

# La sécurité à l'ère du « vivre avec »

Incertitude, complexité et nouvelles attentes

Corinne Bieder, René Amalberti, Jean Pariès,  
Hervé Laroche, Eric Marsden, Caroline Kamaté

*Coordination: Corinne Bieder*

n° 2024-05

**THÉMATIQUE**

Gestion des risques



**L**A *Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle* (FonCSI) est une Fondation de recherche reconnue d'utilité publique par décret en date du 18 avril 2005. Elle a pour ambitions de :

- ▷ contribuer à l'amélioration de la sécurité dans les entreprises industrielles de toutes tailles, de tous secteurs d'activité ;
- ▷ rechercher, pour une meilleure compréhension mutuelle et en vue de l'élaboration d'un compromis durable entre les entreprises à risques et la société civile, les conditions et la pratique d'un débat ouvert prenant en compte les différentes dimensions du risque ;
- ▷ favoriser l'acculturation de l'ensemble des acteurs de la société aux problèmes des risques et de la sécurité.

Pour atteindre ces objectifs, la Fondation favorise le rapprochement entre les chercheurs de toutes disciplines et les différents partenaires autour de la question de la sécurité industrielle : entreprises, collectivités, organisations syndicales, associations. Elle incite également à dépasser les clivages disciplinaires habituels et à favoriser, pour l'ensemble des questions, les croisements entre les sciences de l'ingénieur et les sciences humaines et sociales.

## **Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle**

Fondation de recherche, reconnue d'utilité publique

[www.FonCSI.org](http://www.FonCSI.org)

6 allée Émile Monso – BP 34038  
31029 Toulouse cedex 4  
France

Twitter : @LaFonCSI  
Courriel : [contact@FonCSI.org](mailto:contact@FonCSI.org)



**Title** Industrial safety in the age of “living with”: Uncertainty, complexity and rising expectations

**Keywords** foresight, trends, safety management, paradigms, uncertainty

**Authors** Corinne Bieder, René Amalberti, Jean Pariès, Hervé Laroche, Eric Marsden, Caroline Kamaté

**Publication date** May 2024

Climate change, digital transformation, political, economic and geopolitical tensions, an increasingly arms-length relation to work: can industrial safety (and in particular, its management) continue to be conceived of, modeled and practiced in the same way as in the past, despite the major changes that have arisen over the past decades? The FonCSI invites interested stakeholders to join a debate on this question, which will involve critical analysis at the academic, industrial and practical levels.

To kick off this debate, the current document provides an overview of the significant changes that have occurred since the beginning of the century and analyzes their potential impacts on safety management. These impacts are analyzed at both the conceptual (are the hypotheses and principles that underlie most safety models still valid?) and the practical (what are the implications for safety management professionals?) level. This exercise leads us to propose a number of possible paths forward for reflecting upon and managing safety in our changing world. We will be working with the academic community and interested stakeholders to discuss, improve and develop more practically oriented suggestions for reimagining safety management as a way of living with uncertainty and complexity rather than a commitment to ensuring control.

This document is also available in English in the same collection of documents, with the reference 2024-02.

## About the authors

This document is a product of ongoing discussions and disagreements between the team of safety experts at FonCSI, who cumulatively hold several centuries of experience working as researchers, advisors and experts in safety management.

Corinne Bieder is the scientific director of FonCSI, and holds a research chair on safety management at Enac, the French civil aviation university. She coordinated the work on the current document. René Amalberti is director of FonCSI, and the author of numerous books and articles on safety management in industry and in healthcare. Jean Pariès is the former scientific director of FonCSI, and a passionate contributor to the field of resilience engineering. Hervé Laroche is a scientific advisor at FonCSI after a career in organization studies at ESCP Europe business school. Eric Marsden and Caroline Kamaté are programme managers at FonCSI, with decades of experience coordinating research on safety management topics.

## To cite this document

Bieder et al (2024). *La sécurité à l'ère du «vivre avec»: Incertitude, complexité et nouvelles attentes*. Number 2024-05 of the *Cahiers de la Sécurité Industrielle*, Foundation for an Industrial Safety Culture, Toulouse, France (ISSN 2100-3874). DOI: [10.57071/420yzp](https://doi.org/10.57071/420yzp). Available at [FonCSI.org/en](https://FonCSI.org/en).

**Titre** La sécurité à l'ère du « vivre avec » : Incertitude, complexité et nouvelles attentes

**Mots-clefs** prospective, tendances, management de la sécurité, paradigmes, incertitude

**Auteurs** Corinne Bieder, René Amalberti, Jean Pariès, Hervé Laroche, Eric Marsden, Caroline Kamaté

**Date de publication** mai 2024

Changement climatique, digitalisation galopante, tensions politiques, économiques, géopolitiques, relation au travail distendue : la sécurité industrielle (en particulier son management) peut-elle continuer d'être pensée, modélisée et pratiquée de la même façon que par le passé malgré les évolutions notables du monde ces dernières décennies ? C'est sur cette question que la Foncsi souhaite ouvrir les débats et les accompagner sur les plans tant académiques qu'industriel et pratique.

Pour ce faire, le présent document met en perspective les grands changements survenus depuis la fin du siècle dernier et leurs impacts envisageables sur le management de la sécurité, avec les modèles et pratiques de sécurité actuels. Cet exercice ouvre sur un ensemble de pistes pour penser et « agir » le management de la sécurité dans le monde d'aujourd'hui et de demain, qu'il s'agit de discuter et d'enrichir en outre par des échanges avec la communauté scientifique internationale.

Ce document est également disponible en langue anglaise dans la même collection, sous la référence 2024-02.

### À propos des auteurs

Ce document est le produit de discussions, et parfois de désaccords, au sein de l'équipe d'experts de la sécurité industrielle à la Foncsi, qui détiennent une expérience cumulée de plusieurs siècles en tant que chercheurs, conseillers et experts du management de la sécurité.

Corinne Bieder est directrice scientifique de la Foncsi, et responsable du programme de recherche « Management de la sécurité » de l'École nationale de l'aviation civile (Enac). Elle a coordonné le travail sur ce document. René Amalberti est directeur de la Foncsi, et l'auteur de nombreux ouvrages et articles sur la gestion de la sécurité dans l'industrie et le monde de la santé. Jean Pariès est l'ancien directeur scientifique de la Foncsi, et un contributeur passionné à la communauté resilience engineering. Hervé Laroche est conseiller scientifique à la Foncsi, et professeur émérite en Stratégie, Hommes et Organisations de ESCP Business School. Eric Marsden et Caroline Kamaté sont responsables de programmes à la Foncsi, avec des décennies d'expérience dans la coordination de projets de recherche sur les enjeux de gestion de la sécurité.

### Pour citer ce document

Bieder et al (2024). *La sécurité à l'ère du « vivre avec » : Incertitude, complexité et nouvelles attentes*. Numéro 2024-05 des *Cahiers de la Sécurité Industrielle*, Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle, Toulouse, France (ISSN 2100-3874). DOI : [10.57071/420yyp](https://doi.org/10.57071/420yyp). Disponible à l'adresse [FonCSI.org/fr](https://FonCSI.org/fr).

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Les principaux changements affectant le management de la sécurité et l'éco-système dans lequel il s'inscrit</b>	<b>5</b>
1.1 Le changement climatique au cœur des préoccupations . . . . .	5
1.2 La digitalisation massive et l'utilisation de l'IA . . . . .	6
1.3 Des tensions économiques, politiques et géopolitiques mondiales . . . . .	7
1.4 En Europe (a minima), un déficit démographique et une évolution de la relation au travail et à l'employeur . . . . .	8
<b>2 Les principaux questionnements sur le futur de la sécurité industrielle</b>	<b>9</b>
2.1 Quelle articulation entre sécurité industrielle et autres enjeux en constante progression ? . . . . .	9
2.2 Dans quelles conditions opérationnelles et organisationnelles se réalise la production ? . . . . .	10
<b>3 Quelles pistes pour le futur du management de la sécurité industrielle ?</b>	<b>13</b>
3.1 Ce nouveau paysage remet en question les modèles de sécurité classiques . . .	13
3.2 Quelles pistes d'évolution pour penser et « agir » le management de la sécurité industrielle ? . . . . .	14
<b>4 Vivre avec...</b>	<b>21</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>23</b>



# Introduction

## Contexte

Changement climatique, digitalisation galopante, tensions politiques, économiques, géopolitiques, relation au travail distendue : la **sécurité industrielle** (en particulier son management) peut-elle continuer d'être pensée, modélisée et pratiquée de la même façon que par le passé malgré les évolutions notables du monde ces dernières décennies ? C'est sur cette question que la Foncsi souhaite ouvrir les débats et les accompagner sur les plans tant académique qu'industriel et pratique.

Pour ce faire, le présent document met en perspective les grands changements survenus depuis la fin du siècle dernier et leurs impacts envisageables sur le management de la sécurité, avec les modèles et pratiques de sécurité actuels. Cet exercice ouvre sur un ensemble de **pistes pour penser et « agir » le management de la sécurité dans le monde d'aujourd'hui et de demain**, qu'il s'agit de discuter et d'enrichir en outre par des échanges avec la communauté scientifique internationale.

### La sécurité industrielle dans ce document

Définition

Dans le vocabulaire courant, la sécurité industrielle englobe à la fois la **sécurité des opérations** (ou de l'exploitation) des industries à risques et la **sécurité des employés à leur poste de travail**. Cependant, la Foncsi, tout comme un grand nombre d'académiques, met davantage l'accent sur la prévention des accidents industriels. Aussi, afin de lever une possible ambiguïté, la suite du document est essentiellement centrée sur la sécurité des opérations, tout en reconnaissant et traitant l'interface critique qui existe entre les deux aspects.

Les principaux secteurs d'application des idées discutées dans ce document sont les industries à risque d'accident majeur (transport, énergies, industries de procédé) et les infrastructures critiques, mais nombre de concepts s'appliquent également à des secteurs comme la santé [Vincent et Amalberti 2016].

Les conditions dans lesquelles se fait la sécurité aujourd'hui, du poste de travail aux instances de gouvernance, sont en évolution significatives par rapport aux années 1980/1990 voire 2000 pendant lesquelles les principaux modèles de sécurité et pratiques de management de la sécurité ont été développés. De même, l'écosystème dans lequel s'inscrit la sécurité industrielle s'est transformé à de multiples égards. En particulier, le changement climatique devient une préoccupation majeure à toutes les échelles, tout comme les menaces contre la sûreté et la cybersécurité, accrues par les tensions politiques et géopolitiques. Mentionnons également la digitalisation, avec les bouleversements qu'elle induit dans certaines pratiques et le degré d'autonomie des opérateurs, la redistribution du poids des voix des parties prenantes qu'elle opère ou les nouvelles vulnérabilités qu'elle engendre.

Point clé

Dans ce contexte, dans lequel par ailleurs les accidents industriels sont heureusement de plus en plus rares, la sécurité industrielle s'efface du paysage quotidien des citoyens, des politiques et dans une certaine mesure des industriels, au profit de sujets et d'enjeux perçus comme plus saillants et plus pressants qui occupent l'actualité.

Pour autant, la sécurité industrielle ne devrait pas être considérée comme acquise. La convergence de ces multiples évolutions à toutes les échelles d'espace et de temps, semble en effet invalider nombre d'hypothèses sous-jacentes aux modèles classiques de management de la sécurité. À titre d'illustration, les incertitudes accrues liées au changement climatique, aux menaces cyber ou encore à la complexification des organisations, mettent à mal le paradigme fondateur du management de la sécurité basé sur la contrôlabilité *a priori*, notamment par la

prédétermination et la réduction des incertitudes<sup>1</sup>. L'approche classique de la sécurité visant à identifier puis éliminer les causes des « anomalies » et l'imprévu nécessite en effet d'être dépassée au profit d'une approche qui viserait à apprendre à « vivre avec » la sortie du cadre planifié de façon aussi sûre que possible, ce qui interroge certes les pratiques industrielles mais également le contrat social entre industries à risque et citoyens, les responsabilités légales ou encore les corpus conceptuels et méthodologiques traditionnels. Or si certains modèles théoriques ou écoles de pensée développés à la fin du siècle dernier (comme les HRO) ou au début de ce siècle (comme Resilience Engineering) reconnaissent déjà la part de complexité et d'imprévisibilité du monde industriel et des opérations industrielles, et prônent d'apprendre à vivre avec en sécurité, ils ne sont pas à ce jour, à quelques rares exceptions près, incorporés ni même considérés dans les stratégies ou les pratiques de gestion des risques industriels. Leur décalage par rapport aux réalités des écosystèmes industriels rend leur réception hors des cercles académiques, leur traduction pratique et, de fait, leur mise à l'épreuve impossibles.

## Objectifs du document

Le constat d'un décalage potentiellement grandissant entre modèles théoriques actuels et pratiques de management de la sécurité d'une part, et réalité des situations actuelles et à venir d'autre part, conduit donc la Foncsi à questionner à la fois la **légitimité future** des concepts et approches aujourd'hui dominantes, et les **raisons épistémiques et sociétales de leur persistance**. Le but est de susciter et d'animer les réflexions et débats qui semblent aujourd'hui nécessaires sur le futur du management de la sécurité industrielle. Ces réflexions se situent tant au niveau académique qu'industriel et pratique. Elles visent à proposer des pistes pour de nouvelles perspectives sur le management de la sécurité, plus adaptées aux réalités d'aujourd'hui et surtout de demain.

## Structure du document

Le premier chapitre décrit les **évolutions en cours** qui affectent ou vont affecter la sécurité industrielle, le management de la sécurité et l'écosystème dans lequel la sécurité s'inscrit. Il s'agit du changement climatique, de la transition numérique et en particulier des capacités disruptives des modèles d'IA, des tensions géopolitiques, des tendances démographiques et d'évolutions en cours dans notre attitude vis-à-vis du travail.

Le second chapitre explique que ces évolutions remettent en question la manière dont la sécurité industrielle est conçue, modélisée, développée et gérée au quotidien. Ces transformations et les questions associées résultent du fait que la sécurité industrielle tend à disparaître à l'arrière-plan au profit d'autres enjeux plus prégnants dans les perceptions individuelles et sociétales. Une seconde famille de questions naît de l'écart entre les pratiques d'audit mises en place au titre de la sécurité pour documenter et certifier la conformité à des normes, et la complexité organisationnelle croissante, la fragmentation des structures organisationnelles et les pressions sur les ressources qui en pratique conduisent souvent à des conditions sous-optimales en première ligne. Ces évolutions menacent le paradigme de contrôlabilité qui sous-tend la manière dont a été conçue le management de la sécurité et qui justifie les actions associées : l'hypothèse que tous les événements peuvent être anticipés, que les conditions d'exploitation peuvent être contrôlées, les incertitudes maîtrisées, les risques réduits (des hypothèses qui restent souvent vraies, mais qui atteignent leurs limites dans une proportion croissante de situations concrètes).

Étant données ces évolutions du paysage actuel et à venir, le chapitre 3 propose un certain nombre de **nouvelles pistes** pour penser le management de la sécurité et mieux l'aligner sur la manière dont la sécurité est produite au quotidien. Elles incluent le fait d'étendre le périmètre du management de la sécurité industrielle et le cercle des parties prenantes pour prendre en charge de nouveaux problèmes, comme la cybersécurité, les atteintes à l'environnement et la qualité de vie au travail. La gestion de ces enjeux pourrait impliquer une évolution vers une gouvernance qui associe de nouvelles parties prenantes et qui conduit à prêter une attention plus poussée à l'écosystème dans lequel les activités à risques évoluent.

---

<sup>1</sup> Au-delà des pratiques industrielles, ce paradigme est également le fondement du contrat social entre industries à risques et citoyens, et de fait, de la gouvernance de la sécurité de ces industries, mais aussi de la répartition des responsabilités légales associées.

---

### Un document atypique qui vise à provoquer le débat

---

Ce document n'est pas un rapport de recherche classique. Il combine des observations tirées de la littérature scientifique et technique avec des réflexions et hypothèses plus provocantes et prospectives, présentées sous la forme d'encadrés.

Les auteurs du document ont des points de désaccord concernant les conclusions à tirer des constats établis. Par exemple, certains auteurs estiment que le modèle de sécurité prédominant (basé sur le contrôle total et *a priori* des risques) est tellement enraciné, autant dans le monde industriel que dans son écosystème (perceptions publiques, cadre judiciaire) que s'éloigner de ce modèle est d'autant plus difficile, et qu'un chemin alternatif n'a pas encore été balisé. D'autres estiment que l'intégration de concepts issus des sciences de la complexité est déjà largement entamée, même si elle est davantage présente dans les pratiques locales en première ligne que dans les façades présentées par les entreprises à risque d'accident majeur lorsqu'elles évoquent les questions de sécurité avec les parties prenantes extérieures.

L'esprit de ce document est que les différences d'interprétation, et même les désaccords, devraient être vus comme des sources de richesse plutôt que comme une faiblesse. Les réactions (par courriel à [contact@FonCSI.org](mailto:contact@FonCSI.org)) qui apportent d'autres nuances au débat sur les conséquences possibles des tendances évoquées et sur les nouvelles stratégies ou paradigmes pour manager la sécurité industrielle au cours des décennies à venir, seront les bienvenues.



# Les principaux changements affectant le management de la sécurité et l'écosystème dans lequel il s'inscrit

Quatre ensembles de facteurs de changements peuvent être recensés : le changement climatique, la digitalisation, les tensions internationales et les transformations du rapport au travail. Il est évident qu'ils sont en interrelation dynamique, mais l'analyse de ces interrelations dépasse le cadre de ce document.

## 1.1 Le changement climatique au cœur des préoccupations

La multiplication des manifestations du **changement climatique**<sup>1</sup> et la **pression croissante exercée par la société civile et le monde politique** pour d'une part, lutter contre ce phénomène et limiter les impacts environnementaux des activités humaines, et d'autre part, préparer nos sociétés aux adaptations radicales qui se profilent, conduisent à de multiples transformations au sein même des industries à risques :

- ▷ Les **impacts environnementaux de l'activité industrielle** deviennent un **enjeu majeur**, un de plus en parallèle sinon en concurrence avec la sécurité des opérations [Bieder et al. 2024a].
- ▷ De **nouvelles menaces environnementales** (en nature et/ou intensité) remettent potentiellement en question le fonctionnement normal (ex : sécheresse de longue durée sur des cours d'eau utilisés pour le refroidissement d'installations) ainsi que la sécurité des installations (risques Natech).
- ▷ Certaines **industries** se voient **déconsidérées et d'autres promues du fait de leurs impacts environnementaux**, ce qui conduit à :
  - des injonctions de démantèlement ou au contraire de développement rapide<sup>2</sup> ;
  - d'éventuelles difficultés de recrutement ou encore des situations de perte de sens pour les employés.

La **demande croissante de débat public et de participation des citoyens aux décisions** associées à ces questions environnementales s'étend, de manière mécanique, aux projets et risques industriels [Bieder et al. 2024b].

<sup>1</sup> Lire par exemple le rapport du Intergovernmental Panel on Climate Change [AR6 Synthesis report on climate change, 2023](#).

<sup>2</sup> Une illustration est fournie par le secteur de l'énergie nucléaire en France, aujourd'hui promue comme industrie décarbonée et poussée à se développer, là où l'Allemagne a pris la décision que l'on peut considérer aujourd'hui comme paradoxale d'abandonner cette industrie pour des raisons notamment de sécurité suite à l'accident de Tchernobyl.

## 1.2 La digitalisation massive et l'utilisation de l'IA

La généralisation de la **digitalisation** induit des changements significatifs à toutes les échelles, susceptibles d'impacter la sécurité industrielle, qu'il s'agisse de sa perception ou des modalités de son management.

Au **niveau sociétal** :

- ▷ La **digitalisation de l'information et des outils de communication** ouvre à de **nouveaux acteurs** et formes d'expression autour de la sécurité mais plus globalement elle **suscite des attentes sociétales**. La généralisation des réseaux sociaux et de leurs filtres algorithmiques amplifie considérablement les phénomènes d'attraction, de polarisation, et de distorsion de l'information. Tout le monde peut s'exprimer sans risque sur tous les sujets, par exemple la sécurité, de façon instantanée. Des voix et des légitimités alternatives aux discours institutionnels et aux « vérités » établies sont susceptibles de mobiliser massivement (notamment par l'intermédiaire d'influenceurs), d'amplifier les controverses, et par là-même d'influencer, voire de « **fabriquer** » littéralement (par « ingénierie sociale ») les **perceptions et les opinions du public**, par exemple sur la sécurité et son importance.
- ▷ L'**IA** suscite auprès du public des réactions ambivalentes et changeantes, **entre mythe, magie et méfiance**. Elle a commencé à introduire dans un nombre croissant de métiers des transformations du rôle des acteurs humains totalement disruptives. Il est probable qu'elle provoque dans la décennie à venir des révolutions sociotechniques de grande ampleur.
- ▷ Les **acteurs « industriels » de la digitalisation et de l'IA deviennent extrêmement puissants** vis-à-vis de la société. Leur chiffre d'affaires dépasse le PIB de pays moyens et leur influence sur les comportements et les modes de vie égale celle des gouvernements.

Au niveau des opérations des **installations industrielles** :

- ▷ La digitalisation ouvre la voie à de nouvelles vulnérabilités au travers des **risques d'attaques cyber**, particulièrement dans un monde où la guerre est de retour (conflit Ukraine, Moyen-Orient) [Hansen et Antonsen 2024].
- ▷ L'utilisation de systèmes à base d'**IA** dans les opérations pose la question de la **confiance en ces systèmes**, que ce soit de la part des opérateurs, des autorités de contrôle ou de la société dans son ensemble. En effet, les systèmes apprenants échappent au paradigme actuel (et historique) de gouvernance de la sécurité basé sur la **certification** et la surveillance.
- ▷ L'utilisation de l'**IA** soulève de **nouvelles questions de responsabilité** [de Boisboissel 2022 ; Laroche et Reuzeau 2022]. Responsabilité légale, tout d'abord : ce sont souvent des entreprises distinctes qui développent les algorithmes utilisés dans des composants logiciels, qui préparent les jeux de données utilisées pour l'apprentissage, qui assemblent les composants logiciels dans un système critique, et qui exploitent le système. On peut s'attendre à des conflits de responsabilité en cas de dysfonctionnement. Responsabilité sociétale, ensuite : les défaillances des machines ne sont pas interprétées et jugées comme les défaillances des humains [Hidalgo et al. 2021]. Les machines sont jugées sur l'amplitude des dommages générés, tandis que les humains sont jugés sur leurs intentions. Les imputations spontanées de responsabilité (notamment par l'opinion publique et les médias) dans le cas de systèmes combinant acteurs humains et IA suivront donc des logiques cognitives difficiles à anticiper.
- ▷ Les secteurs industriels qui voudraient retarder l'introduction de ces technologies en attendant qu'elles soient davantage éprouvées, stratégie conservatrice classique s'agissant de systèmes critiques, risquent de voir réduire leur attractivité pour les spécialistes techniques, dont les compétences sont déjà rares.

Au niveau du management de la sécurité, en conjugaison avec l'utilisation du **big data**, l'IA ouvre à la fois de **nouvelles opportunités d'analyse des opérations** et d'identification

de problèmes jusque-là ignorés, et de nouveaux risques, notamment celui d'une **réduction du prisme au travers duquel la sécurité est managée** aux seuls aspects sur lesquels des données sont collectées en grand nombre.

### 1.3 Des tensions économiques, politiques et géopolitiques mondiales

Alors que sur le temps long les indicateurs de conflictualité géopolitique semblaient plutôt à la décroissance [David et Rapin 2018], le monde est manifestement entré depuis quelques années dans une phase d'instabilité majeure et de retour de la guerre de haute intensité. La « tectonique des plaques » géopolitique et le changement climatique s'autoalimentent. Les services de l'ONU estiment que les changements climatiques prévus aujourd'hui à l'horizon 2050 vont rendre inhabitables de vastes régions subtropicales et provoquer la migration de 250 millions à un milliard de personnes. Les flux migratoires dus à la guerre et au climat vont fortement augmenter dans la décennie en cours.

Les tensions économiques et politiques dans le contexte social mondialisé d'aujourd'hui conduisent à des transformations dans le domaine industriel.

- ▷ Au niveau de l'organisation et au plan stratégique, on observe un obscurcissement de la vision à moyen et long terme des entreprises, qui amène une conduite dictée par le court terme, avec plus de décisions brutales, et parfois des inversions de cap, une recherche de résilience oscillant entre des stratégies d'agilité (diversification des produits, de la supply-chain, externalisation, passage de la sous-traitance de choix à la cotraitance) et des stratégies de surcontrôle et de bunkerisation (standardisation, conformisme, auditisme [Størkersen 2024], réduction de voilure, repli sur le cœur de métier, fermeture, etc.).
- ▷ Au niveau de l'environnement, national ou transnational, les réponses adaptatives au changement climatique prennent la forme de programmes de développement d'urgence d'industries jugées critiques pour l'indépendance nationale/régionale, ou au contraire d'abandon de domaines d'activité sans point de retour.
- ▷ **L'emploi dérégulé** devient une variable clé d'ajustement d'effectifs en tension dans l'entreprise, avec la floraison de nouvelles entreprises *low cost*, de statuts précaires ubérisés, multitâches, ou autoentrepreneurs [Balliester et Elsheikhi 2018 ; Nilsen et al. 2022].
- ▷ Du côté des systèmes techniques, les frontières des industries à risques deviennent également floues avec l'utilisation de systèmes "off-the-shelf" conçus sans considération particulière de sécurité. Cette tendance au recours à des systèmes « génériques »/transverses est accrue pour les systèmes digitaux/algorithmes.

Les tensions politiques et géopolitiques actuelles exacerbent les perceptions, tant par la société civile que par les politiques ou les industriels, des **risques** liés aux malveillances (ex : sabotages, attaques cyber, ciblage militaire d'installations civiles à risque d'accident majeur).

Par ailleurs, les questions d'immigration et de confrontations culturelles occupent une place croissante dans les préoccupations sociétales. Elles sont présentes au quotidien dans l'environnement, sources de tensions multiples. Au sein des **collectifs de travail** dans les industries à risques, la diversité des cultures et langues pratiquées induit des **situations inédites d'incompréhensions**, y compris des consignes de sécurité.

Enfin, la montée des extrêmes, la méfiance de certains mouvements politiques ou citoyens vis-à-vis de l'Union Européenne ou encore la libéralisation constituent des facteurs d'instabilité économique. Le précédent mandat de Trump a ainsi menacé une partie des acquis de la sécurité du travail [Waring 2019].

#### 1.4 En Europe (a minima), un déficit démographique et une évolution de la relation au travail et à l'employeur

L'Europe va connaître un **déficit démographique** significatif. Le réservoir de main d'œuvre va diminuer et vieillir, et le dispositif de formation des compétences (écoles professionnelles, universités...), structuré par métiers traditionnels et focalisé sur la jeunesse, sera mis en grande difficulté pour fournir à l'industrie les compétences nécessaires à des emplois et des métiers dont la durée de vie ne cesse de décroître [Laroche et al. 2022].

Il en résultera probablement une grande pénurie de personnels qualifiés<sup>3</sup>, encore aggravée par la perte d'attractivité du travail industriel, et par des dimensions culturelles comme le déficit général d'orientation des filles vers les métiers techniques de l'industrie.

Le futur — et déjà le présent — du travail « normal » pourrait devenir le **sous-effectif chronique**, couplé à un manque de compétence aggravé dans les secteurs moins attractifs. Ces difficultés pourraient occasionner vraisemblablement un recours croissant à la sous-traitance, l'économie des plateformes, l'automatisation et la robotisation, provoquant d'autres impacts sur la sécurité potentiellement plus critiques que ceux liés aux sous-effectifs.

Par ailleurs, la relation au travail évolue. La qualité de vie au travail devient un élément essentiel pour les employés. Or les emplois industriels ne sont pas les mieux placés sur ce critère. Ils laissent également peu de possibilité de télétravail, alors que c'est une attente très répandue désormais. Ces facteurs diminuent encore l'attractivité des secteurs risquant la pénurie d'effectifs et de compétences.

Enfin, pour les employés et plus particulièrement ceux dans des fonctions « télé-travaillables », la relation au travail, aux collectifs et à l'employeur est plus distante qu'auparavant.

##### Le monde industriel change

- ▷ Mondialisation, dérégulation, déstructuration des entreprises avec repli sur leur cœur de métier
- ▷ Changement climatique
- ▷ Digitalisation galopante
- ▷ Tensions géopolitiques, menaces cyber de tous ordres
- ▷ Marchés tendus dans un mode dominé par l'antagonisme sino-américain
- ▷ Conséquence de la dérégulation, ubérisation et *low cost*
- ▷ Contrastant avec une demande renforcée de Qualité de vie au travail au moins dans les pays occidentaux

<sup>3</sup> Dans son discours sur l'état de l'Union en 2023, la présidente de la Commission, Von der Leyen, mettait en avant le déficit de travailleurs et de compétences comme l'un des principaux défis économiques pour les entreprises et la première priorité à traiter pour l'Union Européenne dans l'année à venir.

## Les principaux questionnements sur le futur de la sécurité industrielle

Ces évolutions questionnent le management de la sécurité tel qu'il est pensé, pratiqué ou encore modélisé. Celui-ci est affecté sur deux aspects majeurs : la place qu'occupe aujourd'hui la sécurité industrielle dans un champ grandissant d'enjeux qui se disputent la priorité dans les préoccupations sociétales ; la réalité des conditions dans lesquelles les industries à risques opèrent aujourd'hui. Ces aspects sont abordés de façon détaillée dans les deux sections suivantes.

### 2.1 Quelle articulation entre sécurité industrielle et autres enjeux en constante progression ?

La sûreté (prévention/gestion des malveillances) et la protection de l'environnement se sont imposées comme des enjeux majeurs au sein des industries à risque, coexistant avec la sécurité industrielle ou encore la sécurité au travail. Pour répondre à ces nouvelles exigences, certaines industries ont créé de nouvelles directions dédiées, et d'autres ont plus récemment intégré tous ces aspects au sein d'une direction unique, sous des bannières de type HSE ou ONE SAFETY. Au niveau de la gouvernance, certaines autorités anciennement dédiées à la sécurité ont vu leur périmètre s'étendre notamment à la sûreté, appelant une articulation des deux enjeux plus ou moins explicite et réfléchi. Cependant, quelles que soient la définition des périmètres et la répartition des domaines de responsabilité, l'articulation entre sécurité industrielle, sûreté industrielle, impact environnemental et sécurité et qualité de vie au travail (*a minima*), n'est pas toujours pensée en tant que telle, et traduite dans des décisions et cadres explicites.

Pourtant, les situations réelles ignorent les découpages artificiels opérés entre les différents enjeux auxquels les industries à risques tentent de répondre, surveillées par des autorités en partie distinctes. Ces différents enjeux coexistent en contexte, et apparaissent parfois sinon en contradiction les uns avec les autres, du moins pas toujours en synergie. Une articulation et/ou des **arbitrages** existent, parfois figés dans des systèmes de management intégrés, parfois implicites et inconscients. En première ligne, ces arbitrages placent les opérateurs face à des choix difficiles à faire en l'absence de directives claires ou de cadres explicites lorsque plusieurs enjeux se révèlent conflictuels en contexte et appellent des actions différentes.

En résumé, les pratiques traduisent une articulation insuffisamment consciente et concertée à tous les niveaux.

Quelle place occupe la sécurité industrielle dans ces arbitrages, comment est-elle pensée, discutée, décidée, restent des questions entières tant au niveau des pratiques de terrain qu'à celui des modes de gouvernance transverses, en passant par les différents niveaux organisationnels. Cette réalité dans laquelle convergent tous les enjeux n'est à ce jour que partiellement décrite et analysée de façon scientifique dans ses mécanismes de fonctionnement, ses atouts et ses limites. En effet, les modèles théoriques demeurent propres à une dimension, un enjeu unique : modèle de sécurité, modèle de sûreté, modèle d'impact environnemental.

## 2.2 Dans quelles conditions opérationnelles et organisationnelles se réalise aujourd'hui et se réalisera demain la production ?

Au niveau de la gouvernance de la sécurité des industries à risques, plusieurs difficultés émergent du fait de la double évolution des menaces environnementales<sup>1</sup> et de l'émergence de systèmes apprenants. On a déjà évoqué la remise en question des concepts clés de certification et de surveillance par les systèmes apprenants.

Au niveau des industriels et des autorités, l'une des réactions observées à la montée des incertitudes et aux attentes de la société — avec ses enjeux de responsabilité légale — est la montée en formalisation, standardisation et **auditabilité**. Sous l'impulsion des grands industriels occidentaux notamment, les standards se multiplient, et sont parfois adoptés tels quels par les autorités en tant que réglementations dans un souci de désengagement de l'État. Cette standardisation nie l'importance du professionnalisme des acteurs de première ligne, valorisant une expertise générique en gestion des risques au détriment de l'expertise contextuelle et située sur laquelle reposent de nombreuses activités à risques [Almklov et Antonsen 2014].

Au niveau des organisations à risques elles-mêmes, cette standardisation est reprise sous forme de process et procédures, et la sécurité industrielle (comme la sûreté, la sécurité au travail ou l'environnement) est gérée au travers d'indicateurs alimentant un système de management formel.

Mais sur le terrain, la réalité est moins lisse que sur le papier des cadres formels (standards, réglementation, systèmes de management) évoqués précédemment :

- ▷ Les frontières des organisations et des technologies sont floues [Weil 2014] tout comme les responsabilités.
- ▷ Les collectifs de travailleurs sont morcelés, multiformes en termes de statuts (employés, sous-traitants, indépendants) et de compétences.
- ▷ Les situations de sous-effectifs et/ou manque de matériels deviennent plus fréquentes.
- ▷ La co-activité devient la règle, sans que soit vraiment organisée la coordination indispensable à l'activité simultanée de plusieurs entreprises aux statuts, responsabilités, logiques, structures, cultures, contraintes, et pratiques différentes.

Cette complexification des conditions dans lesquelles se déroulent les opérations des industries à risque, conjuguée aux nouvelles incertitudes notamment environnementales et digitales, pose de nombreuses questions concernant la gestion de la sécurité, à tous les niveaux, de la gouvernance aux pratiques du terrain.

---

<sup>1</sup> Certaines industries impactent également l'environnement, induisant une relation circulaire des influences entre les deux.

### La sécurité industrielle telle qu'elle a été développée se trouve bousculée

- ▷ **Complexité et instabilité accrues** : le monde du travail devient moins prévisible, les planifications plus incertaines ; or la stabilité (de l'univers réglementaire, du commerce, du travail, des contextes) est une condition historique de la sécurité. Ces tendances concernent différents secteurs industriels, mais aussi des secteurs comme la santé [Amalberti et Vincent 2020 ; Page et al. 2023].
- ▷ **Perte relative de priorité dans l'opinion** : le niveau d'excellence atteint dans la sécurité des opérations industrielles est jugé comme un acquis, qui tend en retour à rendre plus saillants dans les agendas des citoyens et des entreprises d'autres risques au détriment du risque industriel ;
- ▷ **Gouvernance globale intégrée de la sécurité plus difficile** (qui renvoie au concept de *One Safety*), dans un contexte de divergence croissante des injonctions de gestion des risques plutôt que d'alignement
  - Avec une sécurité industrielle soumise à la perte d'autorité liée au fractionnement et l'immense variété de taille des acteurs concernés, et à l'interdépendance croissante de toutes ces entreprises rassemblées sur le même terrain dans des réseaux temporaires de conduite des travaux,
  - Avec une sécurité industrielle côté sécurité du travail soumise au poids croissant de la dimension psychologique de la sécurité au travail, pointant les limites de la formation à un « nouveau » management nécessaire pour y répondre,
  - Avec une contrainte cyber très augmentée, mais dont les injonctions sont souvent contraires à l'ouverture et au partage de données que réclame la sécurité industrielle classique,
  - Et avec des exigences environnementales de plus en plus prégnantes, qui ont leurs propres règles et qui mettent sous pression la gouvernance de la sécurité industrielle pour s'ouvrir aux attentes de nouveaux acteurs extérieurs à l'entreprise, citoyens, territoires, états.



## Quelles pistes pour le futur du management de la sécurité industrielle ?

### 3.1 Ce nouveau paysage remet en question les modèles de sécurité classiques

Ce nouveau paysage met en évidence une complexité croissante du « monde », des contextes, des réseaux d'interaction, des organisations, des processus et des opérations. Il est le siège d'incertitudes et d'instabilités (géopolitiques, environnementales, économiques, opérationnelles) sans précédent. En cela, il bouscule un **paradigme fondateur du management actuel de la sécurité**, à savoir que **les opérations peuvent être anticipées et leur sécurité maîtrisée, contrôlée, en particulier par la réduction des incertitudes** (par exemple au travers d'analyses de risques, de réglementations, de processus de certification, de procédures, de systèmes de management). Si ce paradigme fondateur de l'anticipation complète, de la prédétermination et du contrôle *a priori* a été amendé par certaines approches plus récentes (ex : HRO, Resilience Engineering), celles-ci n'ont, comme on l'a déjà dit, pas réellement trouvé leur voie jusque dans les pratiques [Dwyer et al. 2023 ; Gilbert et al. 2018] et se heurtent aux cadres réglementaire et légal existants.

Ainsi, le paradigme fondateur de contrôle prédéterministe comme base du management de la sécurité demeure extrêmement prégnant dans les entreprises et dans la société (public, médias, justice...), notamment dans les démonstrations de la « maîtrise » de la sécurité. Ces modèles analytiques et prescriptifs sur lesquels se fondent les démonstrations de sécurité reposent sur un ensemble d'hypothèses, le plus souvent implicites, que le paysage actuel et à venir met à mal.

En effet, ce paradigme fondateur du management de la sécurité suppose en outre que :

- ▷ La sécurité résulte du bon contrôle sur les processus « risqués » mis en œuvre.
- ▷ Un contrôle total est possible à travers une conception, une maintenance et une opération « rationnelles » et « sûres » des systèmes.
- ▷ Un bon contrôle suppose une compréhension scientifique de la fiabilité des opérateurs humains et une bonne prise en compte de cette compréhension dans la conception et la mise en œuvre des interactions entre ceux-ci et le système technique.
- ▷ Un « bon » contrôle suppose une organisation adéquate, qui réussit à coupler une transmission efficace des prescriptions et une écoute attentive des difficultés de mise en œuvre.
- ▷ Les accidents constituent des exceptions au comportement normalement sûr des systèmes sociotechniques. Ils résultent de combinaisons d'anomalies latentes ou événementielles dans le « système » — pannes, erreurs, violations, rendues possibles par une organisation défaillante. « Tout accident est une défaillance de l'organisation ».
- ▷ On peut donc diminuer la probabilité d'accident via une boucle d'amélioration continue qui détecte et corrige les anomalies (patentes et latentes) avant qu'elles ne se reproduisent et se développent.

- ▷ Cependant l'objectif d'un risque zéro serait économiquement irréaliste. Il existe un niveau de risque, donc de sécurité, acceptable pour une activité industrielle donnée dans un pays donné. Ce niveau résulte d'un arbitrage entre les bénéfices générés par l'activité considérée pour la société et les dommages statistiques anticipés puis constatés, mesurés à l'aulne de la valeur de la vie dans le pays considéré.
- ▷ La sécurité peut donc s'assimiler à la bonne gestion des risques anticipés (explorer les domaines du connu et du connaissable suffit). Dit autrement, la complexité du monde peut être maîtrisée notamment par une quantification et une réduction drastique des incertitudes.
- ▷ L'assurance est la stratégie complémentaire de la gestion des risques.
- ▷ Le cadre de gouvernance historique basé sur la réglementation et la surveillance par l'autorité est le cadre qui convient pour la sécurité.
- ▷ La sécurité est une priorité absolue tant pour les organisations à risques que pour la société civile.

Point clé

Des sections précédentes émergent quatre constats :

1. Des changements majeurs sont déjà en cours et vont s'accélérer dans les années à venir, qui vont affecter profondément les industries à risques et l'écosystème dans lequel s'inscrit la sécurité industrielle ;
2. De par leur nature, une majorité de ces changements va fragiliser, relativiser, voire contredire les caractéristiques du monde — stabilité, continuité, linéarité, prévisibilité, etc. — prises pour fondement des stratégies actuelles de contrôle et de maîtrise des risques industriels.
3. Dès lors, il est peu probable que l'industrie puisse continuer longtemps à maintenir une cohérence suffisante entre sa maîtrise des risques industriels et les attentes de la société en prolongeant sa stratégie actuelle, même en la faisant évoluer à la marge ou en faisant plus et mieux ce qu'elle fait déjà.
4. L'histoire de l'évolution de la pensée de la sécurité industrielle n'a pas fait émerger pour l'instant de paradigme alternatif qui se soit intégré dans le management de la sécurité industrielle.

### 3.2 Quelles pistes d'évolution pour penser et « agir » le management de la sécurité industrielle ?

Comme évoqué en introduction, ces constats conduisent la Foncsi à questionner à la fois la légitimité future des approches aujourd'hui dominantes, et les raisons épistémiques et sociétales de leur persistance. Ils incitent également à lancer une réflexion pour rechercher de nouvelles perspectives sur le management de la sécurité.

### 3.2.1 Un élargissement du périmètre actuel du management de la sécurité industrielle selon deux axes

Les professionnels de la sécurité et les chercheurs vont être amenés à explorer des enjeux et collaborer avec des partenaires extérieurs à la « frontière » historique de la « sécurité ». Deux axes semblent importants dans cet élargissement à venir du périmètre :

▷ **Aux interfaces entre sécurité industrielle et autres enjeux devenus majeurs pour les industriels et la société**

L'arrivée vécue comme concurrentielle de nouvelles sécurités à gérer en parallèle (cyber, écologie, et nouvelles préoccupations de sécurité au travail, notamment psychologiques) va obliger à **penser la sécurité industrielle non pas de façon isolée mais dans un environnement où d'autres objectifs de sécurité seront également perçus comme prioritaires**. Plus globalement, **les modèles de sécurité devraient s'étendre au-delà du périmètre artificiel actuel qui isole la sécurité industrielle du reste pour aborder et inclure les interfaces critiques** (entre sécurités, et avec le contexte).

Dans quelle mesure doit-on aller vers une **gestion intégrée** (et si oui, à quel(s) niveau(x)) de ces différents objectifs de sécurité, naturellement en divergence les uns par rapport aux autres dans nos schémas actuels, et à la gestion de leurs priorités respectives en contexte ? Existe-t-il d'**autres schémas de pensée pour réconcilier** autant que faire se peut ces différents objectifs en les pensant ensemble sans les intégrer ?

▷ **À de nouveaux acteurs dont la voix compte dans la gouvernance effective** (à défaut d'institutionnelle) **de ces différents enjeux et la place qu'y occupe la sécurité industrielle** (ex : ONG, politiques, associations, médias/influenceurs) afin de penser de façon plus réaliste la gouvernance de la sécurité dans l'écosystème dans lequel elle s'inscrit [Bieder et al. 2024b].

#### Étendre le cadre du management de la sécurité industrielle

- ▷ Aux interfaces avec d'autres enjeux de sécurité devenus saillants et le contexte dans lequel elle s'inscrit
- ▷ À de nouveaux acteurs qui contribuent dans les faits à sa gouvernance

#### ... les raisons de la persistance des modèles de contrôle pour manager la sécurité étaient à rechercher ailleurs que dans l'absence de modèles plus « réalistes » ?

Et si ?

Certains modèles de management de la sécurité ont été développés depuis les années 1980-90 en intégrant, de façon plus réaliste que les modèles de contrôle déterministe, les incertitudes et la complexité des opérations (ex : HRO, Resilience Engineering). Cependant, alors même que ces travaux centrés sur le management de la sécurité et ouverts à la complexité des opérations constituent déjà un progrès en lucidité, ceux-ci restent largement ignorés des industriels, des autorités, de la société. Pourquoi ?

Dès lors, plusieurs hypothèses peuvent être formulées :

Ho : Les partisans de la prise en compte de la complexité n'ont pas réussi à déduire des modèles des systèmes complexes des principes et conditions de sécurité mesurables, pilotables, et intégrables dans une stratégie de sécurité compatible avec les contraintes de l'économie libérale.

H1 : Les modèles théoriques sur la complexité sont inadaptés au sujet de la sécurité industrielle, qui repose sur des « agréments » ou des « certifications » délivrés au terme de démonstrations rigoureuses. On pourrait arguer par exemple que la prise en considération de « l'inconnu inconnu » du tableau de Rumsfeld ou d'incertitudes non probabilisables interdit une démonstration de sécurité au sens rigoureux du terme.

H2 : La prise en compte de la complexité est un raffinement inutile et contre-productif. De même que la théorie de la relativité générale est une complication dangereuse et parfaitement inutile pour faire voler un avion ou tirer un obus : la loi de Newton est bien assez juste et bien plus adaptée pour ces situations.

H3 : Le monde industriel n'a pas atteint un niveau de complexité qui justifierait d'introduire

des changements de paradigme et de stratégie pour en tenir compte. On perdrait plus qu'on ne gagnerait à le faire, car les effets collatéraux négatifs (par exemple une augmentation du désordre dans les contextes simples et prévisibles) seraient supérieurs aux gains potentiels (une meilleure gestion de l'inconnu).

H4 : Il ne s'agit pas de rechercher la « sécurité objective maximum » car cette notion n'a pas de sens. Il s'agit de minimiser la composante de la fonction de rejet social de l'activité industrielle provoquée par les accidents. Cela passe par un récit compréhensible par tous (les accidents ont des causes, on les analyse et on les corrige) qui a peu à voir avec une rigueur scientifique. La fréquence des accidents importe moins que le fait qu'elle diminue. Or les démarches classiques sont très efficaces sur la fréquence des accidents non catastrophiques.

H5 : Les motifs de refus des activités industrielles se multiplient (pollution, contribution au changement climatique, etc.) et ce n'est certainement pas le moment de dire qu'en fait, on ne contrôle pas tout de façon absolue en matière de sécurité.

H6 : Dans le domaine du management de la sécurité industrielle, dans lequel anticipation, contrôle, et maîtrise ont de tout temps été les maîtres-mots, effectuer une transition vers un nouveau cadre de pensée et d'action suppose de déconstruire au moins en partie l'existant, ce qui génère des difficultés méthodologiques, organisationnelles, mais également institutionnelles, politiques, légales ou sociétales insurmontables.

Une question s'impose alors afin d'éviter de reproduire un décalage significatif entre modèles théoriques tentant de rendre compte au mieux de la réalité du management de la sécurité sur le terrain et modèles auditables de légitimation/démonstration du management de la sécurité : **quelles implications pour les industries à risques et bien au-delà, pour les autorités de sécurité, les politiques, la justice, ou encore les citoyens, d'un abandon ou *a minima* d'un dépassement du modèle de contrôle ?**

### 3.2.2 Une réflexion sur la refondation des modèles de management de la sécurité industrielle pour intégrer complexité et incertitudes

La complexification des opérations et du contexte dans lequel elles interviennent impose de reconnaître et d'intégrer dans les modèles de management de la sécurité :

- ▷ l'existence d'incertitudes irréductibles avec lesquelles il s'agit de pouvoir vivre là où l'on cherchait auparavant à tout contrôler en prétendant réduire voire éliminer toutes les incertitudes.
- ▷ les conditions organisationnelles et opérationnelles réelles actuelles et futures envisagées dans lesquelles les ressources notamment ne correspondent pas toujours à ce qui est prévu sur le papier (ex : déficit de main d'œuvre qualifiée comblé en partie par des travailleurs précaires).
- ▷ les nouvelles menaces cyber et sûreté sur les installations industrielles, qu'elles viennent de l'extérieur ou de l'intérieur.
- ▷ les nouvelles menaces naturelles sur les installations industrielles, qu'elles soient nouvelles par leur nature, leur intensité, leur durée, leurs combinaisons.
- ▷ le floutage des frontières des organisations et des secteurs à risques et la multiplication des interfaces ou encore l'hétérogénéité qu'il induit en termes de connaissance de et d'attention à la sécurité industrielle

Apprendre à « vivre avec » les problèmes identifiés, en sécurité, mais sans pouvoir les éradiquer, ni même parfois simplement pouvoir les réduire

Les stratégies traditionnelles basées sur l'identification et l'élimination des dangers ne permettent pas de traiter les problèmes et menaces identifiées dans les précédents chapitres. Certains de ces problèmes ne peuvent même pas être traités en utilisant une approche basée sur la réduction des risques.

- ▷ La sécurité industrielle s'est construite sur l'identification et l'indexation des risques, la compréhension de leurs causes, et la suppression de ces causes.
- ▷ La réalité bouscule de façon croissante cette approche :
  - On ne sait pas (plus) supprimer toutes les causes, ni les problèmes incidentels (la résultante de ces causes), particulièrement les questions en lien avec la disponibilité en ressources humaines, tant en nombre qu'en qualité (les formations). Travailler en sous effectifs, mal encadré par défaut de compétences, devient la norme de très nombreux secteurs industriels.
  - On ne sait pas (plus) planifier l'activité au plus près du réel. On ne maîtrise plus les contextes. Même les ajustements de la veille pour le lendemain deviennent très approximatifs.
- ▷ Dans ces conditions, il faut accepter d'ouvrir un nouveau champ de réflexion sur la sécurité industrielle et ses modèles conceptuels qui doit aider les entreprises et compagnons à « **vivre avec** » en **sécurité**. Une nouvelle approche ouvre des débats sur le fond (comment faire) et sur les aspects d'acceptation pratique de la part de toutes les parties (le renoncement *de facto* à supprimer les causes), y compris la justice.

Ce nouveau champ est totalement à écrire. Ce document ouvre ce débat aux communautés concernées, pratiques et académiques. La Foncsi souhaite l'accompagner et l'animer à son modeste niveau.

Une première approche pour définir ce(s) nouveau(x) modèle(s) consiste à :

- ▷ Explorer ce que l'on peut « sauver » du paradigme fondateur ;
- ▷ Explorer ce que l'on peut repenser des modèles plus élaborés déjà existants, notamment HRO, résilience ;
- ▷ Explorer ce qui, dans ce qui se pense aujourd'hui, pourrait faire sens dans le domaine de la sécurité industrielle envisagée dans son écosystème ;
- ▷ Explorer ce que les nouvelles technologies (type IA) peuvent apporter au management de la sécurité industrielle.

Et si ?

...le cadre scientifique théorique pour décrire ce qui se passe existait déjà ?

Les évolutions évoquées au début de ce document contribuent dans leur majorité à l'augmentation de la complexité et de l'instabilité du monde. La complexité a été appréhendée sur les plans théorique et conceptuel depuis de nombreuses décennies. La littérature abonde sur le sujet sans pour autant avoir réussi à frayer sa voie dans le domaine de la sécurité industrielle.

Les concepts et outils méthodologiques pour aborder la complexité sont apparus pour les premiers il y a plus d'un demi-siècle déjà et sont nombreux aujourd'hui [Hardin 1968 ; Morin 2007 ; Le Moigne 1995 ; Proginine 1997 ; Taleb 2007 ; Heath-Carpentier 2022]. Certains développements dans le domaine du management de la sécurité industrielle se sont inspirés de ces théories [Rasmussen 1997 ; Dekker et al. 2011], en particulier la théorie des HRO, celle de l'accident normal [Perrow 1984] ou encore l'approche Resilience Engineering [Hollnagel et al. 2006].

Mais ces applications de la notion de complexité à la sécurité industrielle ne constituent pas un message unique et cohérent aux plans théorique et pratique. Perrow déclare la complexité incontrôlable par essence et en déduit que la maîtrise des risques exige de limiter la complexité des systèmes industriels à risque. Le courant des HROs lui répond que la complexité de l'organisation (redundances, réserves, « jeu dans les engrenages », couplage de l'organisation au plus près du réel, autonomie suffisante des acteurs, « empowerment » et capacité de « sense-making », etc.) peut

maîtriser la complexité des processus. Le courant “Resilience Engineering” se divise en plusieurs approches. Hollnagel décrit la résilience comme générée par une boucle anticipation-monitoring-réaction-apprentissage qui est un modèle de contrôle classique et ne fait pas référence aux théories du contrôle robuste. Il propose également de modéliser les pertes de contrôle comme des phénomènes de résonance entre les « vibrations » des différents paramètres critiques pour la sécurité, et de les étudier à l'aide d'un réseau de neurones (FRAM). Woods s'appuie sur la théorie des systèmes complexes adaptatifs pour modéliser la sécurité de systèmes sociotechniques à travers les notions de domaine d'adaptation, de mécanismes de compensation des variations, de saturation des compensations et de décompensation, de compromis optimalité/adaptabilité, de profil du décrochage en sortie du domaine d'adaptation, etc. [Woods 2019]. Leveson utilise la modélisation des systèmes complexes par réseaux de boucles d'amplification et d'inhibition sur des fonctions « sociotechniques » (fiabilité, confiance, aversion au risque, etc.) et développe des simulateurs informatiques quantifiant cette dynamique. Dekker reprend l'approche des HROs en surpondérant le rôle spontanément stabilisant et sécurisant de l'autonomie des acteurs de première ligne et en développant un plaidoyer pour une sécurité an-archique (sans gouvernance) [Dekker 2017].

Et si?

**...la part croissante de l'IA dans le management de la sécurité renvoyait les FOH dans l'ombre?**

Les modèles actuels réservent une place prédominante et historique à l'humain dans l'organisation et le pilotage du risque – la partie « noble et intelligente » de la sécurité (REX, analyse du risque, barrières de prévention, démonstrations de sécurité – certification, etc.). Aujourd'hui, la part de la sécurité technologique ne couvre quasiment pas cet aspect pilotage, elle se limite aux machines, à leur conception, à leur fiabilité, et à la qualité de leurs interfaces. Et si demain ouvrirait une **nouvelle logique avec le pilotage du risque et de l'exécution du travail qui serait progressivement transféré aux machines devenues « intelligentes »** (ou tout au moins, plus capables de piloter les systèmes en conciliant sécurité et autres objectifs qu'un opérateur moyen)? La sécurité industrielle relèverait progressivement d'un « tout technologie », questionnant profondément les modèles FOH actuels, et toutes leurs recommandations.

#### \_\_\_\_\_ Une réflexion sur les implications de la mise sur agenda des évolutions du management de la sécurité industrielle \_\_\_\_\_

L'investissement des parties prenantes des industries à risques (et notamment des collectivités territoriales ou de la société civile) dans des activités liées à la sécurité industrielle ne va pas de soi dans un contexte dans lequel la sécurité est un sujet silencieux, bien moins saillant que d'autres dans le quotidien de la population, des politiques et des industriels. En termes d'affichage, une réflexion est peut-être à mener pour **présenter la sécurité industrielle sinon comme préoccupation en tant que telle, du moins en interrelation avec les préoccupations des industriels, des individus et des sociétés** (ex : environnement, santé, cybersécurité, sûreté).

Par ailleurs, les propositions ébauchées et celles qui émergeront des débats et échanges avec les académiques comme avec les parties prenantes des industries à risques ne sont pas toutes de même nature. Certaines sont (au moins en apparence) des amendements à la marge de choses existantes (ex : intégrer certains phénomènes climatiques dans les analyses de risques). D'autres remettent en question des aspects plus fondamentaux, organisationnels, institutionnels, légaux etc. (ex : intégrer la société civile à la gouvernance des industries à risques). Cependant, anticiper les conditions qui favoriseraient ces changements ou encore les impacts de ces changements n'est pas chose facile. Par exemple, si l'intégration de nouvelles menaces climatiques ou cyber dans des analyses de risques peut sembler assez simple à réaliser à court terme, cela pourrait mettre en évidence des risques pour lesquels il est difficile d'envisager des mesures de réduction raisonnables (par exemple sur le plan économique ou politique).

Et si ?

...on tentait d'imaginer un agenda d'évolution des pratiques industrielles ?

1. Dans les 5 ans, sous la pression du terrain, l'ouverture officielle de **formations au « vivre avec » l'imprévu** en tant que composante plus officielle et reconnue du management de la sécurité. Ces programmes de formation seraient accompagnés du développement de différentes formes de « rebriefings » en ligne<sup>1</sup>. Des “no go” absolus et lignes rouges seraient utilisés de façon plus poussée pour s'adapter aux aléas, et seraient mieux endossés par la chaîne managériale. De nouvelles stratégies d'exploitation pour gérer le pilotage incidentel ou accidentel, comme l'approche par état dans les centrales nucléaires et les procédures de traitement symptomatiques dans la médecine d'urgence, seraient développées. Le REX positif serait développé pour mieux intégrer les opportunités liées aux aléas. Une réflexion plus poussée sur la responsabilité des acteurs permettrait de limiter l'hypocrisie organisationnelle qui est actuellement trop souvent utilisée pour masquer les effets de l'incertitude et des contraintes opérationnelles concrètes. Ces développements présupposent que les autorités de sécurité, régulateur, système judiciaire et la société dans son ensemble fassent progressivement évoluer leur perspective sur cet enjeu du « vivre avec ».
2. Dans les 5 à 10 ans, sous la pression des autres exigences de sécurisation, la naissance d'une **nouvelle génération de SMS** One Safety, disant comment sont gérées les interfaces et frictions entre ces différentes sécurités réunies sous une même direction.
3. Dans les 10 ans, sous la pression de la transition numérique, l'intégration progressive de solutions de pilotage du risque et la sécurité « **tout techno** », remplaçant les méthodes classiques en place. Les accidents dans ces grands systèmes technologiques deviendront plus rares, mais leurs conséquences seront plus graves. Une part irréductible de l'activité industrielle (à plus faible valeur ajoutée, moins facilement automatisable, moins valorisée par la société, plus clandestine) sera toujours endossée par des humains peu privilégiés, qui porteront les risques que la société ne souhaite pas regarder en face.
4. À 20 ans et au-delà, une redéfinition des solutions de sécurité, y compris dans le paramétrage du tout technologique. L'objectif d'éviter l'accident persisterait naturellement, mais un autre pilotage prendrait de l'importance, celui de gérer le pendant et l'après accident, tant les accidents seront rares, mais bien plus dramatiques dans leurs conséquences. La perception sociale de la sécurité serait alors tout autant déterminée par la capacité à traiter les conséquences des accidents résiduels que par l'effort de prévention consenti.

<sup>1</sup> Briefings de réalignement en temps réel et en contexte, visant à mieux prendre en compte le rythme de l'activité et les spécificités du moment et améliorer la gestion des contingences.

### Adaptation ou révolution ?

Ce débat nécessitera la participation de deux mondes interconnectés :

- ▷ Le monde académique, qui va certainement enrichir et faire progresser les concepts de résilience et la gestion des systèmes complexes en soulignant des incompatibilités entre les stratégies de sécurité dominantes et les caractéristiques du monde réel, mettant donc en avant le besoin d'un changement de paradigme.
- ▷ Le monde industriel, qui pense, avant tout, en termes de compatibilité avec les exigences de compétitivité et de rentabilité et les attentes de la société concernant la maîtrise totale des risques.

Les auteurs du présent document ont des points de vue différents quant aux termes et l'agenda de l'articulation entre ces deux mondes, qui peuvent expliquer certaines nuances dans les idées présentées.

En particulier, si les auteurs s'accordent sur le fait que les pratiques de sécurité reflètent largement une partie des contenus des théories de la complexité, au travers d'adaptations dynamiques notamment, c'est sur le degré d'intégration des éléments de ces théories dans les cadres de démonstration que la sécurité est assurée (démonstration tant vis-à-vis de l'extérieur de l'organisation qu'en interne) que les principales nuances apparaissent. En particulier, certains des auteurs considèrent que le modèle de démonstration de sécurité dominant (basé sur le contrôle total et *a priori* des risques) est si fortement ancré non seulement au niveau des industries mais également dans leurs écosystèmes (compréhension et attentes du public, cadres judiciaires...) que sortir de ce modèle, bien que nécessaire du fait des évolutions du monde, ne va pas de soi, et que le/un chemin pour ce faire reste à déterminer. D'autres auteurs défendent que l'intégration des éléments théoriques du champ de la complexité est déjà bien en marche, y compris dans les cadres qui régissent les démonstrations de sécurité, que la référence à ces théories soit explicite ou non.

Nous espérons prolonger ces discussions avec les lecteurs intéressés.

## Vivre avec...

Les tendances décrites dans ce document concernant la sécurité industrielle et son avenir vont nous contraindre à vivre avec le changement climatique, la transition numérique et les machines autonomes, les tensions géopolitiques, les bouleversements démographiques, les évolutions des relations des individus au travail et à l'emploi, ainsi que des modifications des attentes sociétales quant à l'activité industrielle, un ensemble de ce que certains commentateurs désignent comme des « changements civilisationnels ». Ces évolutions se produisent en parallèle ; un paradigme de management qui s'appuierait sur une hypothèse que le contrôle total est atteignable a peu de chances de succès.

Ce document rassemble des réflexions sur un vaste ensemble de dimensions de la sécurité industrielle et de son devenir. Il explore tant les aspects théoriques au travers des modèles et approches existant dans la littérature, que les aspects pratiques de la mise en œuvre du management de la sécurité, ou encore ses dimensions sociétales. Par ailleurs, il envisage la situation actuelle mais également les évolutions, parfois déjà engagées, du monde à différentes échelles, de différentes natures, toutes ayant ou pouvant avoir un lien direct ou non avec la sécurité industrielle.

L'objectif de cette analyse des conditions actuelles et à venir, et des implications qu'elles ont ou pourront avoir sur la sécurité industrielle est de partager avec d'autres acteurs ces réflexions afin de les enrichir, d'**inciter aux débats**, et d'aboutir collectivement à des **pistes** plus détaillées que celles esquissées dans ce document. En associant éléments d'analyses scientifiques et encarts plus provocateurs, poussant certaines idées ou hypothèses au-delà du cadre académique policé, la Foncsi, en tant que *think-tank*, souhaite animer une réflexion globale et collective sur le devenir du management de la sécurité industrielle. Ainsi, ce document a pour vocation de constituer un point de départ à cette entreprise qui se poursuivra par des échanges avec diverses communautés notamment académiques internationales, mais également avec d'autres parties prenantes de cette question sociétale que chaque catastrophe industrielle remet sur le devant de la scène.



# Bibliographie

- Almklov, P. G. et Antonsen, S. (2014). *Making work invisible: New public management and operational work in critical infrastructure sectors*. *Public Administration*, 92(2):477–492. DOI : [10.1111/padm.12069](https://doi.org/10.1111/padm.12069).
- Amalberti, R. et Vincent, C. (2020). *Managing risk in hazardous conditions: improvisation is not enough*. *BMJ Quality & Safety*, 29(1):60–63. DOI : [10.1136/bmjqs-2019-009443](https://doi.org/10.1136/bmjqs-2019-009443).
- Balliester, T. et Elsheikhi, A. (2018). *The future of work: a literature review*. Rapport technique 29, International Labor Office.
- Bieder, C., Grote, G. et Weyer, J., Éd. (2024a). *Climate Change and Safety in High-Risk Industries*. SpringerBriefs in Safety Management. Springer Cham. ISBN : [978-3031569944](https://doi.org/10.1007/978-3-03156994-4).
- Bieder, C., Laroche, H. et Kamaté, C., Éd. (2024b). *Public participation in the governance of industrial safety risks: an uneasy journey*. SpringerBriefs in Safety Management. Springer Cham. In press.
- David, C.-P. et Rapin, A. (2018). *Quantifier l'inquantifiable : de la mesure de la guerre. Dans Guerres et conflits armés au XXIe siècle* (Pélopidas, B. et Ramel, F., Éd.). Presses de Sciences Po. ISBN : [978-2724623055](https://doi.org/10.1017/978-2724623055).
- de Boisboissel, G. (2022). *Evolution in the way of waging war for combatants and military leaders*. Dans *Managing Future Challenges for Safety: Demographic Change, Digitalisation and Complexity in the 2030s* (Laroche, H., Bieder, C. et Villena-López, J., Éd.), SpringerBriefs in Safety Management, pages 13–24. Springer Cham. ISBN : [978-3031078057](https://doi.org/10.1007/978-3-03107805-7).
- Dekker, S. W. (2017). *The safety anarchist: Relying on human expertise and innovation, reducing bureaucracy and compliance*. Routledge. ISBN : [978-1138300460](https://doi.org/10.1080/17445019.2017.1383004).
- Dekker, S. W., Cilliers, P. et Hofmeyr, J.-H. (2011). *The complexity of failure: Implications of complexity theory for safety investigations*. *Safety Science*, 49(6):939–945. DOI : [10.1016/j.ssci.2011.01.008](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.008).
- Dwyer, J., Karanikas, N. et Sav, A. (2023). *Scoping review of peer-reviewed empirical studies on implementing high reliability organisation theory*. *Safety Science*, 164. DOI : [10.1016/j.ssci.2023.106178](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106178).
- Gilbert, C., Journée, B., Laroche, H. et al., Éd. (2018). *Safety cultures, safety models: taking stock and moving forward*. SpringerBriefs in Safety Management. Springer. ISBN : [978-3319951287](https://doi.org/10.1007/978-3-31995128-7).
- Hansen, S. T. et Antonsen, S. (2024). *Taking connectedness seriously. A research agenda for holistic safety and security risk governance?* *Safety Science*, 173. DOI : [10.1016/j.ssci.2024.106436](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106436).
- Hardin, G. (1968). *The tragedy of the commons*. *Science*, 162(3859):1243–1248.
- Heath-Carpentier, A., Éd. (2022). *The challenge of complexity: Essays by Edgar Morin*. Liverpool University Press. ISBN : [978-1789761658](https://doi.org/10.1017/978110761658).
- Hidalgo, C. A., Orghian, D., Canals, J. A. et al. (2021). *How Humans Judge Machines*. MIT Press. ISBN : [978-0262045520](https://doi.org/10.1017/9780262045520), 256 pages.
- Hollnagel, E., Woods, D. D. et Leveson, N., Éd. (2006). *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Ashgate. ISBN : [978-0754646419](https://doi.org/10.1080/17445019.2006.10555441), 410 pages.
- Laroche, H., Bieder, C. et Villena-López, J., Éd. (2022). *Managing Future Challenges for Safety: Demographic Changes, Digitalisation and Complexity in the 2030s*. SpringerBriefs in Safety Management. Springer. ISBN : [978-3031078040](https://doi.org/10.1007/978-3-03107804-0).
- Laroche, H. et Reuzeau, F. (2022). *Learning from the military: Autonomous systems and safety in work and organisations*. Dans *Managing Future Challenges for Safety: Demographic Change, Digitalisation and Complexity in the 2030s* (Laroche, H., Bieder, C. et Villena-López, J., Éd.), SpringerBriefs in Safety Management, pages 25–31. Springer Cham. DOI : [10.1007/978-3-031-07805-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-07805-7_3).
- Le Moigne, J.-L. (1995). *On theorizing the complexity of economic systems*. *The Journal of Socio-Economics*, 24(3):477–499.
- Morin, E. (2007). *Restricted complexity, general complexity*. Dans *Worldviews, science and us: Philosophy and complexity* (Gershenson, C., Aerts, D. et Edmonds, B., Éd.), pages 5–29. World Scientific. ISBN : [978-9812705488](https://doi.org/10.1007/978-9812705488).
- Nilsen, M., Kongsvik, T. et Almklov, P. G. (2022). *Splintered structures and workers without a workplace: How should safety science address the fragmentation of organizations?* *Safety Science*, 148:105644. DOI : [10.1016/j.ssci.2021.105644](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105644).
- Page, B., Irving, D., Amalberti, R. et al. (2023). *Health services under pressure: a scoping review and development of a taxonomy of adaptive strategies*. *BMJ Quality & Safety*. DOI : [10.1136/bmjqs-2023-016686](https://doi.org/10.1136/bmjqs-2023-016686).

- Perrow, C. (1984). *Normal accidents: living with high-risk technologies*. Basic Books. ISBN : 978-0465051427. 386 pages.
- Proggine, I. (1997). *The end of certainty: time, chaos and the new laws of nature*. Free Press. ISBN : 978-0684837055. 240 pages.
- Rasmussen, J. (1997). *Risk management in a dynamic society: a modelling problem*. Safety Science, 27(2):183–213. DOI : [10.1016/S0925-7535\(97\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00052-0).
- Størkersen, K. V. (2024). *Auditism: Symptoms, safety consequences, causes, and cure*. Dans *The Regulator–Regulatee Relationship in High-Hazard Industry Sectors* (Le Coze, J.-C. et Journé, B., Éd.), Springer-Briefs in Safety Management. Springer Cham. DOI : [10.1007/978-3-031-49570-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-49570-0_9).
- Taleb, N. N. (2007). *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. Random House. ISBN : 978-1400063512.
- Vincent, C. et Amalberti, R. (2016). *Safer healthcare: strategies for the real world*. Springer. ISBN : 978-3319255576.
- Waring, A. (2019). *The five pillars of occupational safety & health in a context of authoritarian socio-political climates*. Safety Science, 117:152–163. DOI : [10.1016/j.ssci.2019.04.008](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.04.008).
- Weil, D. (2014). *The fissured workplace: why work became so bad for so many and what can be done to improve it*. Harvard University Press. ISBN : 978-0674725447. 424 pages.
- Woods, D. D. (2019). *Essentials of resilience, revisited*. Dans *Handbook on Resilience of Socio-Technical Systems* (Ruth, M. et Goessling-Reisemann, S., Éd.), pages 52–65. Edward Elgar Publishing. DOI : [10.4337/9781786439376.00009](https://doi.org/10.4337/9781786439376.00009).



Vous pouvez extraire ces entrées bibliographiques au format BibTeX en cliquant sur l'icône de trombone.

## Reproduction de ce document

La Foncsi soutient le libre accès (“*open access*”) aux résultats de recherche. Pour cette raison, elle diffuse gratuitement les documents qu’elle produit sous une licence qui permet le partage et l’adaptation des contenus, à condition d’en respecter la paternité en citant l’auteur selon les standards habituels.



À l’exception du logo Foncsi et des autres logos et images y figurant, le contenu de ce document est diffusé selon les termes de la licence [Attribution du Creative Commons](#). Vous êtes autorisé à :

- ▷ **Partager** : copier, imprimer, distribuer et communiquer le contenu par tous moyens et sous tous formats ;
- ▷ **Adapter** : remixer, transformer et créer à partir de ce document du contenu pour toute utilisation, y compris commerciale.

à condition de respecter la condition d’**attribution** : vous devez attribuer la paternité de l’œuvre en citant l’auteur du document, intégrer un lien vers le document d’origine sur le site [foncsi.org](http://foncsi.org) et vers la licence et indiquer si des modifications ont été apportées au contenu. Vous ne devez pas suggérer que l’auteur vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé le contenu.



Vous pouvez télécharger ce document, ainsi que d’autres dans la collection des *Cahiers de la Sécurité Industrielle*, depuis le site web de la Foncsi.



**Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle**

Fondation de recherche reconnue d’utilité publique

[www.FonCSI.org](http://www.FonCSI.org)

6 allée Émile Monso – BP 34038  
31029 Toulouse cedex 4  
France

Twitter : @LaFonCSI

Courriel : [contact@FonCSI.org](mailto:contact@FonCSI.org)





6 allée Émile Monso  
ZAC du Palays - BP 34038  
31029 Toulouse cedex 4

[www.foncsi.org](http://www.foncsi.org)

ISSN 2100-3874