciser tout d'abord le contexte et la démarche associés à l'utilisation du cadre d'analyse ainsi que l'identification de la situation de travail à analyser ; puis à guider l'usage du cadre d'analyse sachant que le contrôle du mouvement s'inscrit dans l'ensemble des régulations opérées par le travailleur et destinées (1) à se gérer lui-même et (2) à gérer la production, l'action réalisée étant le fruit de l'articulation de ces boucles de régulations.

#### III.3.1. Aspects préalables à la mobilisation du cadre d'analyse

##### III.3.1.1. Inscription dans une réalité plus complexe

Le cadre sur la figure 16 est destiné à analyser les régulations opératives ayant un impact sur le risque d'APM. D'autres régulations sont présentes au sein de l'entreprise et au-delà et d'autres risques sont présents en situation de travail, que la démarche d'analyse ne peut ignorer.

Les conditions externes et internes qui déterminent les régulations opératives (cf. figure 15) sont en effet elles-mêmes déterminées par d'autres régulations de nature structurelle élaborées par la hiérarchie et couvrant l'ensemble des activités de conception du travail (De la Garza et Weill-Fassina (2000)). Des décisions ayant des répercussions sur les risques en ST sont également prises à des niveaux dépassant le cadre de l'entreprise comme en atteste la

représentation proposée par Rasmussen et Svedung (2000), basée sur une décomposition de l'organisation sociale en différents niveaux. En particulier, la gestion des différents risques fait l'objet de priorisation et d'élaboration de règles plus ou moins abondantes applicables en situation de travail, dont le mouvement du travailleur peut dépendre à un moment donné.

Par ailleurs, la situation de travail présente souvent de multiples risques qui sont de nature différentes : risque d'accident de process, d'AT ou de maladie professionnelle par exemple. C'est l'ensemble des risques perçus par le travailleur à un moment donné qui va déterminer son mouvement. Il est donc nécessaire de prendre en compte le plus largement possible les risques perçus par le travailleur à l'occasion des interventions en entreprise et en particulier lors de l'étude des régulations en situation de travail visant à mieux comprendre le mouvement réalisé. Pour autant, le cadre d'analyse doit-il cibler le risque d'APM ou plus largement les risques présents/perçus en situation de travail ? En théorie l'intégration des différents risques présents/perçus en situation de travail est plus conforme à la réalité. Ceci dit d'un point de vue pratique, l'intervention peut-elle intégrer avec la même finesse ces différents risques ? Des études ergonomiques dans le champ de la prévention des risques professionnels révèlent souvent une focalisation sur un voire deux risques. Par exemple, les recherches ciblant initialement les TMS portent aujourd'hui sur l'ensemble des TMS et des RPS. Selon Aublet-Cuvelier et Caroly (2013), c'est la relation établie entre TMS et RPS qui invite à traiter ensemble des questions de TMS et de RPS, même si les mécanismes d'apparition peuvent différer pour partie. Cette relation lie le stress aux mécanismes physiopathologiques conduisant aux TMS (Aptel et Cnockaert, 2002). C'est donc l'intervention d'un facteur de nature psychosocial dans la survenue de TMS qui motive de cibler ensemble ces deux risques professionnels dans le cadre des interventions. Des facteurs de nature psychosociale ne sont-ils pas susceptibles de contribuer aussi à la survenue d'autres risques professionnels ? à la survenue d'APM (cf. Abbe et al., 2011 par exemple) ? motivant ainsi l'intégration des différents risques présents en situation de travail, dans le modèle d'intervention. Cette intégration est également souhaitable pour d'autres raisons. En effet, identifier des actions de prévention destinées à un seul type de risque n'est-il pas susceptible de déplacer le risque ? ou bien de multiplier les buts à l'adresse du travailleur, dont certains pourraient s'avérer contradictoires, comme cela est parfois le cas dans le champ de la sécurité des process et de la sécurité des personnes (cf. paragraphe IV.2.4.) ? En pratique, l'intégration de différents types de risque n'est réaliste qu'au prix d'une simplification de la réalité d'autant plus forte que de nombreux risques sont intégrés. C'est une réelle difficulté de prendre en compte la complexité des mécanismes d'apparition des différents types de risque/événements non souhaités en même

temps que celle de l'ensemble du système au sein duquel s'inscrit la survenue de ces événements. A ce propos, dans le cadre de la prévention des TMS, bien que la notion de geste soit explicite sur certains modèles (Vézina, 2001 par exemple), Lémonie (2019) regrette que l'usage des marges de manœuvre ait détourné le regard des ergonomes de la question du geste et du mouvement au travail. Pour cet auteur, des traits saillants nécessaires à l'action sont présents dans la complexité du contrôle du mouvement et doivent être intégrés dans les modèles d'intervention sur les TMS. Les TMS et les APM sont deux risques professionnels qui se manifestent à travers les mouvements au travail. Le contrôle du mouvement est un champ d'investigation commun à ces deux types de risque. Cependant les différences dans les mécanismes d'apparition des APM et de certains TMS conduisent probablement à focaliser l'attention, dans le champ du contrôle du mouvement, sur des aspects qui peuvent être sensiblement différents lors de l'étude de chacun de ces risques.

#### III.3.1.2. Recherche locale et collective de solutions

Si la mise en œuvre de démarches locales et collectives est maintenant évidente pour prévenir certains risques professionnels (les TMS, les RPS par exemple), les représentations associées au risque d'APM n'y prédisposent pas. Et pourtant les solutions de prévention des APM sont le plus souvent locales (au sein de l'entreprise et plus précisément de la situation de travail concernée). En effet, les caractéristiques de ces accidents évoquées dans les paragraphes précédents font que tous les secteurs d'activité, tous les métiers et toutes les catégories socio-professionnelles sont concernés. La diversité des situations accidentogènes et le caractère systémique des AT expliquent que les causes des APM soient très variées dans des entreprises différentes, voire dans des situations de travail différentes.

De plus, ces accidents questionnant l'organisation du travail, la recherche de solutions ne peut être également que collective (associant les acteurs de l'entreprise à tous les niveaux). Le risque d'APM est un risque difficile à anticiper et les travailleurs qui, dans certaines situations, ont éprouvé des difficultés pour contrôler leurs mouvements tout en réalisant leur tâche, sont souvent les seuls à pouvoir en témoigner. Ces connaissances font partie des retours d'expérience indispensables et précieux pour la gestion de ce risque que la démarche d'intervention vise à porter à la connaissance de l'organisation.

### III.3.1.3. Identification de la situation à étudier

Contrairement à d'autres risques professionnels, le risque d'APM est un risque qu'on ne sait le plus souvent pas par « quel bout » saisir. Ceci est lié en partie à la nature du danger qui crée le risque (cf. paragraphe II.2.), à la diversité des activités au cours desquelles ce risque se manifeste et au caractère souvent émergent du risque d'APM (cf. paragraphe II.4.2.). De plus, le risque d'APM étant peu mis en visibilité, les demandes exprimées en entreprise le sont le plus souvent en terme de prévention des chutes de plain-pied, la chute de plain-pied n'étant pas un point d'entrée pertinent pour aborder la prévention en entreprise (cf. paragraphe II.1.2.1.). Ces demandes n'intègrent pas la diversité des manifestations du risque d'APM et considèrent implicitement que les causes des chutes de plain-pied sont les mêmes pour l'ensemble des situations. Les représentations de ces causes ne sont également pas en accord avec les représentations systémiques actuelles de la genèse des accidents (cf. paragraphe II.1.4.), ce qui conduit à des retours d'expérience souvent insuffisants. La sensibilisation et l'outillage des préventeurs pour la gestion de ce risque constituent donc une priorité qui sera abordée dans la partie IV.

La première difficulté pour l'intervenant est donc d'identifier et de caractériser avec l'entreprise une situation de travail propice à la survenue de ces accidents. En effet, les raisons pour lesquelles ils se produisent en entreprise sont multiples et diffèrent en particulier suivant le métier exercé. Ils se produisent au cours de la réalisation de mouvements spécifiques ou non (ce point fait l'objet du paragraphe III.3.2.4.1.), d'activités habituelles ou ponctuelles<sup>24</sup>. Il n'est en effet pas rare que le travailleur, face à des difficultés, s'engage dans une activité imprévue et doive en même temps faire face à des difficultés pour contrôler son mouvement (cf. scénario n° 5 dans le tableau 5 et l'accident 1 dans le paragraphe II.3.3.).

Au regard des retours d'expérience souvent insuffisants concernant le risque d'APM, il reste nécessaire aujourd'hui de faire précéder l'analyse de l'activité par une analyse approfondie des accidents afin notamment d'identifier des situations plus propices à leur survenue. Celles-ci peuvent être caractérisées dans un premier temps par le métier exercé (Leclercq et Thouy, 2004), le métier exercé et l'équipement utilisé (Leclercq et al., 2007) ou par l'environnement du poste de travail (Derosier et al., 2008) par exemple. Une fois cette situation identifiée, le cadre d'analyse proposé sur la figure 16 peut être mobilisé pour étudier les succès et les échecs (les APM) des régulations du contrôle du mouvement au cours de l'activité dans cette situation.

---

<sup>24</sup> Une activité ponctuelle est une activité développée face à une situation incidentelle ou imprévue et donc difficile à anticiper et à observer.

### III.3.2. Aspects liés à la mobilisation du cadre d'analyse dans le champ des APM

#### III.3.2.1. Plage d'observation

L'enchaînement des mouvements au cours de l'activité comporte des mouvements spécifiques à la tâche réalisée (déplacer un malade, effectuer une soudure, désosser de la viande, saisir des plans sur ordinateur, etc) et des mouvements moins spécifiques (se rendre d'un bâtiment à un autre, aller chercher un outil, prendre un dossier en haut de l'armoire, descendre les escaliers, fermer une porte, une fenêtre, etc). Tout mouvement, qu'il soit spécifique ou non, peut être perturbé en situation de travail. Les stratégies liées à la gestion du temps (cf. paragraphes II.3.3. et III.2.3) et déterminant le risque d'APM sont mises en place sur des périodes dont la limite est plus ou moins éloignée dans le temps de la perturbation du mouvement possible ou avérée. Ces stratégies montrent notamment que c'est au cours de la réalisation de mouvements non spécifiques, alors qu'il est seul, qu'un travailleur va chercher à récupérer du temps « perdu » à d'autres moments, en particulier lors de la réalisation de mouvements spécifiques à l'activité. D'où l'importance de prendre en compte les différents types de mouvements sur une période temporelle suffisante pour analyser le risque de perturbation du mouvement. Les résultats de Morvan et al. (2015) qui ont étudié la dynamique des marges de manœuvre et la santé au travail dans une entreprise en lean manufacturing, incitent également à une observation large des temps de travail : les temps productifs en même temps que les temps dits « improductifs ». Ils soulignent que le périmètre des observations systématiques portant sur les opérations d'assemblage au sein d'une cellule comportant 2 ou 3 opérateurs, a limité l'analyse des conditions favorables ou non aux marges de manœuvre proposées aux travailleurs dans la tâche de production. En effet, selon les auteurs, « *les déplacements et les activités en dehors de la cellule peuvent être des moments de récupération informels qui viennent pondérer les effets de l'absence de marge de manœuvre dans la cellule* ». Des travaux basés sur des analyses d'APM ont révélé également que les travailleurs qui avaient en charge le rangement de leur poste de travail, n'effectuaient ce rangement que lorsque leur charge de travail le permettait. Une surcharge de travail combinée à un encombrement du poste du fait de l'activité conduisait à la survenue d'APM.

La période d'observation de l'activité sera donc a priori la période de travail, à moins que les retours d'expérience relatifs aux APM et les difficultés exprimées par les travailleurs dans la situation ne permettent de la réduire.

### III.3.2.2. Quelles observations ?

De manière générale, on cherche à comprendre (1) les difficultés ou l'absence de difficultés rencontrées par les travailleurs pour contrôler leur mouvement en situation sans accident et (2) ce qui s'est passé pour le travailleur au moment de la perturbation du mouvement lors de l'analyse des APM survenus dans la situation étudiée.

Impossible de lister ici toutes les observations en situation de travail qui pourraient servir la compréhension des régulations de l'activité impactant le mouvement réalisé et le risque de perturbation associé. Celles-ci sont très dépendantes de la situation analysée et des activités développées. Il peut s'agir par exemple d'une situation circonscrite spatialement par le poste de travail où les caractéristiques de l'environnement physique du poste pèsent beaucoup sur le risque d'APM (Derosier et al., 2008 par exemple). Il peut s'agir d'une situation où les travailleurs sont amenés à se déplacer chez des clients (Leclercq et Thouy, 2004 par exemple) et pour qui les caractéristiques de l'environnement physique seront imprévisibles et changeants. Il peut s'agir également d'une situation où les travailleurs sont amenés ponctuellement ou régulièrement à déplacer des objets à plusieurs dans un lieu de travail connu d'eux ou non. Les observations utiles dépendent également du niveau de sécurité de l'entreprise qui détermine en général la nature des réponses en matière de prévention (cf. paragraphe II.3.2.1.).

Les observations vont porter notamment sur le mouvement dans l'activité du travailleur et vont permettre d'émettre des hypothèses sur les régulations mises en place. La compréhension la plus complète possible des régulations individuelles et collectives mises en place en situation de travail pour réaliser la tâche tout en évitant les APM nécessite dans certaines situations l'adoption de plusieurs mailles d'observation du mouvement dont une maille très fine. Par exemple, Leclercq et Thouy (2004) montrent que des agents commerciaux, en retard dans leurs rendez-vous du fait de la présence de neige sur la route, cherchent à récupérer du « temps perdu » en se dépêchant au cours du déplacement véhicule ↔ domicile du client alors qu'ils sont seuls. C'est au cours de ces déplacements que se produisent des glissades et des chutes sur la neige. Ces stratégies sont observables à l'œil nu et les régulations dans lesquelles elles s'inscrivent peuvent être approfondies par le biais d'échanges avec la victime. D'autres mécanismes de régulation sont plus difficilement appréhendables. Leur mise en évidence nécessite une maille d'observation beaucoup plus fine, qui décrit précisément des caractéristiques des mouvements tels que l'amplitude des angles articulaires ou encore les forces produites. Ces mécanismes de régulation exprimés aussi dans le mouvement sont également mis en place par le travailleur dans le but de contrôler en permanence son mouvement

pour ajuster sa posture afin d'effectuer les mouvements nécessaires à la réalisation de la tâche tout en évitant les perturbations du mouvement. Par exemple un travailleur anticipe un sol glissant en réduisant l'angle d'attaque du talon au cours de la marche pour limiter le risque de glissade (Andres et al., 1992), ou bien il adapte son mouvement en fonction de la glissance du sol sur lequel il se trouve si celle-ci ne lui permet pas d'exercer une force suffisante (au regard de la tâche à réaliser) sur un objet (Kroemer, 1974 ; Gaudez et al., 2008). Analyser l'ensemble des régulations opérées par le travailleur peut nécessiter l'usage de plusieurs mailles d'observation dont une maille très fine. Des travaux expérimentaux peuvent alors compléter les observations en situation réelle.

Il apparaît important, à partir des connaissances acquises sur le risque d'APM, de souligner également la nécessité d'étudier certaines interactions, certaines conditions et surtout le but poursuivi afin de mieux comprendre le mouvement réalisé et le risque que celui-ci soit perturbé. Ces points sont développés dans les paragraphes qui suivent.

#### III.3.2.2.1. Les interactions avec l'enveloppe physique et les pièces/objets manipulés

Les interactions physiques avec l'environnement sont déterminantes dans la réalisation des mouvements en situation de travail (aires de contact, nature des surfaces, postures qui les déterminent – cf. paragraphe III.1.5.). De plus, le risque d'APM s'exprime le plus souvent par des perturbations lors des interactions avec l'environnement physique (heurts, trébuchements, coincements, ...). L'analyse de ces interactions renvoie notamment à la conception, à la variabilité et à la maintenance des matériels utilisés, des pièces/objets manipulés et également de l'enveloppe physique de travail (les murs, le sol, les escaliers, le mobilier fixe, les portes et fenêtres, ...). La gestion de l'espace par le travailleur n'a pas bénéficié d'autant de travaux dans le champ de l'ergonomie que la gestion du temps (cf. paragraphe III.2.3). Or les nombreuses perturbations lors d'interactions avec l'enveloppe physique ou avec les éléments manipulés justifient d'approfondir les stratégies mises en place par le travailleur pour cette gestion.

Les machines et le matériel constituent une composante formelle avec laquelle les interactions (physiques et surtout cognitives) font l'objet de nombreuses recherches visant à leur amélioration dans le champ aussi bien de la sécurité au travail que de la sécurité des process. L'enveloppe physique de travail constituée notamment des murs, du sol et du mobilier fixe n'apparaît quant à elle souvent pas formellement comme une composante essentielle avec

laquelle il faudrait chercher à améliorer les interactions au cours du travail<sup>25</sup>. Par exemple, bien que la méthode de l'arbre des causes encourage l'introduction de sous composantes à des fins d'analyses spécifiques d'AT, elle considère a priori quatre composantes<sup>26</sup> à la situation de travail (Monteau, 1974), ne formalisant pas l'enveloppe physique de travail. La prévention des APM, en particulier de ceux qui se produisent au cours de la réalisation de mouvements non spécifiques à la tâche réalisée, bénéficierait de la mise en visibilité des perturbations travailleurs/enveloppe physique de travail et de la compréhension des régulations ayant conduit à ces perturbations et de celles ayant un impact sur les interactions de cette nature. La prévention des APM qui surviennent au cours de la réalisation de mouvements spécifiques à la tâche réalisée bénéficierait quant à elle de la mise en visibilité des perturbations dans les interactions avec les pièces/objets (pièces produites, matière première etc.) et de la compréhension des régulations ayant conduit à ces perturbations et de celles ayant un impact sur les interactions de cette nature. Ainsi les sous-composantes « enveloppe physique de travail » et « matières premières/produits » constituent deux sous-composantes au sein du cadre d'analyse des APM proposé lors du développement d'une méthode d'analyse de ces accidents (Leclercq et al., 2020).

#### III.3.2.2.2. Les conditions de l'activité collective impactant le mouvement

De nombreux APM se produisent alors que le travailleur victime transporte ou déplace une personne/un objet avec un collègue (cf. scénario 4 dans le tableau 5 et l'accident 1 dans le paragraphe II.3.3.). Comme toute activité collective, sa réussite suppose une représentation adéquate de chacun au sujet du mode opératoire de l'autre. Une coordination des mouvements et l'anticipation (juste ou erronée) des mouvements d'autrui est permanente dans ces situations. L'analyse d'un APM survenu en hôpital révèle la mise en place de régulation collective dans le cadre de la réalisation d'une telle activité (Leclercq et al., 2014). En effet, lors du transport de malade sur un brancard, les brancardiers avaient pris l'habitude de s'arrêter à un endroit précis du parcours où le virage était difficile afin de faciliter le déplacement. Un brancardier nouvellement arrivé dans le service et ne connaissant pas cette pratique, ne s'est pas arrêté lors du transport d'un malade et son collègue s'est trouvé coincé contre le mur. Leplat (2006) présente les deux angles sous lesquels la régulation des activités collectives est envisageable. Il nous semble aujourd'hui plus adapté à l'étude du risque d'APM de formaliser les conditions de

---

<sup>25</sup> Les interactions avec le sol au cours de la marche font cependant l'objet de recherches dont la finalité est de réduire les glissades survenant au cours des déplacements.

<sup>26</sup> Il s'agit des composantes I (Individu), T (Tâche), Ma (Matériel) et Mi (Milieu).

l'activité collective impliquant le travailleur, au sein des conditions externes de son activité sur la figure 16, pour souligner l'importance dans certaines situations d'approfondir ces conditions dans le cadre de l'étude des régulations ayant un impact sur le mouvement en situation de travail.

#### III.3.2.2.3. Le but poursuivi

Si le but prescrit est accessible, le but redéfini par le travailleur, qui est celui qui détermine les régulations, l'est beaucoup plus difficilement. Ce but est complexe et dynamique (cf. paragraphe III.2.2). Certaines régulations opérées par un travailleur à travers son activité ont un impact sur le mouvement réalisé et peuvent réduire le risque de perturbation du mouvement sans que la préservation de sa sécurité vis-à-vis du risque d'APM n'ait motivé ces régulations. Pour reprendre les mots de Wolpert et Landy (2012), le contrôle du mouvement est une prise de décision en présence de risque (cf. paragraphe III.1.4.). Seul le travailleur est en mesure d'énoncer le ou les risques perçus et donc le ou les buts qu'il poursuit à un moment donné.

Les analyses portant sur les situations accidentelles aussi bien que celles portant sur les situations sans APM s'attacheront à préciser les buts et les motifs poursuivis lors de l'adoption d'un mode opératoire. Leplat (2006) distingue en effet la multiplicité des buts qui correspondent aux régulations centrées sur la tâche (les buts redéfinis par le travailleur à partir de buts parfois ambigus/contradictoires comme « faire vite et bien ») et la multiplicité des motifs qui correspondent aux régulations centrées sur le travailleur (maintenir sa santé, avoir de bonnes relations de travail, améliorer ses compétences, etc.). L'objet premier de l'attention respectivement au moment de la perturbation du mouvement ou tout au long de la période temporelle choisie pour l'analyse pourrait être explicité par le travailleur. Cet objet premier de l'attention à un moment donné peut être la tâche productive, le risque d'accident de process si celui-ci est présent ou encore les différents risques professionnels que la tâche fait courir. Sa connaissance contribue à cerner (1) les buts et les motifs poursuivis au moment de la perturbation du mouvement ou bien leur dynamique en situation sans accident et (2) le contour du système régulé, qui peut varier en fonction des compétences du travailleur et des variations dans la situation de travail. Par exemple un travailleur qui décide d'aider un collègue en difficulté du fait d'un bourrage survenu sur une machine élargit à ce moment-là le contour du système sur lequel porte les régulations dans son activité si son intervention n'est pas prévue.

### III.3.2.3. Intérêt de l'entretien d'explicitation

L'APM est l'échec du contrôle du mouvement à un moment donné au cours de l'activité. Il n'a pas été possible pour le travailleur d'éviter les perturbations du mouvement tout en réalisant sa tâche à ce moment-là. Des travaux expérimentaux montrent que l'implication dans une tâche exigeante d'un point de vue cognitif (Rantanen et Goldberg, 1999 ; Woollacott et Shumway-Cook, 2002 ; Abbud et al., 2009) et l'état émotionnel (Brown et al., 2006 ; Bresin et al., 2012 ; Hasegawa et al., 2013) sont des éléments qui influencent le contrôle du mouvement et sa performance en particulier. Ce contrôle dont la difficulté évolue avec la situation, exige de la part du travailleur le développement permanent d'une activité (saisir et traiter des informations sensorielles, faire des choix d'itinéraire, ... - cf. paragraphe III.1.). C'est la compréhension des régulations de l'activité dans son ensemble qui permet de comprendre les APM (cf. paragraphe II.3.3). Ces régulations ont recours à des informations visuelles, auditives, kinesthésiques ..., dont le travailleur n'est pas toujours conscients, ce qui rend la description complète de l'activité difficile. L'entretien d'explicitation développé par Vermersch vise à rendre accessible à un sujet la partie implicite de son action en prenant le temps d'un retour réfléchissant sur celle-ci afin qu'il en prenne conscience (Vermersch, 1994). La technique d'entretien d'explicitation aide le sujet à se souvenir et à limiter les reconstructions (Zouinar et Cahour, 2013).

Cet entretien s'intéresse à la manière dont l'activité est vécue par le sujet. Il permet donc de comprendre ce qui s'est passé pour un travailleur à un moment donné, en interrogeant son expérience vécue de l'activité à ce moment-là. Cahour et al. (2016) définissent l'expérience vécue comme « *ce qui est vécu subjectivement par les sujets en action et qui recouvre le flux des actions, pensées, émotions et perceptions qui se produisent en situation à un instant donné, au cours d'une activité et sont conscientisées ou conscientisables par l'acteur* ». Zouinar et Cahour (2013) précisent que l'analyse de l'expérience vécue est centrée sur le point de vue subjectif, qu'elle prend en compte les dimensions émotionnelles et corporelles souvent ignorées dans le cadre des approches centrées sur l'activité. La dimension corporelle intègre des perceptions tactiles intéressantes au regard de l'importance que revêtent les interactions entre le travailleur et l'environnement physique pour comprendre les APM.

Ainsi ce type d'entretien permet de décrire le flux des actions, pensées, émotions et perceptions au moment de la perturbation du mouvement et d'explorer le rôle potentiel des différentes composantes de l'activité (perceptive, motrice, cognitive et émotionnelle) sur la perturbation de l'activité motrice. Quelles informations mobilisaient l'attention ? Des informations utiles à la réalisation de la tâche et/ou à la sécurité du travailleur ? Y avait-il des douleurs, de la fatigue,

des émotions, ... susceptibles d'influencer le contrôle du mouvement ? Les informations utiles au contrôle du mouvement ont-elles été perçues ? étaient-elles perceptibles ? etc ... Un entretien avec la victime d'APM, qui s'inspire des entretiens d'explicitation, a été proposé pour la phase d'enquête précédant l'analyse de l'accident dans le cadre du développement d'une méthode d'analyse dédiée à ces accidents (Leclercq et al, 2020).

L'exploration de l'expérience vécue de l'activité à d'autres moments que celui de la perturbation du mouvement présente également de l'intérêt pour saisir la dynamique de l'expérience vécue : l'objet de l'attention et les éléments perçus, la description fine du mouvement (points d'appui, posture, ...) aussi bien que les émotions au cours de l'activité habituelle. Cette exploration peut être basée sur l'usage de l'entretien d'explicitation lorsque le travailleur visionne un film déroulant son activité. Ainsi la connaissance du flux des actions, pensées, perceptions et émotions au cours du temps peut contribuer à tracer plus complètement les régulations opérées par le travailleur sur la période analysée.

#### III.3.2.4. Quels traitements des observations ?

Comme il est impossible de lister toutes les observations possibles, il est également impossible de lister tous les traitements possibles de ces observations. L'attention est attirée dans ce paragraphe sur quelques points relatifs à ces traitements.

##### III.3.2.4.1. Caractérisation des mouvements suivant leur spécificité

L'apprentissage, l'expérience et la pratique déterminent l'activité, en particulier l'expérience de mise en défaut du contrôle du mouvement dans certaines situations ou l'expérience qu'a le travailleur d'agir dans un environnement et pour la réalisation d'une tâche comparable, expérience qu'il a mémorisée. Si les mouvements spécifiques à l'activité font l'objet d'une formation et de prescriptions, les mouvements moins spécifiques ne font le plus souvent pas l'objet de prescriptions et leur apprentissage dépasse le cadre professionnel et commence souvent très jeune (descendre un escalier par exemple). Cette différence incite à distinguer a priori les types de mouvements suivant leur spécificité vis-à-vis de la tâche réalisée lors du traitement des observations.

#### III.3.2.4.2. Prise en compte de la précision attendue des mouvements et de leur variabilité intrinsèque

Une caractéristique du mouvement est sa variabilité intrinsèque (Gaudez et al., 2016). Même lorsqu'un sujet tente de répéter un mouvement à l'identique dans des conditions « identiques », ce mouvement est variable. Cette variabilité peut contribuer à accroître ou réduire le risque de perturbation du mouvement à un instant donné en fonction notamment de la précision attendue du mouvement réalisé. Il est donc important de tenir compte de cette variabilité en même temps que de la précision attendue du mouvement lors de l'analyse des régulations en situation de travail ayant un impact sur le mouvement réalisé.

#### III.3.2.4.3. Caractérisation des régulations

La mise en mouvement du corps et le contrôle permanent du mouvement sont directement nécessaires à la réalisation de la tâche. De ce point de vue, cette mise en mouvement et son contrôle servent le but productif. Le contrôle du mouvement par le travailleur étant également directement nécessaire à la préservation de sa sécurité, il sert également la sécurité. Les objectifs de production et de sécurité vis-à-vis des APM ne sont donc pas indépendants et les boucles d'évaluation interne et externe ne le sont pas non plus. En conséquence la caractérisation des régulations suivant qu'elles servent la production ou la sécurité peut parfois être délicate. Le contournement d'un obstacle sur un parcours ou la façon de lier les lacets de ses chaussures (Derosier et al., 2008) sont clairement destinés à prévenir les perturbations du mouvement. D'autres pratiques de travail, comme la préparation des pièces et outils destinés à l'assemblage d'un châssis de camion, ont un impact sur la sécurité vis-à-vis des APM tout en étant motivées par la réduction de la fatigue induite par des passages répétés au-dessus d'éléments de maquettes composant le poste de travail - pour notamment aller chercher des outils par exemple (Derosier et al., 2008). Là encore seul le travailleur peut énoncer les buts poursuivis à un moment donné et la prise en compte de l'ensemble des risques perçus est importante, les mouvements réalisés pouvant être motivés par, et avoir un impact sur, d'autres risques que celui de perturbation du mouvement (cf. paragraphe III.3.1.1.). Suivant le but poursuivi par le travailleur, la mise en mouvement du corps au service de la production peut être réalisée de différentes manières, plus ou moins sûres. Ce sont notamment les possibilités de couplage entre les conditions externes et les conditions internes (cf. figures 15 et 16) et les compromis faits entre la production et les risques perçus en situation qui vont déterminer la façon plus ou moins sûre dont le mouvement est réalisé.

## IV. Des idées fortes et des perspectives de recherche

### IV.1. Des idées fortes

Des recherches émanent plusieurs idées fortes reprises ci-dessous :

✓ **Si la fréquence et la gravité des accidents constituent un argument nécessaire pour développer des recherches et des pratiques dans un domaine de la sécurité, cet argument reste insuffisant, en particulier lorsque le risque est largement sous-estimé. Dans ce cas, le risque est grand que les recherches restent vouées au sommeil.**

En comparant les contenus de la base ARIA (Analyse Recherche et Information sur les Accidents) répertoriant les accidents de process et ceux de la base constituée par la CNAMTS répertoriant les AT ayant touché les salariés du régime général, Leclercq et al. (2018) confirment ce qu'écrivait Hopkins en 2009 : « *It turns out that most injuries and fatalities are a result of personal safety hazards rather than process hazards* ». Et pourtant les recherches portant sur la prévention des accidents de process sont sans commune mesure avec les recherches portant sur les AT.

L'examen du contenu des bases de données répertoriant les AT et MP, relatifs à des risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, montre également que l'ampleur des AT dépasse celle des MP. Et pourtant là encore, l'ampleur des travaux, portant sur les risques de MP qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, est également sans commune mesure avec celle des travaux portant sur les AT de même nature.

Des éléments comme le caractère diffus, le type de manifestation, la maîtrise ressentie du risque ou encore la demande sociale sont tout aussi déterminants que la sinistralité pour susciter des recherches et des pratiques visant la prévention d'un risque. Or les caractéristiques que présentent les APM selon ces différents critères sont en défaveur de leur prévention.

✓ **Dans les situations de travail qui ne sont pas des situations de travail en hauteur, la chute n'est pas un point d'entrée pertinent pour aborder la prévention des AT auprès des préventeurs de terrain.**

La chute est un événement qui se produit au cours de phénomènes accidentels différents. Elle peut être une conséquence par exemple du freinage brusque du véhicule de transport en commun que la victime a emprunté, de la mise en mouvement accidentelle d'une charge qui vient heurter la victime, du souffle d'une explosion, d'un malaise ou encore d'un trébuchement

au cours d'un déplacement. Ce sont ces événements exprimant la perte de contrôle, et non pas la chute qui s'ensuit, qui caractérisent le phénomène accidentel.

Le préventeur va porter son attention sur l'événement caractérisant la perte de contrôle, événement qui diffère selon les situations : le freinage brusque, la mise en mouvement accidentelle de la charge, l'explosion, le malaise ou le trébuchement. Parmi ces différents événements, considérons celui où la perte de contrôle est une perturbation du mouvement volontaire au cours de l'activité (une glissade, un heurt ou un coincement par exemple). La chute n'est alors qu'une conséquence possible d'une telle perturbation du mouvement. Elle est l'arbre qui cache la forêt des APM. Par exemple, les perturbations du mouvement suivantes ne sont pas systématiquement suivies d'une chute, même si elles sont suivies d'une lésion : la main de la salariée glisse sur la pièce de jambon lors de son tranchage, le mouvement du salarié est perturbé lorsque la clé ripe lors du serrage du boulon, le salarié heurte un poteau au cours de son déplacement, il se coince les doigts en fermant la fenêtre, il se tord le pied en le posant sur le sol irrégulier, etc. Ces APM, contrairement à l'ensemble des chutes qui se produisent au travail, correspondent à un même phénomène accidentel caractérisé par la perte de contrôle du mouvement volontaire de la victime au cours de son activité.

Il convient toutefois de distinguer pour ce même phénomène accidentel deux types de situations de travail dans le cadre de l'évaluation des risques : les situations de travail en hauteur et les autres situations. En effet, la perte de contrôle du mouvement qui survient dans une situation de travail en hauteur appelle de manière prioritaire la mise en place de dispositifs de protection<sup>27</sup> contre la chute de hauteur qui peut suivre la perturbation du mouvement. Dans les situations de travail qui ne sont pas des situations de travail en hauteur, il n'est le plus souvent pas possible d'un point de vue pratique de mettre en place des dispositifs de protection contre la chute. Les actions de prévention sont donc le plus souvent orientées exclusivement vers la prévention de la perte de contrôle du mouvement (glissade, heurt, coincement ...) au cours de l'activité.

✓ **La représentation classique du risque d'accident, faisant appel aux concepts de danger et d'exposition n'est pas adaptée aux risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, du moins pas à ceux, très nombreux et les plus difficiles à prévenir, pour lesquels la production de la lésion ne fait pas intervenir un élément avec lequel tout contact entraîne directement une lésion.**

---

<sup>27</sup> dispositifs différents en fonction des situations de travail en hauteur et qui sont souvent imposés par la réglementation

La représentation classique du risque d'accident et de sa manifestation montre que la rencontre d'un danger et d'un travailleur, qui se trouvait exposé à ce danger, produit une lésion. Ce modèle ne représente que l'étape finale de la genèse de l'accident, c'est à dire la production de la lésion. Il évoque essentiellement des actions de protection, à savoir la mise en place de barrières empêchant toute rencontre avec le danger. Les recherches menées sur les APM montrent que ce modèle est inadapté pour caractériser la production de la lésion dans les cas de risque d'AT qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, soit les  $\frac{3}{4}$  des risques d'AT.

L'examen d'APM en référence à ce modèle conduit d'une part à une confusion fréquente entre facteur de risque et élément matériel produisant la lésion, en particulier lorsque l'élément qui produit la lésion n'est pas un élément avec lequel tout contact occasionne une lésion. D'autre part la mise en place d'actions de protection suscitée par ce modèle se révèle souvent impossible, d'un point de vue pratique, dans de très nombreux cas d'APM. Ce type d'action, lorsqu'il est possible, est souvent imposé par la réglementation. Dans certaines entreprises, il peut constituer le seul mode de prévention adopté, laissant dans ce cas la prévention de nombreux APM gérée principalement par le travailleur.

✓ **Bien que banalisé, le risque d'APM est complexe et sa prévention nécessite la maîtrise de facteurs humains et organisationnels.**

Le risque d'APM dont seule la chute de plain-pied est mise en visibilité, le plus souvent lorsqu'elle se produit au cours d'un déplacement, est très souvent banalisé. Il n'est pas rare que cet accident soit comparé à un accident de la vie courante ou un accident domestique. En entreprise, si le comportement de la victime est souvent mis en cause face à la survenue de ces accidents, ce comportement ne révèle toutefois pas, le plus souvent, l'absence de conformité aux règles et aux procédures. La mise en cause du comportement est assez naturelle face à un risque qui se manifeste à travers les mouvements des travailleurs. Or le comportement à travers lequel se manifeste un APM s'inscrit dans la réalisation d'une activité. Il est déterminé par les conditions de réalisation du mouvement au travail, elles même déterminées notamment par l'organisation du travail et la conception des situations de travail. Cependant les représentations des causes de ces accidents font que l'analyste est peu disposé à interroger l'organisation du travail ou la conception des situations de travail en cas d'APM. De plus, l'impossibilité fréquente de mettre en place des dispositifs de protection le rend particulièrement démuné face à ces accidents.

Et pourtant l'analyse approfondie des APM révèle des combinaisons de facteurs techniques, humains et organisationnels. Finalement, comme pour tout accident survenant dans un système

sociotechnique, la prévention des APM suppose, au-delà de la maîtrise de facteurs techniques, la maîtrise de facteurs humains et organisationnels.

✓ **Le risque d'APM est un risque émergent, qui se manifeste à travers les mouvements au travail et dont la prévention appelle un équilibre entre une conception de la sécurité défensive et une conception centrée sur le renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation du système.**

Le caractère accidentogène d'une situation de travail, vis-à-vis du risque d'APM, s'exprime le plus souvent, non pas à travers un « fait variation » en référence à une situation habituelle de travail mais à travers une combinaison inédite de faits habituels. De ce point de vue, l'APM est comparable à l'accident de process lorsque celui-ci est le produit de variabilités dans le fonctionnement habituel. Cette caractéristique a conduit, dans le champ de la sécurité des process, à qualifier ce risque d'émergent et à proposer un mode d'action complémentaire à la mise en place de barrières défensives. Ces dernières visent à neutraliser des facteurs d'accident alors que le mode d'action complémentaire vise à renforcer les capacités d'adaptation et d'anticipation du système.

✓ **L'APM exprime l'impossibilité à un moment donné pour un travailleur à la fois de réaliser sa tâche et d'éviter les perturbations du mouvement.**

Les modèles en ergonomie centrés sur les régulations opérées dans l'activité de travail sont bien adaptés à la représentation des APM. Ils expriment le fait que cet accident survient du fait de l'impossibilité à un moment donné pour le travailleur de réaliser sa tâche tout en contrôlant son mouvement. Cette impossibilité résulte des conditions qui ont donné lieu à un compromis ne permettant pas au travailleur de répondre à la fois à la production et à la préservation de sa propre sécurité.

✓ **La maîtrise du risque d'APM nécessite à la fois une compréhension fine du mouvement dans l'activité du travailleur et une articulation de ces éléments de compréhension avec ceux relatifs aux différents niveaux d'analyse plus macroscopiques.**

La compréhension des risques professionnels et de leurs manifestations nécessite d'articuler plusieurs niveaux d'analyse, en particulier le niveau de la situation de travail, celui de l'entreprise et un niveau plus macroscopique intégrant les influences extérieures à l'entreprise elle-même. Pour ce qui concerne les APM, il est nécessaire de comprendre ce qui se passe à un niveau très fin de l'activité (le mouvement dans l'activité), puisque le mouvement est la

composante de l'activité à travers laquelle le risque se manifeste. Ces éléments de compréhension sont à articuler avec ceux relatifs aux analyses menées à des niveaux plus macroscopiques.

Les travaux menés dans le champ de la prévention des APM mettent en visibilité un enjeu majeur dans le champ de la sécurité au travail et apportent des éclairages quant à la problématique de prévention de ces accidents. Ils suggèrent un chemin pour avancer dans le champ de la sécurité au travail en articulant la prévention des risques professionnels et l'ergonomie. Ils suscitent également de nombreuses questions et ouvrent ainsi des perspectives de recherche. Hormis la mobilisation du cadre d'analyse proposé dans la troisième partie afin de mieux comprendre le contrôle du mouvement en situation de travail dans une optique de prévention, d'autres perspectives (qui n'excluent pas l'usage de ce cadre d'analyse) seraient à envisager. Elles portent aussi bien sur le développement d'outils à l'adresse des préventeurs d'entreprise, sur l'anticipation du risque d'APM dans le champ de la conception des situations de travail, sur l'intégration de la sécurité des process et de la sécurité des personnes (deux champs distincts malgré un intérêt manifesté pour leur intégration) et sur l'évolution des modes d'action de la prévention du risque d'APM.

## IV.2. Des perspectives de recherche

### IV.2.1. Sensibiliser et outiller le préventeur pour la gestion du risque d'APM

Le modèle diffusé du risque accidentel qui est limité à la production de la lésion et inadapté à la majorité des risques d'AT (cf. paragraphe II.2.), la sous-estimation du risque d'APM, l'absence de mise en visibilité de ce risque et le caractère insaisissable du danger dans la plupart des cas d'APM sont autant d'éléments qui laissent le préventeur particulièrement démuni face à la prévention de ces accidents. Il serait donc utile de faire évoluer les modèles diffusés, d'acter la mesure du risque, de sensibiliser et de développer les moyens/outils en conséquence. Assister le préventeur lors de l'évaluation des risques d'AT et lors de l'analyse des APM sont deux orientations nécessaires pour contribuer à faire évoluer le regard porté sur les AT et les APM en particulier.

#### IV.2.1.1. Evolution de la représentation du risque d'AT

Le risque de survenue accidentelle d'une lésion est le plus souvent défini comme l'éventualité d'une rencontre entre l'homme et un danger auquel il est exposé. Ce risque est représenté par un travailleur exposé à un danger, c'est-à-dire par une situation où la rencontre du travailleur et du danger est possible. C'est la survenue d'un événement déclencheur, soudain, qui entraîne cette rencontre et donc la production de la lésion (cf. figure 5 paragraphe II.2.1.). Cette représentation est adaptée à une minorité de risques d'AT et de manifestations associées puisqu'elle ne représente pas les risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, soit les  $\frac{3}{4}$  des risques d'AT. Par ailleurs, cette représentation ne formalise ni l'activité du travailleur qui pourtant module son exposition aux dangers (Sari-Minodier et al., 2008), ni les facteurs de risque, de nature technique, humaine et organisationnelle, dont la connaissance constitue, comme celle des dangers, des leviers pour la prévention. Pour autant les activités développées ainsi que les facteurs de risque sont pris en compte lors de l'évaluation des risques. En témoignent les nombreux documents à l'adresse de différents secteurs d'activité, destinés à aider les entreprises à évaluer leurs risques (<https://www.inrs.fr/>). Ceci dit, l'absence des facteurs de risque sur la représentation de la situation à risque, conjuguée à l'insaisissabilité du danger dans la plupart des cas d'AT (cf. paragraphe II.2.) participe à la confusion fréquente entre danger et facteur de risque qui n'est pas non plus sans effet sur l'évaluation des risques et leur identification en particulier (cf. paragraphe IV.2.1.2.).

Ne faisant pas apparaître les facteurs de risque et ne caractérisant pas précisément l'événement déclencheur, la représentation classique du risque ne suscite en matière de prévention que la mise en place d'actions de protection qui visent à empêcher la rencontre du travailleur et d'un danger (Haddon, 1973). La protection à l'encontre de dangers manifestes reste une priorité lorsque le progrès technique (mécanisation, automatisation, robotisation) n'a pas opéré la séparation du travailleur et du danger (Monteau, 2010). Ainsi la représentation du risque et de sa manifestation doit faire apparaître les dangers vis-à-vis desquels se protéger. Pour autant protéger vis-à-vis d'un danger manifeste est très insuffisant du point de vue de la prévention des AT. La nature des actions de prévention a en conséquence évolué, en particulier dans les entreprises dont le niveau de sécurité est aujourd'hui le plus élevé. Et pourtant la représentation classique du risque d'accident et de sa manifestation, largement diffusée, ne renvoie toujours qu'à la mise en place d'actions de protection.

Enfin cette représentation du risque se limite à la situation au sein de laquelle les dangers sont présents et les risques se manifestent. Or ces manifestations sont également déterminées par la présence de facteurs de risque au-delà de la situation dans laquelle le risque se manifeste.

#### IV.2.1.2. Cadre générique pour l'évaluation des risques d'AT

L'évaluation des risques est au cœur de la démarche de prévention en santé et sécurité au travail. Cette évaluation repose sur l'identification des risques professionnels, une étape déterminante dans la démarche. L'objectif de cette identification est de couvrir l'ensemble des risques professionnels présents dans l'entreprise, en particulier au sein des différentes unités de travail qui composent l'entreprise ; pour ensuite classer ces risques, le plus souvent suivant leur fréquence et leur gravité ; et enfin associer à ces risques des actions de prévention pertinentes de natures technique, humaine et organisationnelle. On constate que la qualification d'un risque d'AT peut faire appel à l'élément qui produit la lésion (risque lié aux agents biologiques par exemple), au fait accidentel soudain (risque de glissade par exemple), à une caractéristique de l'activité de travail (risque lié à la charge physique par exemple), au matériel utilisé (risques liés aux machines par exemple) ou encore à un effet de l'organisation du travail (risque lié à la coactivité par exemple). Ainsi les catégories pragmatiques de risque utilisées révèlent que les éléments avec lesquels on se saisit des risques d'AT sont différents du point de vue du rôle qu'ils jouent dans le processus accidentel. Ces éléments peuvent être aussi bien des causes (glissade par exemple) que des effets (choc par exemple). Ces incohérences conduisent à (1) des recouvrements entre les différents risques identifiés entraînant des regroupements d'AT qui n'ont pas toujours du sens du point de vue de la prévention, (2) l'absence de mise en visibilité de certains risques (cf. paragraphe II.2.2.) et enfin (3) des intitulés de risques qui peuvent être à l'origine d'incompréhensions sur le terrain. En effet, les catégories de risques sont rarement définies de manière opérationnelle. Les acteurs de la sécurité au travail peuvent alors rencontrer des difficultés lors de l'usage de ces catégories. Par exemple Leclercq (2018) fait état d'incompréhensions lors de l'usage des catégories « chutes de plain-pied » et « chutes de hauteur » parce que les représentations que se font les uns et les autres de ce type d'accident diffèrent. Or lors de l'élaboration d'un plan de prévention par exemple, il est utile de partager les mêmes représentations des risques traités dans ces plans.

L'examen dans ce document de la réalité des dangers dans le champ de la sécurité au travail (cf. paragraphe I.2.2.), des concepts de danger, risque et exposition qui sont co-déterminés, ainsi que de la représentation la plus diffusée du risque d'AT et de sa réalisation (cf. paragraphe II.2.) devrait permettre de faire évoluer le modèle du risque et de sa réalisation et d'en déduire une liste de risques génériques d'AT qui couvrent l'ensemble des AT, qui soient exclusives mutuellement et auxquelles puissent être associés des facteurs de risque de toutes natures - à identifier localement. Enfin cet intérêt de proposer un cadre générique de risques d'AT, s'il est

une avancée, restera insuffisant s'il ne permet d'envisager qu'une prévention défensive (cf. paragraphe IV.2.2.).

#### IV.2.1.3. Méthode d'analyse des APM

Les représentations des causes des APM sont un obstacle à leur prévention (cf. paragraphes II.1.4. et II.3.1.). Pour les faire évoluer, une méthode d'analyse qui leur est dédiée est en cours de développement, en tenant compte des contraintes et des pratiques en entreprise, en particulier de l'usage fréquent en France de la méthode de l'arbre des causes pour analyser les AT (Cuny et Krawsky, 1970). Une version initiale a été proposée à un groupe de préventeurs cibles. Elle est basée sur une représentation du phénomène accidentel étudié et elle pallie les difficultés rencontrées lors de l'analyse de ces accidents, en particulier l'insuffisance de prise en compte des facteurs subjectifs et des facteurs de nature organisationnelle. Les préventeurs cibles ont manifesté de l'intérêt pour les étapes de recherche des facteurs humains et organisationnels ainsi que pour la formalisation des dommages autres que la lésion corporelle. Ils ont également exprimé l'absence de valeur ajoutée d'autres propositions et ont interrogé la nécessité de disposer de deux méthodes distinctes (la méthode de l'arbre des causes et la méthode dédiée aux APM). Une version épurée a donc été proposée qui consiste en trois modules complémentaires ajoutés à la méthode de l'arbre des causes (Leclercq et al. (2020).

Le module 1 vise à identifier et représenter sur l'arborescence causale, l'élément qui a produit la lésion ainsi que des conséquences de la perturbation du mouvement autres que la lésion corporelle (conséquences humaines, financières, productives).

La finalité du module 2 est d'introduire, dans l'Arbre des Causes des facteurs explicatifs qualifiés de « subjectifs ». Ces éléments en lien avec les actions, les pensées, les perceptions et les émotions de la victime au moment de la perturbation du mouvement, sont recueillis au cours d'un entretien mené par le préventeur. Cet entretien est fondé sur les principes de l'entretien d'explicitation proposé par Vermersch (1994). Il explore l'expérience vécue de l'activité (cf. paragraphe III.3.2.3.). En décrivant notamment et sur une période donnée l'objet de l'attention, les pensées en général, ainsi que les perceptions, il permet des hypothèses quant aux buts poursuivis, aux décisions prises et aux partages des ressources.

Il est important de préciser que la recherche des facteurs subjectifs n'a d'intérêt que si elle est suivie d'une recherche des facteurs organisationnels au moyen du module 3 qui caractérise la dimension organisationnelle de l'APM et la représente d'une manière verticale. Cette représentation s'inspire de celle adoptée pour la méthode accimap développée par Rasmussen et Svedung (2000).

## IV.2.2. Tendre vers un renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation

### IV.2.2.1. Deux familles de modes d'action de la prévention

Dans le champ de la sécurité, le paragraphe II.4 rappelle l'évolution de la nature des barrières mises en place pour neutraliser les facteurs d'accident en partant de ceux qui sont proches de la lésion dans sa genèse pour aller vers ceux présents plus en amont de cette genèse. En sécurité des process, une vulnérabilité résiduelle subsiste dans les systèmes sociotechniques en dépit de la mise en place de barrières préventives, ceci du fait de la nature émergente de certains accidents de process (cf. paragraphe II.4.2.). Pour pallier cette vulnérabilité, Hollnagel et al. (2006) introduisent le concept de résilience qui est la capacité intrinsèque d'un système à ajuster son fonctionnement avant, pendant ou après la survenue de changements ou de perturbations, et ce afin qu'il puisse poursuivre son activité dans des conditions attendues ou inattendues. Concernant ce mode plus récent de la prévention des accidents de process, Leplat (2007) dans son analyse de l'ouvrage « Resilience Engineering. Concepts and precepts » de Hollnagel, Woods et Leveson paru en 2006 souligne que le renforcement de la résilience conduit à envisager la sécurité non plus de manière uniquement réactive mais pro-active.

Un autre constat milite pour la même évolution de la voie d'atteinte de la sécurité. Il s'agit de l'impossibilité pour les concepteurs et de manière large pour l'ensemble des acteurs dont les activités produisent de la prescription en situation de travail, de prévoir toutes les situations possibles. La sécurité qui repose sur la mise en place de règles (sécurité réglée) doit donc être complétée par l'accroissement des capacités des travailleurs à faire face à l'imprévu et à la variabilité naturelle du réel (la sécurité gérée) (cf. Nascimento et al., 2013 qui citent les auteurs ayant distingué ces deux voies d'atteintes de la sécurité à la fin des années 2000). L'évaluation de la sécurité lorsqu'elle est normative ignore la sécurité gérée et évalue le niveau de sécurité en fonction du degré de conformité au prescrit alors que l'approche adaptative (Falzon, 2011) combine sécurité réglée et sécurité gérée et permet d'assurer la résilience du système (Nascimento et al., 2013).

Abordant la sécurité de manière large, Falzon (2006) reprend le concept de « capabilities » au centre du modèle d'Amartya Sen en 1999, et introduit la notion d'environnements capacitants en ergonomie. Il s'agit d'environnements qui préservent les capacités futures d'agir (point de vue de la prévention), qui empêchent l'exclusion et le chômage (point de vue universel) et qui encouragent l'apprentissage (point de vue développemental). Le point de vue préventif qui consiste à détecter et prévenir les risques, éliminer l'exposition aux toxiques ou à des exigences qui entraînent à long terme des déficiences ou des effets psychologiques négatifs, est toujours

d'actualité dans les interventions ergonomiques (Falzon, 2013). Le contenu de ce document laisse supposer qu'il est d'autant plus d'actualité dans le cas du risque d'APM puisque ce risque n'est pas rendu visible et qu'il fait l'objet de peu de recherches et de peu de pratiques.

Dans le champ de la santé au travail, des évolutions comparables ont lieu. La prévention des TMS, après avoir neutralisé les facteurs de risque qualifiés de « biomécaniques », souligne l'importance de prendre en compte toutes les dimensions du mouvement, et d'interroger l'organisation du travail (Chassaing, 2004 ; Bourgeois et Hubault, 2005 ; Daniellou et al., 2008 ; Chassaing, 2010 par exemple). Coutarel et Petit (2013), à l'instar de nombreux autres auteurs, promeuvent la mise en place d'une approche développementale pour prévenir les TMS. Il s'agit de « *développer les ressources des acteurs et des organisations pour faire face aux défis quotidiens du travail* ». Ils précisent que cette approche est fondamentalement différente de « *l'approche hygiéniste classique, qui centre la prévention sur la réduction des contraintes d'exposition* ». Caroly et al. (2015) font également part, dans le champ de la prévention des TMS, de l'évolution d'une « *approche du risque considérée en termes de « dose/effet* », « *vers une approche compréhensive et développementale* ». Falzon (2013), dans son ouvrage dédié à l'ergonomie constructive<sup>28</sup>, précise l'ambition de cette approche qui va au-delà de celle de « la conception de systèmes adaptés au travail tel qu'il est défini à un moment donné, aux opérateurs tels qu'ils sont à un moment particulier, aux organisations telles qu'elles opèrent là et maintenant ». L'auteur écrit que « *A l'inverse d'une ergonomie défensive, où le travail est pensé prioritairement comme une source de contraintes et où le rôle de l'ergonome se borne à la réduction de ces contraintes, l'objectif de l'ergonomie constructive est l'élimination des entraves à la réussite et au développement* ».

Finalement, bien que les différentes approches présentent des spécificités, on peut noter une certaine parenté entre l'approche hygiéniste, la mise en place de barrières, la sécurité réglée, la réduction de contraintes et l'ergonomie défensive qui sont toutes des approches défensives de la santé/sécurité. Une autre parenté est notée entre l'accroissement de la résilience, l'approche adaptative, la valorisation de la sécurité gérée et l'approche développementale qui sont des approches basées sur le renforcement des capacités d'adaptation et d'anticipation du système, qu'on pourrait qualifier de « pro-actives ». La plupart des auteurs reconnaissent néanmoins la complémentarité de ces différentes approches. En matière de prévention, la recherche d'équilibre en entreprise entre une prévention défensive et une prévention « pro-active » dépend du niveau de santé et de sécurité au travail de l'entreprise en question. La prévention défensive

---

<sup>28</sup> Les expressions ergonomie développementale et ergonomie constructive sont utilisées indifféremment.

constitue un premier niveau de prévention qu'il convient d'articuler de manière cohérente avec un niveau « pro-actif ».

#### IV.2.2.2. Compléter l'approche défensive de la prévention des APM par une approche pro active

L'analyse approfondie d'accidents, l'identification de facteurs de risques et l'interrogation du concept de danger, en particulier, ont occupé une place non négligeable dans le travail de recherche sur les APM, comme le reflète le contenu de ce mémoire. Ces travaux associés à une approche défensive de la prévention sont insuffisants. Ceci dit, les limites des modèles, concepts, pratiques en matière de sécurité au travail, et notamment de prévention des APM, doivent être étudiées, comprises, et démontrées avant de pouvoir évoluer. Ces travaux ont néanmoins permis de poser un premier cadre d'analyse des régulations dans l'activité en lien avec le risque d'APM et d'orienter les recherches vers une approche complémentaire de la prévention. En effet, la nature émergente de très nombreux APM (cf. paragraphe II.4.2.), la difficulté de mettre en place les barrières les plus sûres pour prévenir la plupart de ces accidents (cf. paragraphe II.2.4.3.) conduisent à envisager la sécurité vis-à-vis des APM de manière essentiellement pro-active et non pas défensive. Les recherches quant à ce mode d'action en sécurité des process gravitent autour du concept de résilience ou de celui de sécurité gérée (cf. paragraphe IV.2.2.1.) qui mobilisent de nombreux chercheurs. La prévention des APM devrait bénéficier d'enseignements tirés de ces travaux notamment à l'occasion de l'intégration de la sécurité des process et de la sécurité au travail dont la nécessité est montrée au paragraphe IV.2.4.

De manière générale, la représentation de la sécurité au travail ne prédispose pas aux évolutions que le contenu de ce mémoire montre nécessaire dans ce domaine. Par exemple, Caroly et al. (2015) écrivent que « *L'approche de l'activité s'éloigne d'une représentation de la santé associée à l'absence de maladie, proche de l'hygiène industrielle et de la sécurité du travail* ». La voie d'atteinte de la sécurité au travail ne semble pas avoir bénéficié d'une évolution comme celle initiée dans le champ de la sécurité des process et de la santé au travail. En matière de prévention des risques professionnels, les interventions qui relèvent d'une approche pro-active mobilisent aujourd'hui souvent la notion de marge de manœuvre et ciblent le risque de TMS (Coutarel, 2004) ou plus récemment les risques de TMS et de RPS (Coutarel et al., 2015 et Caroly et al., 2015 par exemple). A l'occasion des congrès organisés par le groupe de recherche francophone sur la prévention des TMS en 2005 et 2008, les marges de manœuvre définies comme « *la possibilité de mettre en œuvre des régulations face aux aléas et variabilités, donc*

*diminuant les contraintes physiques et mentales* (Caroly et al., 2015) » apparaissent comme des pistes de prévention à développer. La notion de marge de manœuvre a évolué dans les approches de prévention des TMS, en distinguant des marges de manœuvre internes et externes (Coutarel et Petit, 2013), puis en introduisant la marge de manœuvre situationnelle (Coutarel et al., 2015). Marges de manœuvre et pouvoir d’agir sont également comparés pour souligner les proximités et différences de ces deux types d’approche pro-active de la prévention (Coutarel et Petit, 2013 ; Clot et Simonet, 2015 ; Coutarel et al, 2015). L’objet n’est pas ici d’approfondir ces différentes approches au regard de la prévention des APM. Les connaissances rassemblées autour des APM sont insuffisantes et la demande sociale vis-à-vis de ce risque, dont dépend la possibilité de mise en œuvre de telles approches en entreprise est trop faible. Ceci dit, la prévention des APM qui présente de nombreuses proximités avec la prévention des TMS (Leclercq et al., 2015) devrait bénéficier d’enseignements tirés non seulement de l’usage du cadre d’analyse proposé dans la troisième partie mais également des travaux conduits sur les TMS dans ce domaine.

#### IV.2.3. Mieux anticiper le risque d’APM lors de la conception des situations de travail

La variabilité des situations de travail est un terreau propice à la manifestation des risques professionnels. Les risques s’expliquent en particulier par l’insuffisance de prise en compte des formes de variabilité lors de la conception des situations de travail (Guérin et al., 1997). La prise en compte des APM est d’autant moins présente que ce risque n’est pas rendu visible dans toute sa diversité et sa complexité.

La nature du danger en cas d’APM empêche la suppression ou le remplacement de celui-ci ainsi que les actions de protection (cf. paragraphe II.2.). Par ailleurs, l’évaluation des risques d’AT laisse dans l’ombre une partie de ceux-ci (Leclercq, 2018). Les principes généraux de prévention ne peuvent donc suffire. De plus, aucune disposition particulière du code du travail ne vise expressément les APM. Certaines obligations relatives à la conception des lieux de travail (caractéristiques des bâtiments, éclairage, ...) peuvent contribuer à les prévenir. Ceci dit, ces règles très générales ne tiennent pas compte des activités développées et restent largement insuffisantes comme le montrent les deux exemples d’accident (accident 1 et scénario 2) présentés dans le paragraphe II.3.3. qui interrogent la conception. Un dispositif tactile d’éveil de vigilance (scénario 2) et l’arrêt bas d’un volet (accident 1) ont constitué à un moment donné un obstacle au déplacement au cours de l’activité de travail, obstacle qui n’a pas pu être suffisamment pris en compte par le travailleur à ce moment-là. Ces éléments (dispositif d’éveil de vigilance et arrêt bas du volet) sont mis en place dès la conception, pour dans certains cas

prévenir un risque d'accident (le dispositif tactile d'éveil de vigilance prévient le risque de chute sur la voie, en particulier à l'adresse des personnes malvoyantes) et dans d'autres cas, pour répondre au cahier des charges du produit (l'arrêt bas du volet permet de guider la fermeture de celui-ci). Ces situations accidentelles n'ont pas été anticipées lors de la conception. On peut faire l'hypothèse que ce qui a prévalu lors de la conception, c'est que le marchepied, le poteau, le dispositif tactile d'éveil de vigilance ou l'arrêt bas du volet étant parfaitement visibles, il n'y a pas de raison que les personnes, a fortiori les travailleurs, les prennent insuffisamment en compte lors de leurs déplacements. Or les situations accidentogènes évoquées ci-dessus montrent qu'à certains moments, il peut être très difficile pour un travailleur de prendre en compte l'ensemble de ces éléments tout en réalisant sa tâche. Les ressources consacrées à un moment donné pour la réalisation de la tâche peuvent faire défaut au contrôle du mouvement. De nombreux APM se produisent également lors d'imprévus au cours de la production qui introduisent une forme d'urgence (dysfonctionnement d'une machine par exemple) et qui conduisent le travailleur à concentrer les ressources sur la reprise de la production, au détriment de sa propre sécurité, voire à élargir le périmètre du système régulé.

Ces constats (absence de disposition particulière du code du travail qui ne vise expressément les APM, difficulté d'anticiper les situations où le mouvement du travailleur va être rendu peu aisé, peu de règles relatives à la prévention de ce risque hormis quelques règles génériques destinées à accroître la sécurité des déplacements mais qui tiennent peu compte des activités développées, nature du risque caractérisé par la perte de contrôle par le travailleur lui-même de son propre mouvement) conduisent à faire l'hypothèse que les actions visant à anticiper et prévenir le risque d'APM lors de la conception des situations de travail ne soient pas très abondantes. La sécurité vis-à-vis du risque d'APM ne repose-t-elle alors pas aujourd'hui en grande partie sur les régulations que les travailleurs peuvent mettre en place en situation de travail ?

Le cadre d'analyse des régulations dans l'activité en lien avec le risque de perturbation accidentelle du mouvement, proposé dans la partie III, constitue un outil utile pour avancer vers une meilleure anticipation du risque d'APM lors de la conception des situations de travail.

#### IV.2.4. Intégrer la sécurité des process et la sécurité des personnes

Tous les systèmes sociotechniques ont à faire face à la prévention des risques d'AT/MP, en particulier à la prévention du risque d'APM. Certains d'entre eux doivent également faire face au risque d'accident de process : les installations classées pour l'environnement, le transport de

matières dangereuses ou encore la distribution et l'utilisation domestique du gaz par exemple. On constate dans la pratique une distinction entre la sécurité des process et la sécurité des personnes au travail (Hopkins, 2009 ; Grote, 2012) malgré un intérêt manifesté pour une intégration des deux types de sécurité (Fahlbruch et Wilpert, 2001 ; Carayon et al., 2015). Les indicateurs en matière de sécurité au travail peuvent d'ailleurs ne rien dire sur la sécurité du process. C'est ce qu'a révélé l'analyse de l'explosion survenue à la « BP Texas City Plant » en 2005. Grote (2012) rapporte en effet que cette analyse indiquait une sécurité au travail élevée et une attention moindre aux signaux relatifs à la sécurité du process. En conséquence, peut-on parler de sécurité d'un système ou bien doit-on parler de sécurité vis-à-vis d'un type de risque ? Le chemin vers une intégration des deux types de sécurité est d'autant plus difficile que les chercheurs/experts en charge de l'une et l'autre constituent des communautés souvent distinctes (Leclercq et al., 2018). Pour Falzon (2006), adopter une vision élargie de la santé intégrant non seulement la santé physique (prévenir les AT et MP) mais aussi la santé cognitive (procurer des conditions de travail efficaces et des opportunités de développement) conduit à rapprocher les problématiques différentes que sont la fiabilité d'un système et la sécurité des agents de ces systèmes.

Le modèle présenté dans le paragraphe II.3.3. souligne que des régulations qu'un travailleur opère en situation de travail peuvent être le fruit de compromis entre la sécurité du process et la sécurité des personnes. La présence de ces compromis constitue une motivation importante pour avancer vers l'intégration des deux types de sécurité. On peut également faire l'hypothèse que des décisions prises à d'autres niveaux que celui de la situation de travail, dans le cadre du management d'un type de sécurité, puissent être défavorables à l'autre type de sécurité. En effet, ces décisions répondent à des objectifs distincts (Leclercq et al., 2018). Dans le cas de la gestion du risque d'accident de process, il s'agit d'éviter les dommages susceptibles de survenir lors d'une défaillance<sup>29</sup> dans un process, ces dommages pouvant atteindre non seulement les populations environnantes, l'environnement et les installations de l'entreprise mais aussi les opérateurs impliqués dans le processus. Dans le cas de la gestion du risque d'AT, il s'agit de préserver de tout dommage corporel les opérateurs qui contribuent directement ou indirectement au déroulement d'un tel process. Comment s'articulent (ou pas) ces différents objectifs lors des décisions relatives à la gestion des « sécurités » ? Ces objectifs n'entrent-ils pas parfois en contradiction ? Si les sécurités ne sont pas intégrées en amont dans le processus de management, cette intégration devra se faire en aval, c'est-à-dire en situation de travail. Cette

---

<sup>29</sup> La défaillance dans un process est caractérisée par la perte de contrôle d'une énergie de process pour faire référence aux schémas sur les figures 8 et 9.

hypothèse est supportée par le scénario récurrent d'APM 2, présenté dans le paragraphe II.3.3.. De plus, la multiplication de buts contradictoires assignés aux organisations est associée à un manque de résilience du système (Woods, 2006).

Si une condition de cette intégration est l'intégration des objectifs poursuivis, le modèle présenté sur la figure 9 constitue quant à lui un outil pour cette intégration. En effet, les éléments couramment avancés comme distinctifs des deux types de sécurité sont le danger et le dommage qui peut en résulter (Hopkins, 2009). Le modèle présenté sur la figure 9 formalise la coexistence de dangers/énergies de nature fondamentalement différente, à maîtriser au sein des systèmes sociotechniques. La caractérisation systématique du danger par une énergie, quelle que soit la nature de l'accident, permet d'exprimer l'intégration de la sécurité des process et de la sécurité des personnes comme l'intégration du contrôle de l'énergie des process et de l'énergie des personnes. En fonction du type de danger sur lequel porte la perte de contrôle, les facteurs singuliers d'accident et leurs combinaisons accidentogènes sont différents (Hale, 2002). Pour autant, dans tous les cas d'accident survenant dans un système sociotechnique, les facteurs sont de nature technique, humaine et organisationnelle.

## Conclusion

*« Les AT sont aujourd'hui rarement posés comme problème de santé publique, contrairement à d'autres types d'atteintes à la santé d'origine professionnelle, dont la visibilité dans l'espace public a fortement progressé ces dernières années (maladies liées à l'amiante, TMS, RPS, etc). Pourtant l'importance numérique des AT reste élevée (Amossé et al., 2012) ». De plus, l'AT reste encore fortement associé à la notion de « danger manifeste ». En effet, la conférence de Bouvet et al. (2010) rapporte que « si les entreprises et les institutions publiques ont l'habitude de prendre en compte les risques « durs » comme les AT ou les maladies professionnelles classiques, elles sont moins rodées aux risques « mous » comme les RPS (risques psychosociaux). Que mesurer, sur quoi agir, sur quoi négocier ... ? ». Or l'examen des données statistiques relatives aux AT montre que les risques d'AT se manifestent en majorité à travers les mouvements des travailleurs, révélant des difficultés comparables à celles associées aux risques qualifiés parfois de « mous ». Ainsi le contenu de cette note défend que le préalable à toute avancée en matière de sécurité au travail serait de préciser l'enjeu que représente la prévention des AT, d'acter le fait que les ¾ des risques d'AT se manifestent à travers les*

mouvements des travailleurs, de diffuser des modèles de risque plus conformes à ces AT, d'outiller les préventeurs d'entreprise afin de rendre visibles les risques et les facteurs de risque d'AT dans toute leur diversité.

Parmi les AT relatifs à des risques qui se manifestent à travers les mouvements des travailleurs, la chute de plain-pied (CPP) constitue une cible dans le champ de la prévention (cf. par exemple Haslam and Stubbs, 2006), et en particulier dans le champ de la prévention au travail (cf. par exemple Chang et al., 2016). Elle constitue également une cible parmi les risques prioritaires du plan santé travail N°3 (PST3 - <https://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/pst3.pdf>) ou encore parmi les orientations de l'INRS jusqu'en 2022 (<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%204484>). Or la chute de plain-pied constitue l'arbre qui cache la forêt des APM. De plus, la chute n'est pas un point d'entrée pertinent pour aborder la prévention en entreprise lorsqu'on ne traite pas de chute à partir d'une situation de travail en hauteur. La notion d'APM permet de caractériser un ensemble d'AT qui soit en accord avec la réelle diversité des manifestations du risque et qui soit également cohérent du point de vue du phénomène accidentel et du point de vue de la prévention.

La sous-estimation du risque d'APM explique en partie le fait que les travaux et les pratiques ne soient pas à la mesure du risque. En effet la réalité et la complexité de ce risque n'étant pas rendues visibles, aucun moyen ni aucune priorité ne lui sont accordées aussi bien dans le champ de la recherche que dans celui des pratiques. Les APM représentent cependant, pour les entreprises qui dépendent du régime général, au moins le tiers des AT avec arrêt (soit plus de 200 000 chaque année) et au moins le tiers des jours perdus par incapacité temporaire (soit plus de 13 millions chaque année).

La modélisation classique de la production de la lésion en cas d'AT représente très insuffisamment le risque d'APM, ce qui ne prédispose pas non plus à l'action. Un modèle de la production du dommage en cas d'APM a été développé. Ce modèle est basé sur la caractérisation du danger par une énergie. Il révèle notamment la nature composite du danger dans les situations d'APM, la difficulté de mettre en place des dispositifs de protection à l'encontre de ces accidents (à travers la mise en œuvre des stratégies de Haddon) et la difficulté d'anticiper ce risque. La focalisation d'une partie de cette note scientifique et technique sur le concept de danger intervenant dans la production de la lésion peut apparaître surprenante puisque l'intérêt des chercheurs s'est aujourd'hui déplacé vers la genèse plus en amont de la lésion. Or cette clarification du concept de danger en cas d'APM, et plus largement en cas de risques accidentels qui se manifestent à travers les mouvements du travailleur, est utile pour au moins deux raisons. La première est que cette clarification contribue à la nécessaire évolution

de la représentation classique du risque d'AT. En effet, la représentation la plus véhiculée reste celle faisant intervenir une énergie extérieure à l'homme/un danger manifeste. Pour preuve, selon Hovden et al. (2010), *“there seems to be little need for new models and approaches for the sake of understanding the direct causes of occupational accidents in daily work at the sharp end. For this purpose, Gibson’s basic energy-barrier model and Haddon’s 10 strategies for loss prevention will never be outdated”*. Or cette représentation correspond tout au plus au tiers des AT. Les difficultés pratiques rencontrées pour mettre en place des barrières de protection dans les cas d'APM expliquent probablement en partie la diminution moindre des APM et plus généralement des risques qui se manifestent à travers les mouvements au travail que celle des risques pour lesquels la lésion est produite par un élément avec lequel tout contact entraîne une blessure, risques face auxquels des barrières de protection peuvent être plus facilement envisagées. La seconde raison de l'utilité de clarifier le concept de danger est que les combinaisons accidentogènes caractérisant les AT diffèrent suivant la nature du danger sur lequel porte la perte de contrôle. La prévention qui s'adresse à un ensemble générique d'AT devrait donc caractériser, implicitement ou explicitement, le danger associé à cet ensemble générique d'AT.

Le rapprochement dans cette note scientifique et technique des risques d'accident et des risques de pathologie professionnelle qui se manifestent dans la réalisation des mouvements du travailleur et la comparaison inattendue entre l'APM et l'accident de process permettent de souligner la complexité de la prévention des risques de chute ou de heurt derrière l'apparente banalité dont ces accidents sont entachés. Si le risque d'APM ne suscite pas de pratiques à la hauteur de l'enjeu qu'il représente, les pratiques en matière de prévention des TMS conduisent aujourd'hui à un retour d'expériences dont pourrait bénéficier assurément, d'un point de vue méthodologique, la prévention des APM. Le cadre d'analyse du risque d'APM proposé dans la troisième partie s'inspire d'ailleurs d'un cadre d'analyse du risque de TMS. Par ailleurs, le modèle de production du dommage relatif à tout accident survenant dans un système sociotechnique conduit à caractériser une différence essentielle entre la sécurité des process et la sécurité des personnes, nécessitant respectivement la maîtrise des énergies propres au process et la maîtrise de l'énergie induite par le mouvement des personnes. Ce modèle constitue une avancée vers l'intégration nécessaire des deux types de sécurité.

Connaître l'ampleur de l'enjeu que représente la prévention des APM, pouvoir se saisir de ce risque et de son périmètre et enfin interroger le concept de danger au regard des caractéristiques de ces accidents sont des étapes nécessaires pour comprendre le risque d'APM et mettre en évidence des freins à sa prise en compte. Ces trois points sont cependant très insuffisants pour

progresser en matière de prévention. La prévention de ces accidents suppose également de faire évoluer le regard porté sur leurs causes, d'être intégrée dans les enjeux de développement des entreprises et d'associer les travailleurs. Or si la mise en place de démarches locales et collectives est maintenant évidente pour prévenir certains risques professionnels, les représentations associées au risque d'APM n'y prédisposent pas. Dans ce document, les travaux basés principalement sur l'analyse approfondie d'APM et sur l'analyse d'activité en lien avec le risque d'APM sont lus à travers des modèles proposés dans le champ de l'ergonomie et à travers différentes conceptions de la sécurité. Ils présentent donc des enseignements qui permettent d'avancer dans le champ très vaste de la prévention de ces AT.

Les connaissances produites sont présentées à travers plusieurs représentations. La représentation multifactorielle de l'APM est tout à fait comparable aux représentations multifactorielles d'autres risques professionnels. Elle est utile pour inciter une analyse approfondie de ces AT et ainsi faire évoluer les représentations de ses causes.

Les APM font partie des AT les plus nombreux et surviennent dans toutes les entreprises sans exception. Les causes de ces accidents sont différentes d'une entreprise à l'autre, d'un atelier à l'autre, d'une situation de travail à l'autre. En même temps, des scénarios récurrents sont mis en évidence, qui intègrent les spécificités des situations de travail au sein desquelles les APM se sont produits. L'élaboration de tels scénarios nécessite l'intégration de nombreux retours d'expérience qui suppose la création des conditions d'analyse systématique et systémique des APM quelle que soit leur gravité et la prise en compte des difficultés rencontrées par les travailleurs à certains moments pour contrôler leurs mouvements. Ces scénarios récurrents constituent une base de discussion quant aux actions à engager de manière spécifique et prioritaire dans le cadre de la prévention des APM.

Enfin, la proposition d'un cadre d'analyse du risque d'APM centré sur les régulations opératives dans l'exécution du travail permet d'une part, de guider le développement de recherches sur une base qui nous paraît prometteuse pour comprendre comment le travailleur contrôle avec succès son mouvement dans la plupart des situations, et d'autre part, de focaliser un débat sur les difficultés qui se combinent à certains moments et qui empêchent de répondre à la fois aux exigences de la tâche et à celles du contrôle du mouvement. Ceci permet de dépasser l'explication stérile de l'absence d'attention, souvent déconnectée du travail.

## Références

- Abbe, O.O., Harvey, C.M., Ikuma, L.H. and Aghazadeh, F. (2011). Modeling the relationship between occupational stressors, psychosocial/physical symptoms and injuries in the construction industry. International Journal of Industrial Ergonomics 41(2): 106-117.
- Abbud, G.A.C., Li, K.Z.H., DeMont, R.G. (2009). Attentional requirements of walking according to the gait phase and onset of auditory stimuli. Gait & Posture 30(2): 227-32.
- Abdat, F., Leclercq, S., Cuny, X. and Tissot, C. (2014). Extracting recurrent scenarios from narrative texts using a Bayesian network: Application to serious occupational accidents with movement disturbance. Accident Analysis & Prevention 70(0): 155-166.
- Ale, B. J. M., Baksteen, H., Bellamy, L.J., Bloemhof, A., Goossens, L., Hale, A., Mud, M.L., Oh, J.I.H., Papazoglou, I.A., Post, J. and Whiston, J.Y. (2008). Quantifying occupational risk: The development of an occupational risk model. Safety Science 46(2): 176-185.
- Amossé, T., Daubas-Letourneux, V., Le Roy, F., Meslin, K. et Barragan, K. (2012). Les accidents du travail et problèmes de santé liés au travail dans l'enquête SIP. (In)visibilités et inscriptions dans les trajectoires professionnelles. Rapport de recherche 76. Centre d'études de l'emploi, Noisy-le-Grand (France).
- ANACT (Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail) (2012). [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.anact.fr/vous-avez-dit-tms> (accès le 17 janvier 2019).
- Andres, R. O., Connor, O. et Eng, T. (1992). A practical synthesis of biomechanical results to prevent slips trips and falls in the workplace. Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV, edited by S. Kumar, 1001-1006. London : Taylor and Francis.
- AP SST (Accompagnement de la Prévention en Santé et sécurité au Travail) (2018). [En ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.apsst.fr/Les%20principales%20obligations%20%C3%A9gales%20en%20mati%C3%A8re%20de%20risques%20professionnels.pdf> (accès le 22 janvier 2019).
- Aptel, M. et Cnockaert, J.C. (2002). Liens entre les troubles musculo-squelettiques du membre supérieur et le stress. BTS Newletters 9(19-20): 57-63.
- Aublet-Cuvelier, A. et Caroly, S. (2013). Introduction. Numéro spécial : TMS et facteurs psychosociaux. Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé 15(2).
- Aven, T. and Renn, O. (2009). On risk defined as an event where the outcome is uncertain. Journal of Risk Research 12(1): 1-11.

- Babet, D. et Lê, J. (2018). "Une personne sur quatre a été blessée au travail au cours de sa carrière." Insee Première 1719: 4 p.
- Bellamy, L. J. (2015). Exploring the relationship between major hazard, fatal and non-fatal accidents through outcomes and causes. Safety Science 71, Part B: 93-103.
- Bellamy, L. J., Mud, M., Manuel, H.J. and Oh, J.I.H. (2013). Analysis of underlying causes of investigated loss of containment incidents in Dutch Seveso plants using the Storybuilder method. Journal of loss prevention in the process industries 26(6): 1039-1059.
- Bentley, T. A., Hide, S., Moore, D., Legg, S., Ashby, L. and Parker, R. (2006). Investigating risk factors for slips, trips and falls in New Zealand residential construction using incident-centred and incident-independent methods. Ergonomics 49(1): 62-77.
- Bentley, T., Tappin, D., Moore, D., Legg, S., Ashby, L. and Parker, R. (2005). Investigating slips, trips and falls in the New Zealand dairy farming sector. Ergonomics 48(8): 1008-1019.
- Bentley, T. A. and Haslam, R.A. (2001). Identification of risk factors and countermeasures for slip, trip and fall accidents during the delivery of mail. Applied Ergonomics 32(2): 127-134.
- Berthoz, A. (1997). Le sens du mouvement. Odile Jacob. Paris (France). p. 345.
- Blum Le Coat, J.-Y. et Pascual, M. (2017). La difficile reconnaissance du caractère professionnel des atteintes à la santé mentale. Retour sur une action d'accompagnement des salariés dans les démarches de déclarations d'accidents du travail et de maladies professionnelles. Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé 19-1.
- BLS (Bureau of Labor Statistics) (2012). Nonfatal occupational Injuries and Illnesses Requiring Days away from work, 2011. [Online]. Available at: <http://www.bls.gov/iif/#tables> (accessed December 15, 2012).
- Bouisset, S. (1981). Postures et mouvements. Dans Précis de physiologie du travail. Notions d'ergonomie. Ed. Par J. Scherrer. Masson, Paris (France) : 29-106.
- Bourgeois, F., Lemarchand, C., Hubault, F., Brun, C., Polin, A., Faucheux, J.M., Douillet, P. and Albert, E. (2006). Troubles musculosquelettiques et travail. Quand la santé interroge l'organisation du travail. Collection Outils et méthodes. Anact, Lyon (France).
- Bourgeois, F. et Hubault, F. (2005). Prévenir les TMS. De la biomécanique à la revalorisation du travail, l'analyse du geste dans toutes ses dimensions. Activités 2(1): 20-37.
- Bouvet, J., Salengro, B. et Vergne, J.L. (2010). Réinventer la santé au travail. Communication présentée au séminaire de l'Association des Amis de l'Ecole de Paris du Management, Paris (France).

- Bresin, K., Fetterman, A.K. and Robinson, M.D. (2012). Motor control accuracy : a consequential probe of individual differences in emotion regulation. Emotion 12(3) : 479-486.
- Bressol, E. (2004). Organisation du travail et nouveaux risques pour la santé des salariés. Notes d'Iéna. Informations du Conseil économique et social. N°170. Paris.
- Brown, L.A., Polych, M.A. and Doan, J.B. (2006). The effect of anxiety on the regulation of upright standing among younger and older adults. Gait and Posture 24: 397-405.
- Cahour, B., Salembier, P., Zouinar, M. (2016). Analyzing lived experience of activity. Le Travail Humain 79(3): 259-84.
- Carayon, P., Hancock, P., Leveson, N., Noy, I., Sznalwar, L. and van Hootegem, G. (2015). Advancing a sociotechnical systems approach to workplace safety – developing the conceptual framework. Ergonomics 58(4): 548-564.
- Caroly, S., Simmonet, P. et Vézina, N. (2015). Marge de manœuvre et pouvoir d'agir dans la prévention des TMS et des RPS. Le Travail Humain 78(1) : 1-8.
- CE (Communautés Européennes) (2008). Causes et circonstances des accidents du travail dans l'UE. Office des publications officielles des communautés européennes. Luxembourg (Luxembourg).
- CECA (Communauté Economique du Charbon et de l'Acier) (1967). Recherche communautaire sur la sécurité dans la sidérurgie et dans les mines. Etude n°3/9, Recherche dans la sidérurgie française. Office des publications des communautés européennes. Luxembourg (Luxembourg).
- Chang, W.R., Leclercq, S., Thurmon, L. and Haslam, R.A. (2016). State of science: occupational slips, trips and falls on the same level. Ergonomics 59(7): 861-883.
- Chardeyron, J. (2008). Les accidents du travail : rétrospective historique et situation contemporaine. Comité Rhône Alpes d'Histoire de la Sécurité Sociale. Lyon (France).
- Chassaing, K. (2010). Les “gestuelles” à l'épreuve de l'organisation du travail: du contexte de l'industrie automobile à celui du génie civil. Le Travail Humain 73(2): 163-192.
- Chassaing, K. (2005). Stratégies d'expérience et organisation du travail dans la prévention des douleurs articulaires. Communication présentée au 1<sup>er</sup> congrès francophone sur les troubles musculosquelettiques, Nancy (France).
- Chassaing, K. (2004). Vers une compréhension de la construction des gestuelles avec l'expérience : le cas des tôliers d'une entreprise automobile. Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé 6(1).

- Clot, Y. et Simonet, P. (2015). Pouvoirs d’agir et marges de manœuvre. Le Travail Humain 78(1) : 31-52.
- CNAMTS (Caisse Nationale d’Assurance Maladie des Travailleurs Salariés) (2018). Les affections psychiques liées au travail : éclairage sur la prise en charge actuelle par l’Assurance Maladie - Risques professionnels. CNAMTS, Paris (France).
- CNAMTS (Caisse Nationale d’Assurance Maladie des Travailleurs Salariés) (2009). Statistiques nationales des accidents du travail, des accidents de trajet et des maladies professionnelles. CNAMTS, Paris (France).
- Corlett, E. N. (2008). Sitting as a hazard. Safety Science 46(5): 815-821.
- Coutarel, F. (2004). La prévention des troubles musculo-squelettiques en conception : quelles marges de manoeuvre pour le déploiement de l'activité? Thèse de l’Université Victor Segalen, Bordeaux 2 (France).
- Coutarel, F., Caroly, S., Vézina, N. et Daniellou, F. (2015). Marge de manœuvre situationnelle et pouvoir d’agir : des concepts à l’intervention ergonomique. Le Travail Humain 78(1) : 9-29.
- Coutarel, F. et Petit J. (2013). Prévention des TMS et développement du pouvoir d’agir. Dans Ergonomie Constructive. Ed. par Falzon, P. PUF, Paris (France) : 175-190.
- Cuny, X. et Krawsky, G. (1970). Pratique de l'analyse d'accidents du travail dans la perspective socio-technique de l'ergonomie des systèmes. Le travail humain 33(3-4): 217-28.
- Cuvelier, L. et Caroly, S. (2009). Appropriation d’une stratégie opératoire : un enjeu du collectif de travail. Activités 6(2) : 57-74.
- Daniellou, F., Simard, M. et Boissières, I. (2010). Facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle : un état de l'art. Institut pour une culture de sécurité industrielle. Cahiers de la sécurité industrielle. Toulouse (France).
- Daniellou, F., Caroly, S., Coutarel, F., Escriva, E., Roquelaure, Y. et Schweitzer, J.M. (2008). La prévention durable des TMS. Quels freins ? quels leviers d’action ? Recherche action 2004-2007. Direction générale du Travail, Paris (France).
- Daubas-Letourneux, V. (2008). La connaissance des accidents du travail à l’épreuve de parcours d'accidentés. Comité Rhône Alpes d'Histoire de la Sécurité Sociale. Lyon (France).
- De la Garza, C. et Fadier, E. (2004). Sécurité et Prévention : repères juridiques et ergonomiques. Dans Ergonomie. Ed. par Falzon, P. PUF, Paris (France) : 159-174.
- De la Garza, C., Maggi, B. et Weill-Fassina, A. (2011). Temps, autonomie et discrétion : analyse d’activités dans la maintenance ferroviaire. Temps et Travail. Actes du 33<sup>ème</sup> congrès de la self: 415-422. Paris (France)

- De la Garza, C. et Weill-Fassina, A. (2000). Régulations horizontales et verticales du risque. Dans Approches ergonomiques du travail collectif dans les systèmes socio-techniques. Ed. par Weill-Fassina, A. et Benchekroun, T.H. Octarès, Toulouse (France): chapitre 10. 217-233.
- Derosier, C., Leclercq, S., Rabardel, P. and Langa, P. (2008). Studying work practices: a key factor in understanding accidents on the level triggered by a balance disturbance. Ergonomics 51(12): 1926-1943.
- Doppler, F. (2004). Travail et Santé. Dans Ergonomie. Ed. par Falzon, P. PUF, Paris (France) : 69-82
- EASHW (European Agency for Safety and Health at Work) (2012). Risk perception and risk communication with regard to nanomaterials in the workplace. Office des publications de l'Union européenne. Luxembourg (Luxembourg). DOI: 10.2802/93075.
- EASHW (European Agency for Safety and Health at Work) (2010). OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU – Facts and figures. [Online]. Available at: <http://www.eurofound.europa.eu/surveys/ewcs/2010/index.htm> (accessed December 12, 2012).
- EPICEA (Etude de Prévention par l'Informatisation des Comptes rendus d'Enquêtes d'Accidents du Travail) (2011). [En ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.Inrs.fr/accueil/produits/bdd/epicea.html> (accès le 6 juin 2011).
- Estill, C. F., Rice, C.H., Morata, T. and Bhattacharya, A. (2017). Noise and neurotoxic chemical exposure relationship to workplace traumatic injuries: A review. Journal of Safety Research 60: 35-42.
- Fahlbruch, B. et Wilpert, B. (2001). La notion de sécurité systémique : un nouveau domaine de recherche pour la psychologie industrielle. Dans Organiser la fiabilité. Ed. Par M. Bourrier, M.. L'Harmattan, Paris (France): 107-142.
- Falzon, P. (2013). Pour une ergonomie constructive. Dans Ergonomie Constructive. Ed. par Falzon, P. PUF, Paris (France) : 1-15
- Falzon, P. (2011). Rule-based safety vs adaptative safety : an articulation issue. Communication at the 3rd International Conference on Health care systems, Ergonomics and Patient Safety (HEPS). Oviedo (Spain).
- Falzon, P. (2006). Enabling Safety : Issues in design and continuous design. Plenary address at the 9<sup>th</sup> ISSA International Symposium, Design process and human factors integration : optimizing company performance. Nice (France).

- Faverge, J. M. (1970). Plenary Session: The Operator's Reliability and Safety in Industry L'Homme Agent d'infiabilité et de Fiabilité du Processus Industriel. Ergonomics 13(3): 301-327.
- Faverge, J.M. (1966). L'analyse du travail en terme de régulation. Dans L'ergonomie des processus industriels. Ed. Par Faverge, J.M., Olivier, J., Delahaut, J., Stephaneck, P. et Falmagne, J.C. Editions de l'Institut de Sociologie, Bruxelles (Belgique) : 33-60.
- Fleury, D. and Brenac, T. (2001). Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies. Accident Analysis & Prevention 33(2) : 267-276.
- Garrigou, A., Peeters, S. Jackson, M., Sagory, P. et Carballeda, G. (2004). Apports de l'ergonomie à la prévention des risques professionnels. In Ergonomie. Ed. par P. Falzon. Presses Universitaires de France. Paris (France) : 497-514.
- Gaudard, C. (2000). Conditions for maintaining ageing operators at work – a case study conducted at an automobile manufacturing plant. Applied Ergonomics 31(5) : 453-462.
- Gaudez, C., Gilles, M. and Savin, J. (2016). Intrinsic movement variability at work. How long is the path from motor control to design engineering. Applied Ergonomics 53 : 71-78.
- Gaudez, C. et Aptel, M. (2008). Les mécanismes neurophysiologiques du mouvement, base pour la compréhension du geste. Le Travail Humain 71(4) : 385-404.
- Gaudez, C., Le Bozec, S. et Richardson, J. (2008). Slip characteristics and contact area effects on postural dynamics during isometric pushes performed by seated subjects. International Journal of Industrial Ergonomics 38 (1) : 30-34.
- Gaudez, C. et S. Leclercq (2008). Accidents de plain-pied. Données statistiques nationales et analyses menées en entreprises. Documents pour le médecin du travail 113: 65-79.
- Gauvin, C., Lan, A., Boucher, A. et Thibeault, M. (2015). Chutes, heurts et autres perturbations du mouvement : L'expérience du Québec : portrait statistique, actions de prévention et recherches menées par l'IRSST. Hygiène et Sécurité du Travail 239: 40-43.
- Gibson, J. (1961). The contribution of experimental psychology to the formulation of the problem of safety. A brief for basic Research. Behavioral approaches to accident research. Association for the aid of crippled children. New York (USA).
- Grote, G. (2012). Safety management in different high-risk domains – All the same? Safety Science 50(10): 1983-1992.
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J. et Kerguelen, A. (1997). Comprendre le travail pour le transformer : la pratique de l'ergonomie. Editions de l'Anact. Lyon (France).

- Guyot-Delacroix, S. (1999). Diversité des processus de régulation et modalités de gestion temporelle de la conduite des trains : des recherches d'équilibre et de fiabilité. Thèse de l'EPHE, Laboratoire d'Ergonomie Physiologique et Cognitive, Paris (France)
- Haddon, W. (1980). The basic strategies for preventing damage from hazards of all kinds. Hazard Prevention. September/October: 8-12.
- Haddon, W. (1973). Energy Damage and the Ten Countermeasure Strategies. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society 15(4): 355-366.
- Hale, A. (2002). Conditions of occurrence of major and minor accidents. Urban myths, deviations and accident scenario's. Tijdschrift voor toegepaste Arboretenschap 15(3): 34-41.
- Haslam, R. A. and Stubbs, D. (2006). Understanding and preventing falls. Taylor and Francis. London (United Kingdom).
- Haslam, R. A. and Bentley, T.A. (1999). Follow-up investigations of slip, trip and fall accidents among postal delivery workers. Safety Science 32(1): 33-47.
- Hasegawa, Y., Koyama, S., Inomata, K. (2013). Perceived distance during golf putting. Human Movement Science 32(6): 1226-38.
- Heinrich, H. W. (1950). Industrial accident prevention. A scientific approach. Mc Graw-Hill. New York (USA).
- Hollnagel, E. (2014). Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. Ashgate Publishing Limited. Surrey (England).
- Hollnagel, E. (2008). Risk+barriers=safety? Safety Science 46(2): 221-229.
- Hollnagel, E. (2004). Barriers and Accident Prevention, or how to improve safety by understanding the nature of accidents rather than finding their causes. Hampshire. London (United Kingdom).
- Hollnagel, E., Woods, D.D. and Leveson, N. (2006). Resilience engineering: concepts and precepts. Ashgate Publishing Limited. Hampshire (England).
- Hopkins, A. (2009). Thinking About Process Safety Indicators. Safety Science 47(4): 460-465.
- Hordern, F. (1991). Le droit des accidents du travail au XIXème siècle. Cahiers n°3 de l'Institut régional du travail de l'Université d'Aix-Marseille II. Aix en Provence (France).
- Hovden, J., Albrechtsen, E. and Herrera, I.A. (2010). Is there a need for new theories, models and approaches to occupational accident prevention? Safety Science 48(8): 950-956.
- Hoyos, C. G. (1980). Psychologische Unfall und Sicherheitsforschung. Kohlhammer. Stuttgart (Deutschland).

- HSE (Health and Safety Executive) (2011). The Health and Safety executive Statistics 2009/2010. [Online]. Available at: <http://www.hse.gov.uk/statistics/> (Accessed 18 June 2011).
- ICECI (International classification of external causes of injuries) (2004). A related Classification in the World Health Organization Family of International Classifications. Consumer Safety Institute. Amsterdam (The Netherlands) and AIHW National Injury Surveillance Unit, Flinders University. Adelaide (Australia).
- INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) (2018). Evaluation des risques professionnels. Aide au repérage des risques dans les PME-PMI. Brochure ED 840. INRS, Paris (France)
- INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) (2012). Prévention des risques de chute de hauteur. Guide pratique ED 6110. INRS, Paris (France).
- INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) (2011). Les heurts, glissades et autres perturbations du mouvement au travail. Fiche pratique de sécurité ED 140. INRS, Paris (France).
- IRDES (Institut de recherche et de documentation en économie de la santé) (2011). La prise en charge des accidents du travail et l'organisation de la médecine du travail en France. 83 p. [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.irdes.fr/EspaceDoc/DossiersBiblios/HistoriqueATMP.pdf>. (accès le 15 janvier 2019).
- Jørgensen, K. (2011). A tool for safety officers investigating “simple” accidents. Safety Science 49(1): 32-38.
- Kemmlert, K. et Lundholm, L. (1998). Slips, trips and falls in different work groups with reference to age. Safety Science 28 : 59-74.
- Kines, P. (2003). Case studies of occupational falls from heights: Cognition and behavior in context. Journal of Safety Research 34(3): 263-271.
- Kjellén, U. (2009). The safety measurement problem revisited. Safety Science 47(4): 486-489.
- Kjellén, U. (2000). Prevention of accidents through experience feedback. CRC Press (Taylor and Francis Group). London (United Kingdom).
- Koehler, K. A. and Volckens, J. (2011). Prospects and Pitfalls of Occupational Hazard Mapping: ‘Between These Lines There Be Dragons’. Annals of Occupational Hygiene 55(8): 829-840.
- Kouabenan, D. R. (1999). Explication naïve de l'accident et prévention. Presses Universitaires de France. Paris (France).
- Kroemer, K. H. E. (1974). Horizontal Push and Pull Forces. Applied Ergonomics 5 : 54-102.

- Leclercq, S. (2018). La notion d'accident avec perturbation du mouvement : quelle utilité pour la prévention? Hygiène et Sécurité du Travail 250 : 58-62.
- Leclercq, S. (2016). Hazard Concept and Falls. In Fall Prevention and Protection, chapter 11: 157-174. CRC Press (Taylor and Francis Group). New York (USA).
- Leclercq, S. (2015). Chutes, heurts et autres perturbations du mouvement : les comprendre pour les prévenir. Enjeu pour la sécurité au travail et freins à la prévention. Hygiène et Sécurité du Travail 239 : 24-27.
- Leclercq, S. (1999). In-company same and low level falls : from an understanding of such accidents to their prevention. International Journal of Industrial Ergonomics 25 : 59-67.
- Leclercq, S. (1997). Prévention des chutes de plain-pied. Synthèse des travaux et recommandations. Cahiers de Notes Documentaires N°169 : 621-633.
- Leclercq, S., Morel, G., Chauvin, C., Claudon, L. (2020). Analysis method for revealing the human and organisational factors of occupational accidents with movement disturbance (OAMDs). Publié en ligne dans la revue Ergonomics. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1817570>.
- Leclercq, S., Morel, G. and Chauvin, C. (2018). Process versus personal accidents within sociotechnical systems: Loss of control of process versus personal energy? Safety Science 102: 60-67.
- Leclercq, S., Abdat, F., Cuny, X. et Tissot, C. (2017). Scénarios d'accidents occasionnés par une perturbation du mouvement dans les secteurs de la construction et de la métallurgie. Pour une prévention locale et diversifiée. Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé 19(2).
- Leclercq, S., Cuny-Guerrier, A., Gaudez, C. and Aublet-Cuvelier, A. (2015). Similarities between work related musculoskeletal disorders and slips, trips and falls. Ergonomics 58(10): 1624-1636.
- Leclercq, S., Saurel, D., Cuny, X. and Monteau, M. (2014). Research into cases of slips, collisions and other movement disturbances occurring in work situations in a hospital environment. Safety Science 68: 204-211.
- Leclercq, S., Monteau, M. et Cuny, X. (2013). Quels modèles pour prévenir les accidents du travail d'aujourd'hui? Le Travail Humain 76(2): 105-127.
- Leclercq, S., Monteau, M. et Cuny, X. (2010). Avancée dans la prévention des "chutes de plain-pied" au travail. Proposition de définition opérationnelle d'une nouvelle classe : "les accidents avec perturbation du mouvement (APM)". Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé 12(3).

- Leclercq, S., Thouy, S. and Rossignol, E. (2007). Progress in understanding processes underlying occupational accidents on the level based on case studies. Ergonomics 50(1): 59-79.
- Leclercq, S. and Thouy, S. (2004). Systemic analysis of so-called 'accidents on the level' in a multi trade company. Ergonomics 47(12): 1282-1300.
- Leclercq, S. and Tissot, C. (2004). Les chutes de plain-pied en situation professionnelle. Circonstances de chutes particulièrement graves à travers l'analyse statistique de 459 cas. Hygiène et Sécurité du Travail ND 2206(194): 51-66.
- Légifrance (2019). Code de l'environnement. Article L511-1. [En ligne]. Disponible à l'adresse :  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000006834227&dateTexte=&categorieLien=cid> (accès le 25 janvier 2019).
- Lémonie, Y. (2019). Des marges de manoeuvre à la diversité et à la variabilité motrice dans la prévention des TMS. Le Travail Humain 82(1): 67-97.
- Leplat, J. (2013). Les gestes dans l'activité en situation de travail. Aperçu de quelques problèmes d'analyse. Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé 15(1).
- Leplat, J. (2007). Au sujet de « Resilience engineering. Concepts and precepts de Hollnagel, Woods et Levenson ». Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé 9(2).
- Leplat, J. (2006). La notion de régulation dans l'analyse de l'activité. Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé 8(1).
- Leplat, J. (1995). Cause et risque dans l'analyse des accidents. Revue Roumaine de Psychologie 39: 9-24.
- Leplat, J. and Cuny, X. (1974). Les accidents du travail. Presses Universitaires de France. Paris (France).
- Lundberg, J., Rollenhagen, C. and Hollnagel, E. (2009). What-You-Look-For-Is-What-You-Find – The consequences of underlying accident models in eight accident investigation manuals. Safety Science 47(10): 1297-1311.
- Monteau, M. (2010). L'organisation délétère. La santé et la sécurité au prisme de l'organisation. L'Harmattan. Paris (France).
- Monteau, M. (1997). Analysis and reporting accident investigation. Encyclopedia of occupational health and safety 1: 57.22-57.25. BIT. Genève (Switzerland).
- Monteau, M. (1992). La gestion de la sécurité du travail dans l'entreprise : du carter au plan qualité. Performances Humaines et Techniques 61: 29-34.

- Monteau, M. (1974). Essai de classement des risques professionnels et des actions de prévention. Cahiers de Notes Documentaires 78 : 255-262.
- Monteau, M., Leclercq, S. et Cuny, X. (2009). Les accidents consécutifs à une perturbation du mouvement. Nouvelle conception, nouvelle prévention. Hygiène et Sécurité du Travail 215: 13-18.
- Monteau, M. et Pham, D. (1987). L'accident du travail. Evolution des conceptions. Dans "Traité de psychologie du travail" pp 702-727. Presses Universitaires de France (PUF). Paris (France).
- Morel, G., Stephan, V., Chauvin, C., Leclercq, S. and Claudon, L. (2020). Test in situ of a new analysis method for occupational accidents with movement disturbance (OAMDs): Consequences on its content and implementation conditions. Soumis à la revue Safety Science le 15 décembre 2020.
- Morvan, E., Delecroix, B. et Quillerou, E. (2015). Dynamiques des marges de manoeuvre et santé au travail : le cas d'un projet d'organisation en "opérateurs tournants". Le Travail Humain 78(1): 53-65.
- Nascimento, A., Cuvelier, L., Mollo, V., Dicioccio, A. et Falzon, P. (2013). Construire la sécurité : du normatif à l'adaptatif. Dans Ergonomie Constructive. Ed. par Falzon, P. PUF, Paris (France) : 103-116.
- NF EN ISO 12100 (2010). Sécurité des machines – Principes généraux de conception. Appréciation du risque et réduction du risque.
- Nicholson, A. S. and G. C. David (1985). Slipping, tripping and falling accidents to delivery drivers. Ergonomics 28(7): 977-991.
- Niss, M. (2008). Accidents de plain-pied. D'abord mieux les comprendre. Travail et Sécurité octobre: 32-34.
- Op de Beeck, R. and van Heuverswyn, K. (2002). New trends in accident prevention due to the changing world. European agency for safety and health at work. Bilbao (Spain).
- Rantanen, E. M. and Goldberg, J.H. (1999). The effect of mental workload on the visual field size and shape. Ergonomics 42(6): 816-834.
- Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. Safety Science 27(2-3): 183-213.
- Rasmussen, J. and Svedung, I (2000). Proactive risk management in a dynamic society. 160 p. Karlstad (Sweden).

- Runyan, C. W. (2003). Introduction: Back to the Future—Revisiting Haddon's Conceptualization of Injury Epidemiology and Prevention. Epidemiologic Reviews 25(1): 60-64.
- Sari-Minodier, I., Sotty, P., Coulibaly, K., Decosse, L. et Botta, A. (2008). L'expologie ou la nécessité d'articuler les données relatives aux dangers, à l'homme et à son activité. Santé Publique 20 (supplément N°3): S77-S85.
- Slovic, P. (2000). The perception of risk. Earthscan Publications, London (United Kingdom).
- Strandberg, L. et Lanshammar, H. (1981). The dynamics of slipping accidents. Journal of Occupational Accidents 3(3): 153-162.
- Travail et sécurité (2016). Statistiques de sinistralité 2015. Travail et sécurité n° 778, 5p, INRS, Paris.
- Vaughan, D. (1996). The challenger launch decision: risky technology. Culture and deviance at NASA. The University of Chicago Press. Chicago (USA).
- Vermersch, P. (1994). L'entretien d'explicitation. ESF éditeur, Nanterre (France).
- Vézina, N. (2001). La pratique de l'ergonomie face aux TMS : ouverture à l'interdisciplinarité. SELF-ACE conference. Ergonomics for changing work. Montreal (Canada).
- Wilpert, B. (2009). Impact of globalization on human work. Safety Science 47(6): 727-732.
- Wolpert, D. M. and Landy, M.S. (2012). Motor control is decision-making. Current Opinion in Neurobiology 22(6): 996-1003.
- Woods, D.D. (2006). How to design a safety organization : test case for resilience engineering. In Resilience Engineering. Concepts and precepts. Ed. by Hollnagel, E., Woods, D.D. and Leveson, N. Ashgate, Hampshire (England): chapter 19. 315-325.
- Woollacott, M. and Shumway-cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait : a review of an emerging area of research. Gait and Posture 16: 1-14
- Zouinar, M. et Cahour, B. (2013). Activité et Expérience vécue : quels liens ? Actes du 7<sup>ème</sup> colloque Epique. Arpège Science Publishing, Paris.