



**HAL**  
open science

## **Indicateurs de sécurité dans l'industrie chimique. Réflexions et inspirations issues d'autres activités a risques majeurs**

Chabane Mazri, Guillaume Delatour, Patrick Laclemece, Didier Calcei

### ► **To cite this version:**

Chabane Mazri, Guillaume Delatour, Patrick Laclemece, Didier Calcei. Indicateurs de sécurité dans l'industrie chimique. Réflexions et inspirations issues d'autres activités a risques majeurs. Maîtrise des Risques et Sûreté de Fonctionnement, Lambda-Mu 19, Oct 2014, Dijon, France. ineris-01862477

**HAL Id: ineris-01862477**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01862477>**

Submitted on 27 Aug 2018

**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.

# **Indicateurs de sécurité dans l'industrie chimique. Réflexions et inspirations issues d'autres activités à risques majeurs.**

## **Benchmark of safety indicators practices. Some insights to process safety**

**Chabane Mazri**

INERIS  
Parc Technologique ALATA

BP2, 60550 Verneuil en Halatte, France.

**Didier Calcei**

Groupe ESC Troyes en Champagne –

Campus Brossolette, 217 avenue Pierre Brossolette

BP 710 – 10002 Troyes Cedex

**Guillaume Delatour et Patrick Laclemece**

Université de Technologie de Troyes, 12 rue Marie Curie – CS 42060 – 10004 TROYES CEDEX

### **Résumé**

Les indicateurs de sécurité sont des outils importants de la gestion des installations présentant des risques majeurs. L'industrie des procédés chimiques a développé un certain nombre de pratiques et d'approches quant aux indicateurs de sécurité des procédés (ISP) que nous proposons de questionner à travers un benchmark impliquant des univers différents allant du nucléaire au transport routier et ferroviaire. Nous tenterons ainsi d'identifier les points forts et faibles des ISP ainsi que les leçons profitables issues des différents autres univers confrontés à des difficultés comparables.

### **Summary**

Process Safety Indicators (PSI) are key management tools when it comes to safety. Still, important limitations are still pointed out when used in process industry. Thanks to a comparative analysis exploring various fields ranging nuclear power plant to road and railway safety, we will try to identify good practices and lessons learned that may benefit process safety managers in using and interpreting PSIs.

---

### **Introduction**

Les procédés chimiques regroupent une large gamme d'activités (Chimie lourde, pétrochimie, chimie fine..) susceptibles d'entraîner des conséquences humaines et environnementales majeures. La mesure en continu des performances sécurité de ces installations sur la base d'indicateurs dédiés (Indicateurs de Sécurité des Processus, ISP) est une nécessité rappelée aussi bien par les guides professionnels (HSE, 2006), (OCDE, 2008), (CCPS, 2009), (CCPS, 2011), (OGP, 2011) que par les retours d'expérience suite à de accidents majeurs (CSB, 2007), (Baker Panel, 2007), (HSE, 2010).

Néanmoins, cette large littérature ne semble pas apporter des réponses à la variété des critiques émanant aussi bien du monde académique qu'industriel s'agissant de l'usage des ISP. Ainsi, les sciences sociales pointent souvent le caractère réducteur de ces outils quand ils sont confrontés à la complexité des systèmes sociotechniques impliqués dans l'industrie chimique. De plus, la focalisation des décideurs sur les indicateurs et la possible déconnexion de la réalité qui en résulte peuvent constituer des sources d'une augmentation du risque. D'un autre côté, le monde industriel signale la difficulté de maintenir et d'interpréter une multitude d'indicateurs au regard des ressources que cela requiert tout en rappelant la nécessité d'associer l'usage des indicateurs à une politique de sanction/récompense qui encourage la remontée d'information et évite les manipulations de données pour satisfaire des objectifs pré déterminés.

Le Benchmark ou la comparaison des pratiques entre secteurs est une approche classiquement utilisée dans les sciences de gestion quand il s'agit d'identifier des pistes d'amélioration face à un défi donné. Dans notre cas, nous nous sommes intéressés à identifier des sources d'inspirations dans des activités autres que sont le nucléaire, le transport ferroviaire et le transport par route. L'objectif de cette réflexion n'est pas d'importer des solutions préétablies dans une industrie chimique qui possède ses spécificités. Il est plutôt d'identifier des sources d'inspirations sur la manière dont les difficultés décrites plus en avant ont été traitées et peut être dépassées dans d'autres contextes.

Pour ce faire, nous commencerons par introduire chacun de ces univers, que sont les industries chimiques, nucléaires, ainsi que le transport ferroviaire et routier. Cette introduction portera sur le descriptif des contextes techniques et organisationnels dans lesquels les indicateurs de sécurité ont été développés. Dans un second temps, nous étudierons les leçons et inspirations qui peuvent être déduites de ces univers au profit de l'usage des indicateurs pour l'industrie chimique.

## Indicateurs sécurité dans l'industrie des procédés : Modèles théoriques et pratiques opérationnelles

Résumer en quelques lignes le large débat sur l'usage des ISP est ambitieux. Nous nous focaliserons par conséquent sur les aspects qui nous semblent saillants au regard des objectifs de cette communication.

### Sécurité des procédés et sécurité au poste de travail.

Un premier marqueur de l'industrie chimique est le recours aux indicateurs relatifs à la sécurité des travailleurs pour évaluer la performance sécurité globale des installations, incluant la sécurité relative aux procédés (risques majeurs).

Or, les liens entre sécurité au poste de travail et sécurité des procédés se doivent d'être étudiés avec beaucoup de précautions (HSL, 2007). De plus, l'accident de BP Texas City en 2005 analysé par le Baker Panel (2007) a pointé comme cause de l'aveuglement des décideurs face à une situation de sécurité dégradée leur focalisation sur des indicateurs sécurité au poste de travail et l'absence de réflexion dédiée aux ISP.

Le Chemical Safety Board (CSB) a, confirmé dans une série d'entretiens menés en 2012, le caractère trompeur de telles pratiques. A ce titre, les commentaires du représentant des syndicats des salariés des transports ferroviaires et maritimes (Molloy, 2012) s'agissant de l'usage pratique d'un indicateur de risques au poste de travail très répandu (LTI<sup>1</sup> : Lost Time Injury) sont édifiants<sup>2</sup> : « Ces chiffres sont ridiculisés et rejetés par la majeure partie des salariés de l'Offshore du fait de leur caractère facilement manipulable...les travailleurs à temps partiels et sous traitants sont souvent exclus de cette comptabilité, les opérateurs sont réticents à déclarer les incidents par peur de sanctions disciplinaires, les modalités d'attribution de primes et bonus dissuadent la remontée de ces types d'information et il existe une appréhension quant aux conséquences sur les carrières individuelles suite à l'implication dans un incident ou accident. En résumé, nous recommandons de ne pas utiliser le LTI comme outil d'évaluation de performance sécurité ».

### Modèles de sécurité

Toute démarche de management de la sécurité repose sur des modèles décrivant les facteurs et les interactions considérés quand il s'agit de décrire les séquences accidentelles possibles. Dans le cadre de la sécurité des procédés, de nombreux guides professionnels (CCPS, 2007), (API, 2010), (OGP, 2011) s'accordent pour identifier deux modèles fondateurs de la gestion de la sécurité, et conséquemment, du mode d'identification et de sélection des ISP.

Le premier de ces modèles est celui proposé par Reason (1990) et plus connu sous le nom de *Swiss Cheese Model* (Figure 1). L'image des trous d'un gruyère est utilisée pour décrire les défaillances possibles des différentes couches de protection mises en place pour empêcher la séquence accidentelle de se déployer jusqu'à impacter les enjeux vulnérables. Ainsi, les couches peuvent être techniques (Mesures techniques de maîtrise des risques), humaines (formation du personnel, respect des procédures...) ou organisationnelles (pertinence des procédures, réalisation de la maintenance, équilibre entre sécurité et contraintes de productivité...). Un accident est donc vu ici comme une séquence d'événements non interrompue du fait de la concomitance de multiples défaillances à différents niveaux.

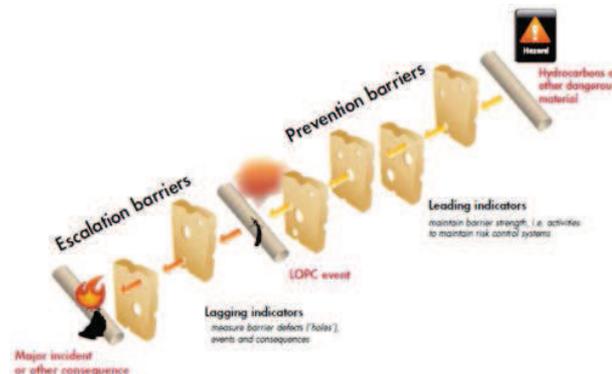


Figure 1 Le Swiss Cheese Model (Reason, 1990).

Ce modèle est aussi régulièrement utilisé pour distinguer deux types d'indicateurs dits *leading* (proactifs)<sup>3</sup> et *lagging* (réactifs). Les premiers s'intéressent à évaluer la mise en place des efforts et ressources dédiées à la maintenance des différentes couches décrites plus en avant. Quant aux indicateurs dits *Lagging*, ils s'intéressent à évaluer les performances finales de ces

<sup>1</sup> LTI : Loss Time Injury est un indicateur de risques au poste de travail basé sur l'évaluation des durées d'incapacité de travail résultant d'accidents associés à l'activité professionnelle du salarié.

<sup>2</sup> "This figure is ridiculed and dismissed by most of the offshore workforce because of the way it is easily manipulated and distorted. Light duties offshore or onshore avoid a report; if the worker is a service hand or agency hand they often aren't included in the figures; workers regularly don't report for fear of disciplinary action against them or their colleagues, bonus schemes and incentives deter the reporting of incidents and injuries; and there is a fear that being involved in or reporting an incident could affect your career development. In short we would argue that LTI's are not an indicator which should be used as evidence of improvement or otherwise."

<sup>3</sup> Nous adopterons pour la suite les termes proactifs et réactifs pour désigner respectivement les indicateurs de type leading et lagging.

couches. En d'autres termes, les indicateurs proactifs s'intéressent à anticiper les occurrences d'accidents alors que les indicateurs réactifs renvoient une image des performances passées (OGP, 2011).

Cette distinction théorique est néanmoins assez contestée dans la littérature car un indicateur de résultat peut toujours être utilisé à des fins d'anticipation dans un second temps. De plus, il semble assez artificiel d'enfermer un indicateur dans un rôle exclusif d'anticipation ou de réaction dans la mesure où les modalités d'interprétation et contextes d'utilisation d'un tel indicateur influent sur ses capacités prédictives ou réactives. Le lecteur pourra trouver dans Hopkins (2007) et Hale (2007) des éléments de réflexion plus approfondis quant à ce sujet.

Le second modèle de référence largement utilisé dans l'industrie des procédés provient de l'univers des risques au poste du travail. Il s'agit du modèle d'Heinrich (1931) réactualisé plus tard par Bird et Germain (1996) qui se fonde sur la corrélation statistique entre d'une part des événements à conséquences importantes mais rares et d'autre part, des événements de moindre ampleur mais plus fréquents. Représentés par des pyramides (Figure 2), ces modèles décrivent une réduction systématique de la probabilité d'occurrence des événements avec l'augmentation de leurs conséquences potentielles.



Figure 2 Les pyramides d'événements accidentels d'Heinrich (Gauche) à Bird et Germain (Droite)

Dans le cadre de l'évaluation des performances sécurité des procédés, ces modèles impliquent que l'on peut se baser sur le nombre d'événements à conséquences mineures ? plus fréquents et donc plus facilement mesurables, pour déduire la fréquence d'événements majeurs. A titre d'exemple, un site A présentant un nombre plus importants d'événements mineurs qu'un site B serait plus susceptible d'être le cadre d'un événement majeur.

Si cette corrélation statistique a été étudiée dans le cadre des accidents au poste de travail, une telle démonstration n'existe pas pour les risques procédés. Néanmoins, c'est un modèle largement utilisé pour la définition des ISP. Ainsi, plus ces indicateurs se rapprochent de la base de la pyramide, plus leur capacité d'anticipation (indicateurs proactifs) est jugée importante pour présager du niveau de sécurité au niveau des procédés utilisés.

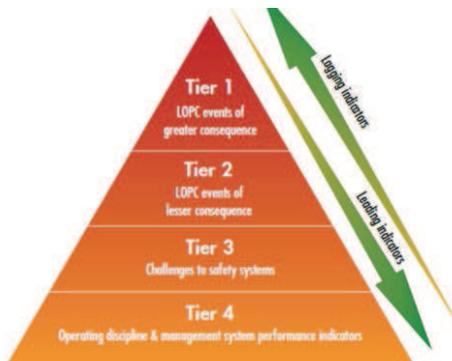
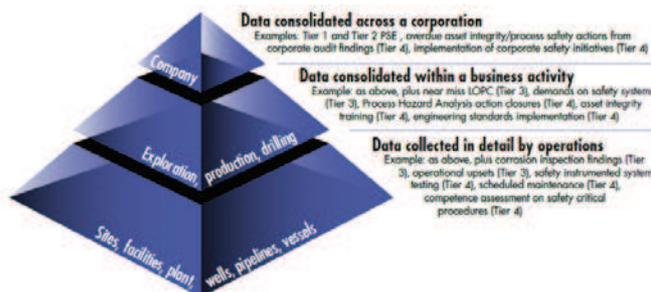


Figure 3 Indicateurs proactifs et réactifs classifiés sur la base de la pyramide de Bird (API, 2010).

### Une gouvernance des risques par les indicateurs de performance

Vus comme des outils d'aide à la décision, les ISP peuvent être utilisés à différents niveaux de l'organisation, depuis les opérateurs au management stratégique tel que décrit par l'OGP<sup>4</sup> (2011)



<sup>4</sup> international association of Oil and Gas Producers.

**Figure 4 Une gouvernance multi-échelle des indicateurs de sécurité au sein de l'industrie du Gaz et du Pétrole. (OGP, 2011).**

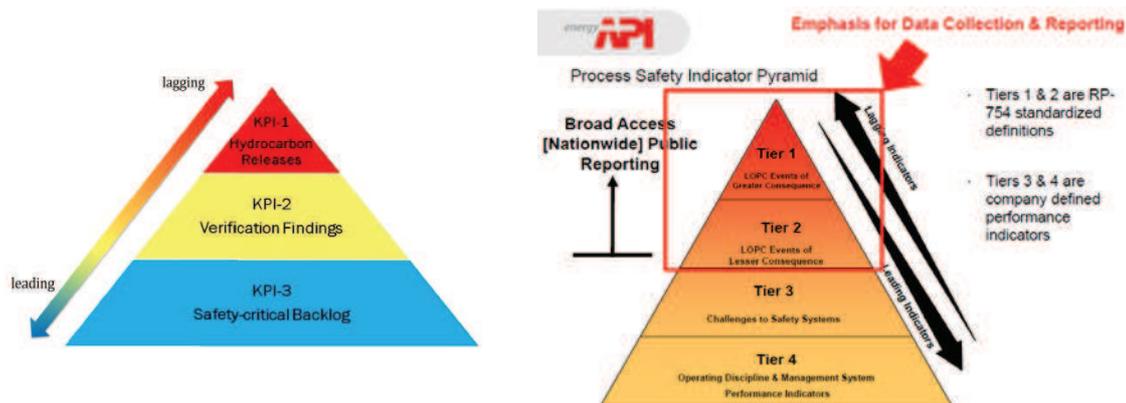
Ainsi, les ISP peuvent être déployés au niveau d'unités opérationnelles ou de sites industriels pour un suivi des performances en continu. La remontée de ces informations peut dans un second temps servir à des consolidations au niveau « *business unit* » ou de l'ensemble de l'entreprise. Enfin, les ISP peuvent offrir des opportunités de « Benchmark » au niveau de l'ensemble d'une industrie à travers un partage des expériences qui servira aussi bien l'ensemble des participants que les autorités de régulation.

Une telle approche pyramidale est susceptible d'appuyer une remontée d'information entre les différents échelons décisionnels ainsi qu'une meilleure fiabilité des représentations grâce à une base élargie et donc une fiabilité accrue des données considérées. Enfin, ces indicateurs peuvent aussi servir d'outils d'échange et de communication entre différents acteurs de la société (industriel(s), régulateur(s), public...), et offrir ainsi les rouages nécessaires à une gouvernance à plusieurs.

Pour illustrer cela, nous proposons les deux exemples d'initiatives suivants :

- L'OGP suggère depuis 2011 à ses membres d'organiser un reporting systématique de deux indicateurs standardisés qui sont les pertes de confinement de niveaux mineur et majeur (Tier 2 et Tier 1 respectivement) (voir Figure 5). Ainsi, et conformément à la pyramide de Bird, les deux niveaux les plus bas de la pyramide sont laissés à l'appréciation de chaque entreprise qui en définit les modalités. Les deux niveaux les plus élevés (Tier 1 et Tier 2) sont définis comme Lagging (de résultats) et donc plus faciles à standardiser et à partager pour développer une vision globale des performances de l'industrie s'agissant de la sécurité des procédés.
- Le HSE<sup>5</sup>, en tant qu'autorité de régulation de la sécurité des procédés au Royaume Uni, a lancé un programme d'amélioration des performances de sécurité de des procédés au sein de l'industrie Offshore en définissant trois indicateurs standardisés auxquels 21 entreprises représentant 80% de l'industrie offshore au Royaume Uni participent (Lauder, 2012). Les ISP en questions sont :
  - KPI<sup>6</sup> (1) : Quantités d'hydrocarbures rejetées accidentellement.
  - KPI (2) : Résultats des vérifications et évaluation de l'organisme d'audit indépendant (ICP<sup>7</sup>).
  - KPI (3) : Les retards constatés en termes d'activités de maintenance planifiées.

Nous retrouvons là aussi le modèle pyramidal de Bird pour structurer le recueil des indicateurs selon qu'ils soient proactifs (base de la pyramide) ou réactifs (sommet).



**Figure 5 Systèmes de reporting d'indicateurs mis en place par le HSE (sur la Gauche) et l'OGP (sur la droite).**

L'utilisation des ISP pour organiser les interactions entre acteurs de la société dans le cadre de la gouvernance des risques fait ressortir les aspects suivants :

- Il semblerait que la standardisation des indicateurs soit plus facilement réalisable pour les indicateurs réactifs que pour les proactifs. Ces derniers, comme dans l'API, sont laissés à l'appréciation de chaque industriel car jugés trop dépendants des propriétés des systèmes et des pratiques individuelles mises en place. Cela n'a pas empêché le HSE d'inclure au moins un indicateur proactif dans ses demandes de remontée d'information par les industriels.
- Les modèles d'Heirich et Bird discutés plus en avant se retrouvent ici fortement présents pour organiser la sélection et le recueil des ISP. Cela confirme bien notre constatation antérieure de la primauté de ces modèles dans la sécurité des procédés.
- L'utilisation des ISP à des fins de gouvernance collective peut aussi bien trouver ses origines dans une démarche volontaire initiée par les industriels (tel qu'initié par l'OGP) que par une approche plus réglementaire initiée par les autorités nationales (approche HSE). Cela démontre bien le caractère profitable et pertinent des ISP pour les différents acteurs que sont les industriels et les autorités de régulation.

Cette courte description d'un certain nombre de modalités théoriques et pratiques encadrant la définition et l'utilisation des ISP est très certainement partielle. Néanmoins, elle permet de fait ressortir les trois aspects suivants :

<sup>5</sup> Health and Safety Executive

<sup>6</sup> Key Performance Indicator

<sup>7</sup> ICP : « *Independent Competent Person* » désigne dans la réglementation du Royaume Uni le ou les auditeurs indépendants mandatés pour fournir un regard externe obligatoire sur les pratiques sécurité de l'Entreprise.

- Les travaux sur les risques au poste de travail ont très fortement influencé les réflexions sur les ISP. En effet, que ce soit à travers un usage direct d'indicateurs de risques au poste de travail (Cas de BP) ou en transposant les modèles fondateurs (pyramide de Bird), les modalités de définition et d'utilisation des ISP semblent être fortement ancrés dans les réflexions sur la mesure de performance au niveau des postes de travail. Or, une telle analogie est critiquée par le retour d'expérience dont certains éléments ont été présentés plus en avant. D'un point de vue théorique, nous ne trouvons aucune trace d'une étude approfondie permettant d'évaluer à quel point les hypothèses élaborées s'agissant de la sécurité au poste de travail peuvent être transposable à la sécurité des procédés.
- La distinction entre *proactif* et *réactif* demeure un point important appelant des réponses. En effet, un décideur intéressé par des ISP se doit de savoir en quelle mesure il est capable de s'en inspirer pour apprécier les performances passées de son système ou anticiper des évolutions nécessitant une action immédiate.
- Enfin, l'application des ISP connaît un élargissement pour passer d'outils internes à l'entreprise à des outils de gouvernance collective permettant un meilleur partage des expériences entre industriels et une meilleure visibilité des performances sécurité d'une branche industrielle et ce, aussi bien pour les autorités de régulation que le public.

Sur la base de cette description des ISP et de leurs applications, nous proposons dans ce qui suit de focaliser notre attention sur les trois autres domaines sur lesquels nous baserons notre « Benchmark », à savoir, le nucléaire, le transport par route et par voies ferrées.

### Indicateurs sécurité dans les centrales nucléaires.

L'industrie nucléaire est probablement une des plus matures s'agissant des modalités de développement et d'usage des indicateurs sécurité. Ainsi, 99% des opérateurs nucléaires au niveau mondial utilisent l'ensemble des indicateurs suggérés par le WANO<sup>8</sup> (WANO, 2012). Une telle maturité trouve une première explication dans la forte gouvernance des risques exercée au niveau mondial par l'AIEA<sup>9</sup> et le WANO ; tous deux particulièrement actifs dans le domaine des indicateurs sécurité.

Cette gouvernance *Top-down* des indicateurs se reflète dans les éléments suivants :

- WANO (2012) a défini les aspects clé de sécurité méritant un reporting systématique et un partage de ces informations au niveau de l'ensemble des opérateurs nucléaires adhérents. Ces aspects sont les suivants : Nombre d'arrêts non programmés par réacteur toutes les 7000h, Taux de fréquence des accidents de travail, exposition du personnel aux radiations, disponibilité du parc, performances des procédés chimiques en jeu, performance des barrières sécurité, sécurisation du combustible, taux d'accidents chez les sous traitants.
- Au lieu de suggérer des indicateurs, l'AIEA s'est orienté vers une approche plus méthodologique en s'attaquant à l'encadrement des modalités de définition des indicateurs de sécurité par site. Ainsi, plutôt que de suggérer des indicateurs comme le WANO, l'AIEA s'est intéressée à proposer une démarche d'élaboration d'indicateurs. Cette approche est basée sur la définition d'aspects clés (cornerstones) dont le suivi des performances est jugé vital. Ces aspects sont ensuite détaillés de manière incrémentale jusqu'à définir des indicateurs opérationnels. Il en résulte une structure pyramidale (Figure 7) qui n'est néanmoins en aucun cas liée aux approches de Heinrich et Bird détaillée précédemment. Dans le cadre de cette approche, le lecteur y trouvera inclus l'ensemble des indicateurs de performances définis par le WANO. Il n'y a donc pas de contradictions à ce niveau mais plutôt un élargissement des thématiques à évaluer. L'AIEA définit *trois attributs* (sommet de la pyramide en Figure 6) jugés nécessaires pour évaluer la performance d'un site nucléaire :
  - *Plant operates smoothly* : La capacité du site à fonctionner en minimisant tout écart par rapport aux bonnes pratiques, procédures et limites de bon fonctionnement définies.
  - *Plant operates with low risk* : La capacité du site à répondre correctement en cas de situation à risque ou de mesure d'urgence.
  - *Plant operates with a positive safety attitude* : La capacité du personnel à mettre en place une attitude adaptée face aux contraintes sécurité.

Ces attributs sont ensuite détaillés jusqu'à aboutir à des indicateurs, généraux, puis stratégiques et enfin opérationnels. Ainsi, en plus de proposer des indicateurs, cette approche structure la manière dont ceux-ci se doivent d'être agrégés en fonction des niveaux hiérarchiques au sein de l'opérateur nucléaire (Figure 7).

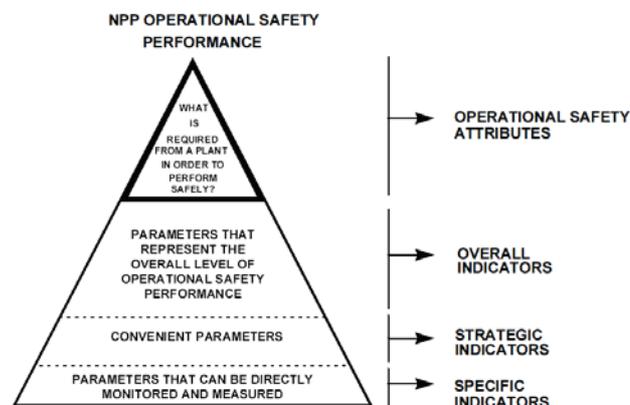


Figure 6 Structure pyramidale des indicateurs sécurité tels que définies par l'AIEA.

<sup>8</sup> WANO : World Association of Nuclear Operators.

<sup>9</sup> Agence Internationale de l'Energie Atomique.

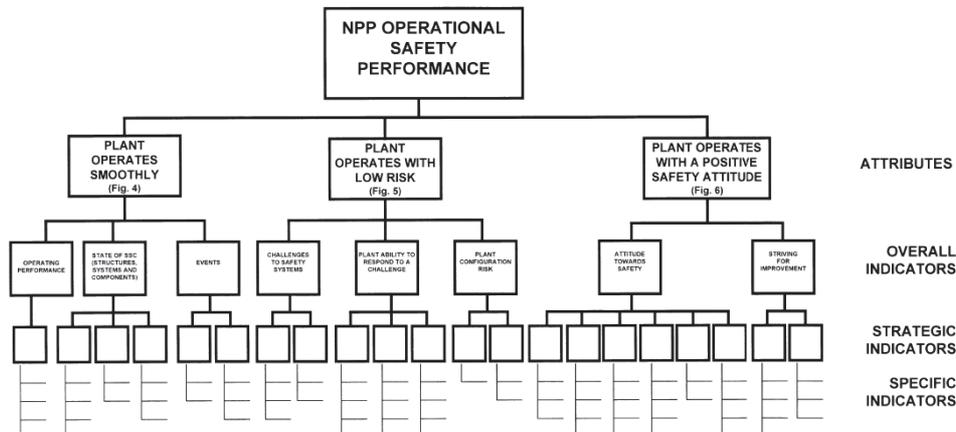


Figure 7 Structure détaillée de l'approche AIEA pour l'identification des indicateurs sécurité à destination des opérateurs nucléaires.

Il ne nous semble pas nécessaire pour les besoins de ce cette communication d'aller plus en détail dans la description des indicateurs auxquels cette réflexion a abouti. Nous nous sommes par conséquent plus intéressés aux aspects suivants :

- Le nucléaire se caractérise par une forte centralisation de la réflexion sur les indicateurs. Cela est du, comme discuté auparavant, à la gouvernance internationale qui y est exercée. Il est aussi important de rappeler qu'une telle centralisation tire aussi profit de la forte homogénéité des systèmes industriels considérés permettant ainsi une plus grande standardisation des objets et outils de mesure.
- La construction des indicateurs dans le domaine nucléaire semble s'être émancipée de l'influence des approches relatives aux risques au poste du travail contrairement aux ISP. Cela se démontre d'une part par le type d'indicateurs proposés par le WANO et, d'autre part, par l'approche choisie par l'AIEA pour la construction des systèmes d'indicateurs.
- Enfin, il y a peu ou pas de référence au concept de proactif/réactif dans la définition des indicateurs. La question de la pertinence des indicateurs dans le domaine nucléaire ne semble pas liée à une quelconque échelle temporelle (avant ou après l'occurrence de l'accident) mais plutôt associée à sa pertinence au regard d'aspects (tels que définis par le WANO) ou d'attributs (tels que définis par l'AIEA) jugés importants pour la sécurité.

### Indicateurs de sécurité routière

Le risque routier demeure probablement l'un des risques individuels les plus élevés auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui. 1,2 millions de personnes meurent chaque année des suites d'accidents routiers dans le monde (Wilmots et al, 2010). Le cout de ces accidents est estimé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2004) à 1 à 2% du PNB mondial.

De ce fait, la sécurité routière est un thème public sensible et les politiques mises en place sont régulièrement commentées lors des publications annuelles des performances.

#### Modèles de sécurité

Au niveau Européen, l'évaluation de la performance sécurité dans le domaine routier fait l'objet d'un cadre formel distinguant trois types d'indicateurs :

- *Les indicateurs de résultats (Outcome indicators).*  
Ce premier type d'indicateurs s'intéresse à évaluer les résultats des politiques de sécurité mises en place en termes de dommages humains (décès, blessures) et coûts à la société. Néanmoins, et comme le rappelle le Comité Européen à la Sécurité des Transports (ETSC, 2001), ces indicateurs ne peuvent être considérés comme des indicateurs de sécurité pour différentes raisons : Ils peuvent faire l'objet de variations aléatoires, leur fiabilité peut être questionnée car la remontée d'information peut être défaillante et enfin, ces indicateurs ne peuvent refléter les situations dangereuses existantes mais n'ayant pas entraîné d'accidents.
- *Les indicateurs de sécurité (Safety performance indicators).*  
Cette seconde catégorie d'indicateurs s'intéresse aux facteurs influant sur la sécurité (ETSC, 2001). Ce sont donc des métriques reflétant la manière dont les facteurs susceptibles d'impacter, positivement ou négativement, l'occurrence d'accidents sur la route sont affectés par les politiques publiques mises en place.
- *Les indicateurs relatifs aux politiques (Policy indicators)*  
Enfin, ce dernier type d'indicateurs évalue la manière dont les politiques publiques sont expliquées et appliquées pour agir sur les facteurs d'influence discutés plus en amont.

Les définitions données ci-dessus posent les fondations du modèle de sécurité utilisé dans le domaine routier. Adoptant là aussi une structure pyramidale, (Figure 8 ci-dessous), il se lit de bas en haut. Les politiques de sécurité routières mises en place

impactent les facteurs influant sur les performances sécurité. Il en résulte une modification de l'accidentologie routière qui s'exprime en premier lieu par un nombre de morts et de blessés puis par un cout global pour la société (sommet de la pyramide).



Figure 8 Modèle de sécurité dans le cadre du transport routier (Hakkert et al, 2007)

### Les indicateurs sécurité

De manière très similaire aux développements dans le domaine nucléaire, l'approche mise en place pour définir les indicateurs de sécurité est plutôt descendante (Top-down). Elle consiste à identifier les facteurs influant sur les performances sécurité et y associer des métriques adaptées.

L'ETSC (2001) suggère de considérer de manière systématique les facteurs suivants : Comportements humains, Performances des véhicules, infrastructures routières, organisation des services de secours. Ces facteurs sont ensuite décomposés pour identifier des indicateurs adaptés aux politiques locales (Figure 9).

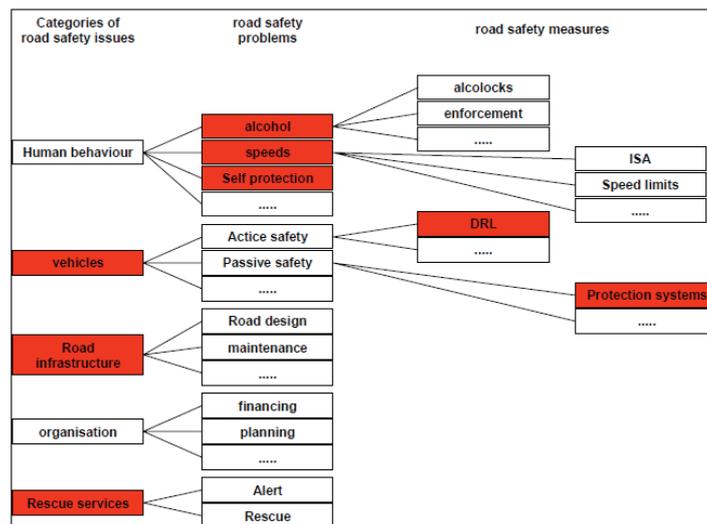


Figure 9 Décomposition des facteurs d'influence pour identifier des indicateurs

Sur la base de ces éléments, nous proposons de retenir dans le cadre du présent « benchmark » les conclusions suivantes :

- De fortes similitudes sont à noter avec le domaine nucléaire quant aux modalités de définition des indicateurs sécurité. En effet, en plus de l'approche descendante adoptée, nous notons aussi le modèle de sécurité utilisé ici est basé sur des facteurs d'influence de la même manière que l'AIEA s'est appuyée sur un certain nombre d'attributs à décomposer pour identifier les indicateurs sécurité à mettre en place.
- Là aussi, les concepts de proactif/réactif sont peu évoqués contrairement au domaine chimique même si une lecture de l'approche mise en place pourrait analyser la mesure des facteurs d'influence comme une tentative d'anticipation des possibles évolutions futures du système considéré. Il n'en demeure pas moins que ce n'est pas la place qu'occupe l'indicateur par rapport à une séquence accidentelle qui est ici retenue comme propriété distinctive d'un indicateur ; c'est plutôt sa capacité à mesurer l'évolution d'un facteur d'influence donné qui est considérée.

### Indicateurs dans le contexte du transport ferroviaire

La sécurité ferroviaire en général, et les modalités d'utilisation des indicateurs sécurité en particulier, font l'objet d'une réglementation stricte au niveau Européen. La directive 2009/49/EC a défini un ensemble d'indicateurs de sécurité communs (Common Safety Indicators CSI) devant être reportés par les opérateurs ferroviaires aux Etats membres puis à l'agence ferroviaire Européenne.

Les CSI sont définis comme des statistiques collectées au niveau Européen pour faciliter l'atteinte des objectifs de sécurité communs et décrire les développements des opérateurs quant à la sécurité. Les CSI ne peuvent prétendre au même niveau de détail que les indicateurs déployés chez les gestionnaires d'infrastructures ou les opérateurs ferroviaires qui répondent à leurs besoins spécifiques (ERA, 2013).

Sept catégories de CSI sont distinguées :

- *Catégorie 1 : Les indicateurs relatifs aux accidents* s'intéressent à la description détaillée des statistiques d'accidents et à certaines de leurs caractéristiques (niveau de conséquences, types de causes...)
- *Catégorie 2 : Les indicateurs relatifs au transport de matières dangereuses* décrivent les accidents impliquant des matières dangereuses et ayant amené à une perte de confinement.
- *Catégorie 3 : Les indicateurs relatifs aux suicides* s'intéressent à recenser les suicides ayant lieu sur les infrastructures ferroviaires et leur coût pour la société. Ils fournissent les éléments nécessaires à l'évaluation des coûts et bénéfices associés à une meilleure protection de ces infrastructures contre les intrusions.
- *Catégorie 4 : Les précurseurs d'accidents* sont les indicateurs décrivant l'occurrence d'événements qui auraient pu aboutir à un accident sans que ce soit le cas. Des rails endommagés ou des erreurs de signalements sont des exemples de ces précurseurs.
- *Catégorie 5 : Méthodologies communes pour le calcul des impacts économiques des accidents.* Les indicateurs à ce niveau fournissent les données d'entrée aux évaluations économiques de la sécurité afin d'appuyer les décideurs dans la définition des niveaux de risques acceptables. A titre d'exemple, le VPC (Value of Preventing a Causality) (ERA, 2013) permet d'évaluer le coût de préservation d'une vie humaine au regard des mesures de sécurité mises en place.
- *Catégorie 6 : Les indicateurs relatifs à la sécurité des infrastructures* évaluent les performances des barrières de sécurité installées sur les infrastructures ferroviaires : Protections dans les passages à niveau, protection automatique des trains...
- *Catégorie 7 : Les indicateurs relatifs au management de la sécurité* s'intéressent aux résultats des audits sécurité menés au sein des opérateurs ferroviaires et des gestionnaires d'infrastructures.

Les CSI dénotent, là aussi, d'une approche descendante basée sur l'identification d'un ensemble de facteurs considérés comme clés dans la sécurité. Cette approche ne vise néanmoins pas à empêcher les opérateurs ferroviaires et les gestionnaires d'infrastructures de mettre en place des indicateurs complémentaires propres à leurs organisations respectives.

En complément de cette structure, le domaine ferroviaire est porteur d'un certain nombre d'initiatives qu'il est intéressant de partager dans le cadre du présent benchmark. Au Royaume Uni, le RSSB (Railway Safety and Standards Board) a été créé en 2003 par l'ensemble des acteurs du transport ferroviaire pour permettre une amélioration collective des performances sécurité.

Le RSSB est un exemple type d'une démarche ascendante (Bottom-up) de gouvernance des risques, basée sur des collaborations et partages d'expérience volontaires entre acteurs. Trois réalisations nous semblent mériter une attention particulière s'agissant des indicateurs de sécurité:

- Le RSSB a édité en 2011 un guide relatif à l'utilisation d'indicateurs sécurité dans le domaine ferroviaire sachant le contexte réglementaire décrit plus en amont. Ainsi, la réflexion sur le caractère proactif/réactif soulevée tout le long de ce document a été abordée selon une approche nouvelle. En effet, proactivité et réactivité ne sont pas considérées comme des propriétés exclusives, des boîtes distinctes dans lesquelles un indicateur doit entièrement correspondre. Un continuum allant d'exclusivement proactif à exclusivement réactif est défini avec la possibilité pour les indicateurs, selon leur positionnement sur cette échelle, de refléter plus ou moins fortement chacune de ces deux propriétés, donnant ainsi lieu à la typologie d'indicateurs présentée en Figure 10 ci-dessous.

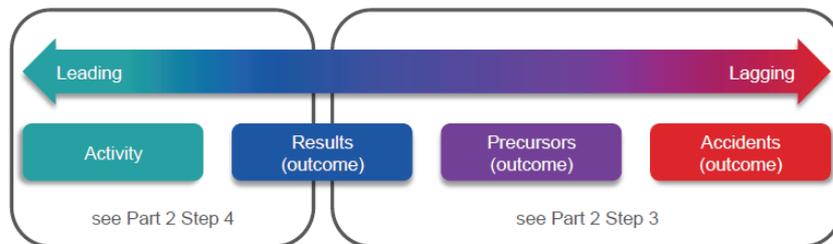


Figure 10 Typologie des indicateurs sécurité selon le RSSB (2011).

Cette typologie est basée sur une première distinction entre les indicateurs de résultats (outcomes) et d'activités. Dans résultats, on retrouve ainsi différents types d'indicateurs: indicateurs reflétant l'occurrence d'accidents, l'existence d'événements précurseurs de futurs accidents et enfin les résultats d'évaluation liées aux inspections et audits. Bien que reflétant un type ou un autre de résultats, ces indicateurs sont aussi reconnus comme offrant des capacités complémentaires d'anticipation qu'il est utile de reconnaître. Ainsi, les catégories 1, 2, 3, 5 et 7 font référence à des indicateurs d'accidents, la catégorie 4 est relative au concept de précurseurs alors que la catégorie 6 s'intéresse aux activités liées à la maîtrise des risques.

- Pour renforcer la représentativité des données et ainsi fiabiliser les informations remontées par l'intermédiaire des indicateurs, le RSSB a mis en place un système d'information pour le management de la sécurité (SAMIS<sup>10</sup>). Celui-ci regroupe l'ensemble des incidents sur le système ferroviaire du Royaume Uni, tous opérateur et gestionnaires confondus afin de permettre l'identification de tendances et l'appui à la prise de décision s'agissant de la sécurité.
- Enfin, le système CIRAS<sup>11</sup> permet à tout employé de l'industrie ferroviaire de déclarer des événements relatifs à la sécurité, en tout anonymat, s'il n'en a pas la possibilité dans son organisation. Une telle approche permet de limiter le manque de déclarations d'événements par peur de sanctions au sein des organisations.

<sup>10</sup> SAMIS : SAFety Management Information System.

<sup>11</sup> Confidential Incident Reporting and Analysis System

Au regard des objectifs du présent papier, l'industrie ferroviaire nous apporte les éléments de réflexion suivants :

- La question du proactif/réactif est ici abordée sous un angle nouveau. L'appartenance à l'une ou l'autre de ces catégories n'est pas présentée selon un angle dichotomique (oui/non) mais plutôt par une approche de logique floue où un indicateur peut appartenir aussi bien à l'une et à l'autre de ces deux catégories.
- L'une des limites et critiques émises à l'encontre des indicateurs est le manque de fiabilité des informations remontées, notamment du fait de leur manque de représentativité statistique ou des manipulations qui en sont faites. La mutualisation de la remontée d'information combinée avec la possibilité d'anonymat offrent des solutions pertinentes à ces critiques. Un tel système de remontée d'information ne vise bien évidemment pas à remplacer les systèmes comparables au sein des organisations ; il nous semble qu'il faut plutôt le voir comme un complément permettant de mettre en perspective ou de consolider ce que les organisations observent en interne.
- Les approches étudiées au sein du domaine ferroviaire constituent un mix d'approches ascendantes et descendantes de gouvernance des risques. Ainsi, si une réglementation européenne définit le type d'indicateurs communs à mettre en place, cela n'empêche pas les opérateurs et gestionnaires d'aller plus loin et de mutualiser leurs efforts de manière volontaire et profitable à tous.

## **Discussion et perspectives**

Les différents domaines analysés ci-dessus à la lumière des pratiques d'identification et d'utilisation d'indicateurs à des fins de management de la sécurité nous amènent à formuler les propositions suivantes quant aux ISP :

- *Une classification plus soft des concepts d'indicateurs proactifs et réactifs*  
Le caractère toujours ambigu et potentiellement conflictuel des concepts de proactivité et de réactivité dans les ISP (Hopkins, 2009) (Hale, 2009) peut trouver une réponse satisfaisante grâce à une vision inspirée de la logique floue. Ainsi, un ISP ne se doit pas d'être exclusivement l'un ou l'autre ; mais il peut être aussi bien l'un et l'autre à différents degrés et selon le contexte d'utilisation. Ainsi, nous suggérons de ne pas définir les capacités d'anticipation d'un indicateur uniquement sur la base de sa formule, mais de considérer aussi le contexte d'utilisation et le processus de décision dans lequel il s'insère.  
A titre d'exemple, les indicateurs d'incidents ou presque-accidents peuvent être aussi bien proactifs que réactifs. Proactifs car ils nous alertent sur la possibilité d'occurrence d'accidents majeurs qui n'ont pas encore eu lieu ; réactifs car ils reflètent néanmoins les conséquences de comportements passés du système.  
Cette vision moins rigide pourrait être bénéficiaire à deux niveaux. Premièrement, cela permettrait aux décideurs de tirer parti de l'ensemble du potentiel de connaissances qu'un indicateur peut fournir et de l'exploiter en conséquence à différents moments du processus de décision ou pour différents processus de décision. Dans un second temps, cela permettrait de déplacer le débat bien trop longtemps centré sur ces questions vers d'autres aspects au moins aussi importants telle que la fiabilité des informations utilisées dans les indicateurs, leur acceptabilité par les parties prenantes ou encore l'évaluation de leurs coûts/bénéfices.
- *Une gouvernance multi étages à base d'indicateurs*  
Les différentes expériences détaillées ci-dessus ont démontré les apports pour la sécurité résultant de la mise en place de structures de gouvernance favorisant le partage des connaissances et des bonnes pratiques. Ces structures de gouvernances peuvent néanmoins varier d'un contexte à un autre. Elles peuvent être ascendantes, descendantes ou une combinaison des deux.  
De manière générale, nous notons que les approches descendantes (Top-down) servent essentiellement à des finalités de benchmark, d'identification de tendances majeures et de communication aux parties prenantes. Néanmoins, ce type de gouvernance implique un niveau important de standardisation dans la définition et l'usage des indicateurs la rendant difficilement applicable dans des univers caractérisés par des systèmes et des organisations très différentes comme c'est le cas dans l'industrie chimique. Une utilisation au niveau d'une branche industrielle homogène peut toutefois être envisagée pour améliorer la transparence et la démonstration des performances de sécurité auprès des acteurs de la société tout en incitant à la mise en place de reporting systématique au niveau des entreprises ou des sites industriels.  
L'approche ascendante semble plus adaptée au partage des pratiques, à l'appui pour la prise de décision et à la mutualisation de l'information. Les expériences que nous en avons relatées démontrent aussi un certain succès dans la création d'un climat de confiance et d'émulation positive au sein des opérateurs industriels.  
Enfin, l'introduction d'organismes indépendants comme le RSSB offrent des perspectives nouvelles pour une utilisation des indicateurs de sécurité qui se libère de certaines de ses limites que sont le manque de représentativité des données et leur manipulation.
- *Repenser la place des modèles issues de la sécurité au poste de travail*  
La sécurité des procédés, est comparativement aux autres univers industriels explorés ci-dessus, fortement influencée par la sécurité au poste de travail. Cette influence s'exprime aussi bien dans les modèles de sécurité utilisés que par les indicateurs même adoptés pour évaluer les performances des sites industriels.  
Or, le benchmark détaillé ci-dessus démontre la distance maintenue dans les autres univers industriels entre ces deux visions de la sécurité qui sont certes complémentaires mais ne peuvent être confondues. Ainsi, dans le nucléaire, le risque au poste de travail n'est qu'une dimension de la sécurité parmi d'autres chez WANO (exposition collective des salariés aux radiations) alors qu'elle n'est pas considérée dans les réflexions présentées de l'AIEA sur les risques majeurs.  
De plus, les différents univers que nous avons explorés s'appuient sur des modèles de sécurité autres que la pyramide de Bird. L'approche basée sur les facteurs d'influence ou le modèle de Reason peuvent apporter des alternatives plus adaptées aux spécificités des risques majeurs.  
Cette distance théorique entre modèles dédiés aux risques au poste de travail d'une part et aux risques majeurs d'autre part est confirmée par de nombreux rapports d'accidents (Baker Panel, 2007) (HSE, 2010).

## Conclusions

La présente communication vise à proposer à la communauté des gestionnaires de risques majeurs dans l'industrie des procédés une analyse comparative des usages et pratiques relatives aux indicateurs sécurité dans des univers variés. Un tel benchmark vise à identifier les bonnes pratiques déjà éprouvées et susceptibles d'apporter une valeur ajoutée dans le domaine des procédés.

La première remarque que nous pouvons dresser ici est l'importance des pratiques collectives, définies de manière ascendante ou descendante, pour orienter les choix de monitoring au niveau des organisations. Dans chacun des quatre univers étudiés, l'influence du régulateur ou des associations professionnelles est présente et semble contribuer à l'amélioration des performances sécurité tant que le niveau de standardisation n'est pas trop contraignant.

Ces approches collectives sont aussi porteuses d'amélioration dans la mesure où les mutualisations qu'elles mettent en place permettent de dépasser les limites relatives à la faible représentativité des données et aux risques de leur manipulation. Le système CIRAS est à ce titre édifiant.

La seconde remarque est le besoin pour l'industrie des procédés de se défaire de l'influence importante exercée par les modèles et indicateurs relatifs aux risques au poste de travail sur les pratiques de monitoring des risques majeurs. Ces pratiques ont prouvé leur caractère dangereux et nous avons démontré que d'autres approches peuvent être envisagées.

Les pratiques discutées ici ne doivent pas être dupliquées sans prendre en compte les spécificités de l'industrie des procédés chimiques. Néanmoins, le benchmark a depuis toujours été un outil précieux pour les gestionnaires intéressés par l'amélioration continue. Cet outil peut aussi servir dans le cadre de la gestion de la sécurité des procédés.

## Références

API. ANSI/API recommended practices 754: Process safety for the refining and the Petro chemical industries. First edition, 2010. Available for reading at <http://publications.api.org/>

Baker Panel. The report of the BP US refineries independent safety review panel, 2007. Disponible au téléchargement : [http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/SP/STAGING/local\\_assets/assets/pdfs/Baker\\_panel\\_report.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/SP/STAGING/local_assets/assets/pdfs/Baker_panel_report.pdf)

Bird, F.E., Germain, L.G. Practical loss control leadership. Revisited edition, International loss control edition, 1996.

CCPS. Guidelines for process safety metrics, American institute of chemical engineers, Wiley edition, USA, 2009.

CCPS. Process safety leading and lagging metrics. American institute of chemical engineers, 2011. Disponible au téléchargement : [http://www.aiche.org/sites/default/files/docs/pages/CCPS\\_ProcessSafety\\_Lagging\\_2011\\_2-24.pdf](http://www.aiche.org/sites/default/files/docs/pages/CCPS_ProcessSafety_Lagging_2011_2-24.pdf)

CIRAS. Representatives' handbook. A best practice guide for responding to a CIRAS report, 2013. Disponible au téléchargement : [http://www.ciras.org.uk/media/132231/reps\\_handbook\\_final\\_2013.pdf](http://www.ciras.org.uk/media/132231/reps_handbook_final_2013.pdf)

CSB. BP Texas city final investigation report, 2007. Disponible au téléchargement : <http://www.csb.gov/assets/1/19/csbfinalreportbp.pdf>

ERA. Implementation guidance for Common Safety Indicators (CSIs), Annex 1 of directive 2004/49/EC as amended by 2009/149/EC, 2013. Disponible au téléchargement : <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/ERA%20Guidance%20for%20Use%20of%20CSIs%20V2%201%202012-06-06.pdf>

ETSC. Transport safety performance indicators, 2001. Disponible au téléchargement : <http://www.etsc.eu/oldsite/perfindic.pdf>

Hakkert, A.S., Gitekman, V., Vis, M.A. Road safety performance indicators: Theory. Deliverable D 3.6 of the EU FP6 project Safety Net, 2007. Disponible au téléchargement : [http://erso.swov.nl/safetynet/fixe/WP3/sn\\_wp3\\_d3p6\\_spi\\_theory.pdf](http://erso.swov.nl/safetynet/fixe/WP3/sn_wp3_d3p6_spi_theory.pdf)

Hale, A. Special issue on process safety indicator. Safety science 47, 459, 2009.

Heinrich, H.W. Industrial accident prevention: A scientific approach. MacGraw-Hill Book company, 1941.

Hopikins, A. Thinking about process safety indicators, Safety science 47, 460-465, 2009.

HSE. Step by step guide to developing process safety performance indicators, 2006. Disponible au téléchargement : <http://books.hse.gov.uk/hse/public/saleproduct.jsf?catalogueCode=9780717661800>

HSE. Reports and recommendations arising from the competent authority's response to the Buncefield incident, 2010. Disponible au téléchargement : <http://www.hse.gov.uk/comah/buncefield/response.htm>

HSL. Major hazard industry performance indicators. scoping study. Report HSL/2007/31, 2007. Available for download at: [http://www.hse.gov.uk/research/hsl\\_pdf/2007/hsl0731.pdf](http://www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2007/hsl0731.pdf)

IAEA. Operational safety performance indicators for nuclear power plant. TECDOC-1141, 2000. Disponible au téléchargement : [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1141\\_prn.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1141_prn.pdf)

Lauder, B. Major hazard (Asset integrity) key performance indicators in use in the UK offshore Oil and Gas industry. Papier présenté aux consultations publiques organisées par le CSB sur les indicateurs de sécurité, 2012. Disponible au téléchargement : <http://www.csb.gov/UserFiles/file/Lauder%20%28OGUK%29%20-%20Paper%20-%20printed.pdf>

Molloy, J. Safety performance indicators, the workforce perspective. Papier présenté aux consultations publiques organisées par le CSB sur les indicateurs de sécurité, 2012. Disponible au téléchargement : <http://www.csb.gov/UserFiles/file/Molloy%20%28RMT%29%20Testimony.pdf>

OECD. Guidance on performance safety indicators related to chemical accident prevention, preparedness and response for industry (2<sup>nd</sup> edition), Paris, France, 2008. Disponible au téléchargement <http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/41269710.pdf>

OGP. Process safety. Recommended practices on key performance indicators. Rapport N°456, 2011. Disponible au téléchargement : <http://www.ogp.org.uk/pubs/456.pdf>

Reason, J. Human error, Cambridge University Press, 1990.

RSSB. Measuring safety performance. How to develop and manage safety performance indicators for Britain's railway, 2011. Disponible au téléchargement [http://www.rssb.co.uk/sitecollectiondocuments/pdf/reports/research/T852\\_guide\\_final.pdf](http://www.rssb.co.uk/sitecollectiondocuments/pdf/reports/research/T852_guide_final.pdf)

WANO. Performance indicators, 2012. Disponible au téléchargement [http://www.wano.info/wp-content/uploads/2013/04/2012WANO-PI-eng\\_web-SP.pdf](http://www.wano.info/wp-content/uploads/2013/04/2012WANO-PI-eng_web-SP.pdf)

OMS. World report on road traffic injury prevention, 2004. Disponible au téléchargement <http://whqlibdoc.who.int/publications/2004/9241562609.pdf>

Wilmotts, B., Hermans, E., Brijs, T., Wets, G. Setting up an indicator system for monitoring road safety using the road safety target hierarchy. Proceedings of the 15<sup>th</sup> international conference on road safety on four continents, Goteborg, Sweden, 356-368, 2010.

## **Glossaire**

AIEA : Agence Internationale pour l'Energie Atomique.

API : American Petroleum Institute.

CCPS: Center for Chemical Process Safety.

CSB : Chemical Safety Board.

ERA : European Railway Agency.

ETSC : European Transport Safety Council.

HSE : Health and Safety Executive.

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques.

OGP: International Association of Oil and Gas Producers.

RSSB : Rail Safety and Standards Board.

WANO : World Association of Nuclear Operators.