

**LES FOCUS**  
**TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR**



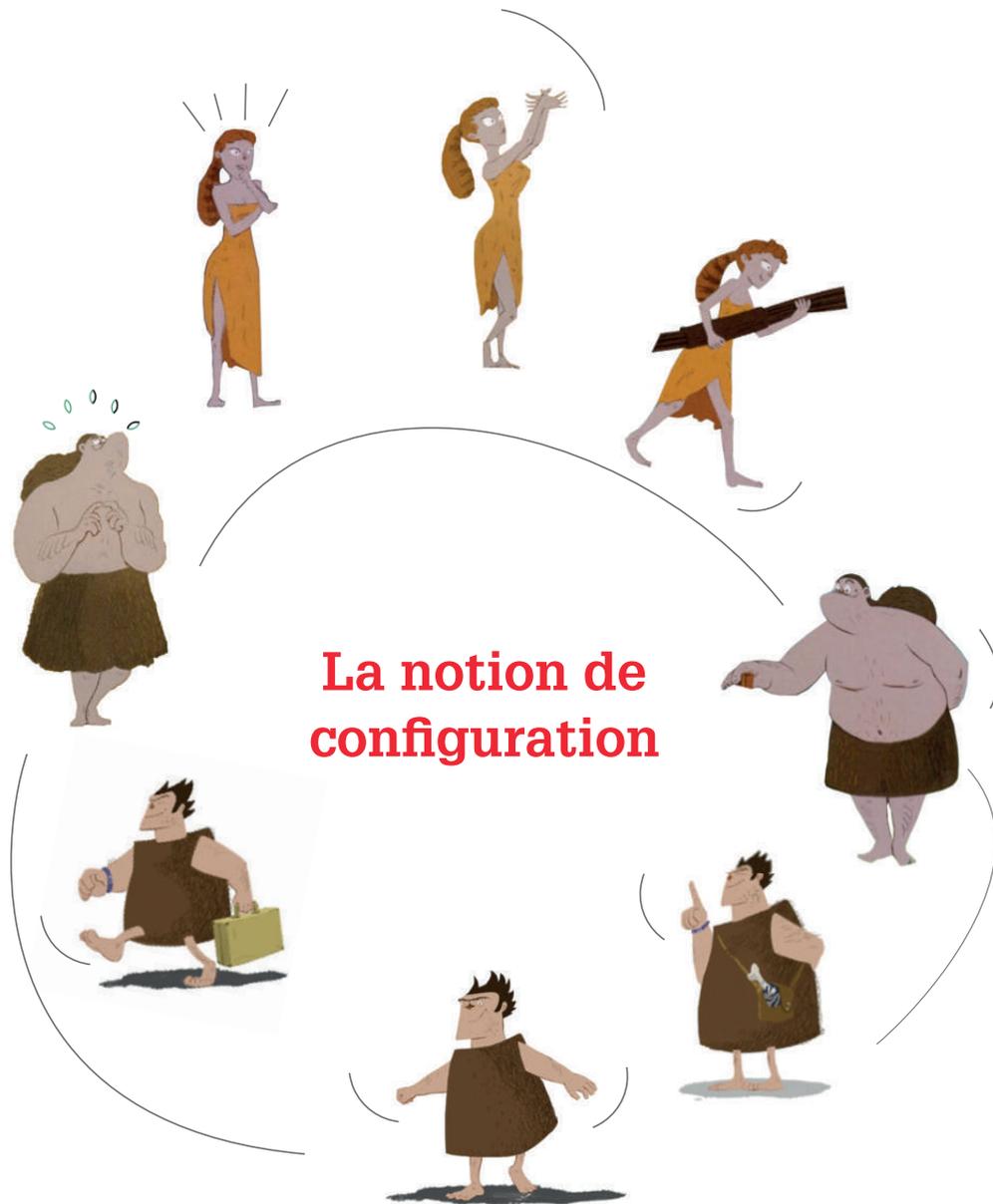
LA NOTION DE CONFIGURATION  
DANS DES APPROCHES  
SYSTÉMIQUES POUR  
APPRÉHENDER LA COMPLEXITÉ

---

Jun / 2018



Ouvrage collectif coordonné et mis en forme par  
**Jean-François VAUTIER**



Dans des approches systémiques pour appréhender la complexité



« Merci à l'IMdR pour cette diffusion de la pensée systémique ! »

**François DUBOIS**, Président de l'AFSCET  
(Association Française de Science des Systèmes)

L'Homo Riscus est une famille de personnages créés par l'IMdR pour illustrer différents aspects de l'attitude face aux risques.  
Tous droits réservés à l'IMdR.

# SOMMAIRE

- **ÉDITO** par Philippe LE POAC (IMdR) P 4
- **NOTION DE CONFIGURATION : DÉFINITIONS ET MISES EN PERSPECTIVE** P 5  
par Jean-François VAUTIER (CEA)
- **PROBLÉMATIQUE DE GESTION DES CONFIGURATIONS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES** P 13  
par Richard LAUNAY (CEA), Benjamin BATIOT et Thomas ROGAUME (Université de Poitiers)
- **ANALYSE D'ÉVÉNEMENTS DANS L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE : LA RECHERCHE DE CONFIGURATIONS ÉMERGENTES COMME ALTERNATIVE À L'UTILISATION DE RELATIONS CAUSALES DÉTERMINISTES** P 20  
par Jean-Marie ROUSSEAU, Agnès MONTMEAT, Carine HEBRAUD, Ben Mekki AYADI (IRSN)
- **CONSTRUCTION DE CONFIGURATIONS ACCIDENTOGÈNES ET LEURS VARIATIONS POUR UNE RECHERCHE D'INFORMATIONS DANS DE GROS CORPUS TEXTUELS** P 27  
par Eric HERMANN et Michel MAZEAU (SAS Safety-Data CFH)
- **CONFIGURATIONS-TYPE DANS L'INCIDENTOLOGIE FERROVIAIRE : DU MODÈLE SYSTÉMIQUE DE DESCRIPTION DES ÉVÉNEMENTS SÉCURITÉ AU MANAGEMENT DES RISQUES** P 35  
par Christian BLATTER (Consultant), Laurent KARSENTY (ErgoManagement) et Adeline PERNET (SNCF)
- **SYNTHÈSE, DISCUSSION, PERSPECTIVES** P 45  
par Sylvie GARANDEL (ATRISC), Nicolas DECHY (IRSN), Guy PLANCHETTE (IMdR), Yves MORTUREUX et François CHARRIERE (SNCF)



## ÉDITO

Le 30 juin 2017, une journée inter-GTR a été organisée, accueillie par la SNCF. Elle réunissait les membres des 5 GTR suivants : « Organisation et maîtrise des risques », « Les Facteurs humains dans la conception et le retour d'expérience », « Retour d'expérience technique », « Les cindyniques à la portée de tous », « Management des risques, cindyniques et nouvelles approches systémiques dans le secteur de la santé ». Le GTR « Risque, incertitudes et décision dans l'industrie et l'environnement » était aussi représenté.

Le thème de la journée était : « La configuration : une approche systémique pour appréhender la complexité ».

Cette journée fut l'occasion de discuter autour des notions de configuration, d'approche systémique, de complexité, de causalité.

A la différence de journées thématiques où les questions suivent les présentations orales, les orateurs pouvaient être interrompus de façon libre. Cela a donné lieu à des débats spontanés, permanents et très riches.

Cette journée sympathique fut un réel succès. Que l'organisateur, Jean-François VAUTIER du CEA, en soit chaleureusement remercié !

Outre l'intérêt lié au thème retenu, une telle journée a permis à des membres de différents GTR de se rencontrer et d'échanger. C'est la richesse de l'IMdR de pouvoir croiser, sur un sujet transverse, les approches techniques et celles des sciences humaines et sociales.

Voici maintenant le livre qui reprend l'ensemble des présentations de cette journée !

**Philippe LE POAC**, Président de l'IMdR

Un grand merci à Olivier LAMBERT et François CHARRIERE de nous avoir accueillis le 30 juin 2017 à la SNCF !



# NOTION DE CONFIGURATION : DÉFINITIONS ET MISES EN PERSPECTIVE

par Jean-François VAUTIER (CEA)

Jean-François VAUTIER anime le groupe de travail et de réflexion (GTR) « Organisation et maîtrise des risques » de l'IMdR avec Romuald PERINET et Chabane MAZRI.

## INTRODUCTION

Dans sa forme élémentaire, une configuration est constituée d'une séquence ou d'une conjonction d'états de différents éléments, paramètres ou facteurs... Cela renvoie alors à un ensemble organisé de faits, d'intensités ou encore de niveaux de plusieurs variables....

Notons qu'une configuration peut aussi être formée par une ou plusieurs séquences associées à une ou plusieurs conjonctions.



Des états sont par exemple :  
la nuit, le caractère mouillé  
d'une route, la vitesse élevée  
d'un véhicule, une fatigue  
importante d'un conducteur...

Par exemple, il s'agit d'une part, de l'hirondelle volant plus bas que d'habitude pour chasser les insectes restant près du sol avant la survenue d'un événement « orage ». C'est d'autre part la concomitance entre la sortie des parapluies et celle des escargots. Avoir cette information peut d'ailleurs présenter un intérêt... puisque lorsque les parapluies apparaissent, il convient alors de faire attention à ce qui se trouve à ses pieds, si l'on ne veut pas écraser ces mollusques terrestres...



Selon une seconde acception, une configuration renvoie à un regroupement d'états qui contribue de manière récurrente à la survenue de certains types d'événements. Dans ce cas, il y a introduction de la causalité pour définir la notion de configuration. C'est par exemple l'occurrence d'une sonorité désagréable résultant d'un « accord » disharmonieux entre différentes notes de musique ou bien d'une « phrase musicale », d'une mélodie constituée d'une séquence de notes.

Dans le champ de la maîtrise des risques, la notion de configuration peut renvoyer à au moins deux types de définitions.

Selon une première acception, il s'agit d'un regroupement d'états qui apparaît de manière récurrente lors de la survenue de certains types d'événements. En d'autres termes, il y a dans ce cas une succession ou une concomitance d'états.

Dans le cadre de cette définition d'une configuration intégrant la causalité, gardons en mémoire qu'une même configuration peut aussi se retrouver dans des situations qui n'entraînent pas la survenue d'un événement. C'est la raison pour laquelle, la deuxième acception indique seulement une notion de contribution à la survenue de certains événements et non de déclenchement de ces derniers. Il s'agit donc seulement d'une condition nécessaire à la survenue de ces événements. En pratique, cela signifie que cette configuration peut se retrouver « neutralisée » par d'autres

facteurs (à l'image du poison accompagné de son antidote). En outre, le fait de ne parler que d'une contribution (certes de nature causale) signifie également qu'une configuration ne possède pas forcément un pouvoir « événementogène » autonome (elle peut ne pas pouvoir entraîner à elle seule un événement). Ainsi, un même motif musical (une séquence de notes) comme un refrain doit s'insérer entre des couplets pour avoir un effet adéquat.

Par ailleurs, toujours dans le cadre de cette seconde acception à caractère causal, on éliminera les cas où un regroupement récurrent d'états ne serait qu'un simple marqueur/ accompagnateur de facteurs réellement causaux puisque, dans ces cas-là, ce regroupement ne sera pas retenu comme contributeur de la survenue d'un événement dans la plupart des méthodes causales utilisées dans le champ de la maîtrise des risques.

C'est l'exemple bien connu de la contribution supposée, à l'induction d'un état d'ivresse, d'un même jus de fruits associé à un whisky, une vodka ou un saké. Et ce « puisque » l'on retrouve les mêmes effets de cette association entre un même jus de fruits et différents alcools...



Rappelons-nous enfin que la présence d'une configuration à caractère causal n'est pas forcément exclusive d'une occurrence événementielle particulière. Cela signifie qu'on peut éventuellement arriver à la survenue d'un même type d'événement avec d'autres configurations que la configuration considérée. Par exemple, une situation stressante, tout comme un exercice physique, entraîne une augmentation de la fréquence cardiaque chez un individu.

**Pourquoi aborder la notion de configuration qu'elle soit causale ou non ?**

**Pour pouvoir travailler sur la systémique avec une notion :**

- « simple » connue de tous. Ainsi, dans le langage courant, une configuration renvoie à la forme d'un assemblage d'éléments (du latin tardif « configuratio ») qui va du fagot de branchages à un groupe d'individus marchant en rang serré jusqu'à un ensemble particulier de matériels et de logiciels fonctionnant ensemble ;
- étudiée par des acteurs de différents secteurs industriels à risques.

**Comment aborder cette notion de configuration ?**

En dressant dans ce livre un panorama non exhaustif de réflexions et d'applications concrètes de cette notion dans différentes approches systémiques (présentées dans chaque chapitre de l'ouvrage). Dans ce chapitre-ci, et avant d'évoquer l'ensemble des contributions des autres auteurs de ce livre, deux parties sont proposées : d'une part quelques définitions et illustrations des concepts de système, systémique, causalité et complexité pour mieux circonscrire la notion de configuration et d'autre part quelques citations et fables pour stimuler notre réflexion autour de cette notion.

## QUELQUES DÉFINITIONS ET ILLUSTRATIONS DES CONCEPTS DE SYSTÈME, SYSTÉMIQUE, CAUSALITÉ ET COMPLEXITÉ

### UN SYSTÈME

De nombreuses définitions existent. Nous n'en citerons que deux.

De Rosnay (1975) définit ce concept ainsi : « un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but. »

De son côté, Aristote évoquait dans sa Physique (et sa Métaphysique) quatre causes comme des manières d'évoquer le pourquoi de l'existence d'une chose. En utilisant cette approche, un système peut alors être considéré comme un

ensemble constitué d'éléments (cause matérielle), organisé selon une certaine forme, un(e) certain(e) plan/architecture (cause formelle). Il fonctionne en vue d'atteindre un but / de satisfaire une finalité (cause finale) et son existence résulte de l'activité d'autres systèmes (cause motrice).

Nous allons voir par la suite qu'un grand nombre de configurations s'appuient, de manière implicite, sur l'une des deux définitions.

### UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE

Les différentes acceptions possibles de cette notion entraînent souvent des incompréhensions et des quiproquos. C'est la raison pour laquelle, quatre concepts sont précisés ici : une démarche systémique, un raisonnement systémique, une méthode systémique et un modèle systémique.

► **Une démarche systémique** vise à comprendre le fonctionnement d'un système (par exemple le fonctionnement du système solaire) ou bien comprendre le fonctionnement d'un système pour modifier ce dernier et changer ainsi son fonctionnement (par exemple, les thérapies systémiques).

► **Un raisonnement systémique** s'intéresse aux relations de cohérence (d'adaptation) existant entre les facteurs constitutifs d'un système. Par exemple, pour préparer une salle, dédiée à une journée de présentations et de discussions, les préparateurs vont chercher une cohérence entre la finalité de la séance prévue, l'agencement des tables et des chaises, la compétence et la motivation des personnes à venir, le temps et l'équipe disponibles pour la préparation de la salle...

Cher lecteur, avez-vous reconnu  
les 4 causes d'Aristote ?



► **Une méthode systémique** présente des relations entre des variables, des éléments... d'un système qui vont permettre de mieux comprendre son fonctionnement et, pour certaines des méthodes considérées, également de le modifier. Il s'agit le plus souvent de relations d'influence causale. Citons comme méthodes l'Analyse structurelle, la Dynamique des systèmes (Cuménil, 2015 ; Vautier *et al.*, 2016)...

► **Un modèle systémique** est une représentation d'un ensemble de relations entre des variables, des éléments... d'un ou plusieurs systèmes :

- les Swiss Cheese Models de James REASON (cf. Reason *et al.*, 2006) avec des relations d'influence causale notamment ;
- un organigramme présentant des relations de dépendance hiérarchique entre des acteurs d'une entité ;
- un sociogramme muni de relations de convergence et de divergence entre des acteurs.

Citons des modèles systémiques dans le champ de la maîtrise des risques qui utilisent des séquences et des conjonctions entre plusieurs variables :

- le modèle de l'ICSI (Individu, Situation de travail, Collectif de travail, Organisation & Management) utilisé pour analyser les effets du travail sur un système et sur l'être humain réalisant ce travail (Daniellou *et al.*, 2010) ;
- le modèle micro/macro du CEA comprenant d'une part la situation de travail (Organisation locale du travail, équipe, dispositifs techniques, environnement de travail) et d'autre part les facteurs organisationnels (Tosello *et al.*, 2001 et 2012).

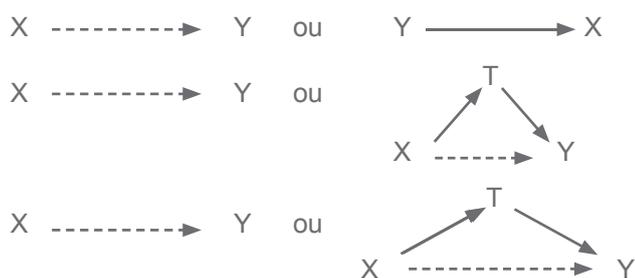
Ces modèles proviennent en fait de la notion de système (au sens de De Rosnay) et/ou de la notion de système intégrant la cause motrice liée à l'organisation.

### UN LIEN CAUSAL

Dans le cadre de la deuxième définition de la configuration présentée en introduction, la présence d'une configuration contribue à l'occurrence d'un événement. Mais que signifie en fait qu'il existe un lien causal entre deux éléments ?

Lazarsfeld (1966) propose de considérer qu'une variable X est cause de Y, jusqu'à preuve du contraire, si l'on retrouve toujours une variation de Y lorsque X varie aussi et ce quelles que soient les variables de contexte T antérieures à X prises en compte. Ainsi, monter les escaliers entraîne toujours, chez un individu, une augmentation de sa fréquence cardiaque et ce, quelles que soient les conditions climatiques, les personnes considérées, leur âge, leur condition physique... Notons que l'existence de variables de contexte T, dites « intermédiaires », c'est-à-dire apparaissant entre la survenue de X et de celle de Y ne doit pas être interprétée de la même manière... Ainsi, mettre un chapeau sur sa tête empêche le soleil d'avoir un effet direct sur elle. Mais cela ne remet pas en cause le fait que le soleil puisse être nocif en été pour la peau de son crâne en l'absence d'un couvre-chef. La variable présence/absence du chapeau est intermédiaire : on met son chapeau d'été lorsqu'il y a du soleil...

En pratique, s'interroger sur l'existence d'un lien causal revient en fait à tester trois cas de causalité apparente ( ----> ) mais non réelle (Godet [1991], Forsé [1991]) :



De son côté, Boudon (1967) introduit la probabilité pour caractériser l'effet. Il propose la règle suivante.

Soit X et Y deux variables dichotomiques, c'est-à-dire qui ne prennent que deux valeurs (respectivement x et  $\bar{x}$ , y et  $\bar{y}$ ).

$P(y / x)$  représente la probabilité conditionnelle d'observer y quand on a observé x.

$P(y / \bar{x})$  représente la probabilité conditionnelle d'observer y quand on a observé  $\bar{x}$ .

Si X est antérieur à Y et  $P(y / x)$  est différent de  $P(y / \bar{x})$  (toutes choses égales d'ailleurs), alors X est cause de Y.

Tout en sachant qu'X peut être lui-même une conjonction de variables reliées par des « et ».

L'intérêt de cette règle positionnée avec une probabilité est qu'il devient possible de considérer un lien causal entre deux éléments même si, dans certains cas, le contexte empêche l'effet de se produire. Ainsi, on pourra par exemple imputer un lien causal entre une Interface Homme-Machine non ergonomique, c'est-à-dire ne respectant pas certains stéréotypes de fonctionnement d'un être humain, et l'utilisation inappropriée de cette interface par un individu, même si, dans certains cas, cet individu réussit, grâce à un surcroît d'effort, à utiliser correctement cette Interface Homme-Machine.

En pratique, une relation de causalité de ce type peut être imputée à partir du moment où des résultats suffisamment génériques ont été capitalisés dans des recueils, par exemple ici des normes ergonomiques relatives aux Interfaces Homme-Machine.

### UN SYSTÈME COMPLEXE

Selon Baumgartner et Ménard (1996), le terme « complexité » provient du latin « complexus » participe passé de « complecti » : « entourer, englober » dont la signification est aujourd'hui « qui rassemble des éléments différents et entrelacés ». Notons que le terme « compliqué » vient pour sa part du latin « complicare » qui signifie « plier en roulant »... D'où l'idée de « déplier » un système compliqué, morceau par morceau, pour mieux le comprendre.



Un individu entre dans un grenier à blé afin de compter le nombre de souris et le nombre de grains de blé qui s'y trouvent.. S'agit-il de problèmes complexes ou compliqués ?

En première approximation, le fait que l'individu entre dans le grenier à blé n'induit pas de réactions des grains de blé à la différence des souris qui généralement fuient dans leur trou à l'approche d'une personne. Ainsi, le « comptage du nombre de grains de blé par un individu entrant dans un grenier » est plutôt un problème de nature compliquée (même si la solution de compter les grains de blé dans chaque morceau de la pièce les uns après les autres peut s'avérer très longue à dérouler), alors que le « comptage du nombre de souris par un individu entrant dans un grenier » est de nature plutôt complexe. En effet, le résultat risque d'être imprécis et incertain, quel que soit le temps passé dans le grenier, même si l'on procède méthodiquement morceau par morceau de la pièce. En effet, les souris risquent de passer d'une partie de la pièce à une autre, de rester dans leur trou, de revenir...

De fait, concernant le problème du comptage des souris, il convient de l'appréhender dans son ensemble, d'avoir une vision globale (un drone discret placé au-dessus du grenier et muni de caméras thermiques très sensibles serait peut-être plus utile pour compter le nombre de souris) et donc de bien réfléchir à la place de l'observateur. Appréhender la complexité revient, en d'autres termes, à se questionner sur la limite du système et donc sur l'assemblage, la jonction des éléments à prendre en compte... Appréhender la complexité nécessite aussi de prendre en compte l'ouverture/fermeture possible du système, c'est-à-dire de se questionner sur les séquences possibles d'entrées-sorties d'éléments (souris, mais aussi grains de blé possiblement chassés par un courant d'air...).

D'où l'apparition de questions sur les configurations, c'est-à-dire sur les aspects jonctions et séquences...

Dans un autre sens de la notion de complexité, George Klir (1986) nous indique que «... la complexité d'un objet réside dans l'œil de l'observateur ». La complexité serait alors une propriété extrinsèque à l'objet lui-même (Vautier, 2004).

Ainsi, pour le personnel qui, au comptoir d'un aéroport, enregistre les bagages à mettre en soute avant un vol, l'avion est un système linéaire simple (tout ajout d'un bagage augmente

d'autant la masse totale des bagages en soute et donc de celle de l'avion). En revanche, pour le pilote, l'avion est, pendant le vol, un système dynamique, fortement bouclé avec son environnement, ayant des actions sur les masses d'air qu'il traverse et réagissant aux réactions de ces dernières. Ces actions-réactions sont indissociablement liées pour assurer un vol. Notons enfin que le travail d'une hôtesse de l'air ou d'un steward consiste parfois, à l'intérieur de l'avion, à vérifier que les passagers se répartissent dans l'aéronef comme prévu à l'enregistrement, en particulier lorsque le nombre de passagers est faible. L'objectif est alors d'optimiser la répartition des masses dans l'avion. Il s'agit ici d'un problème de nature compliquée à l'image des pesées faites avec une balance Roberval (munie de deux plateaux) où l'on arrive au bout d'un certain temps à un équilibre en ajoutant des poids de plus en plus petits sur les deux plateaux.



N'y a-t-il pas d'ailleurs un parallèle avec la physique quantique et la question de savoir si la réalité matérielle existe ou non ? Ici la question serait plutôt de savoir si la complexité du système existe ou non et si cela ne dépend-il pas en fait du type d'interaction que nous entretenons avec le système ?



**En résumé, le système avion est-il complexe par nature ou cela dépend-il de l'objectif de l'acteur en interaction avec lui ? Les deux types d'approches existent (Vautier, 2004).**

En définitive, quelle que soit l'approche sur la complexité (intrinsèque ou extrinsèque), on retrouve toujours, cependant, la nécessité, pour assurer un vol efficace d'un avion, de prendre en compte une jonction entre des caractéris-

tiques de l'avion, du vol (durée, phase, par exemple décollage ou atterrissage...), de l'environnement extérieur comme la météo... D'où l'intérêt de considérer les configurations...

Enfin, pour prolonger la réflexion sur la conjonction entre plusieurs variables, rappelons-nous que d'autres modèles causaux existent. En voici un qui s'inspire du triangle du feu...

Si nous nous intéressons au problème de « la goutte qui fait déborder le vase », que faut-il en définitive pour qu'il y ait débordement ?

Il est en fait nécessaire de disposer :

- d'un récipient d'un certain volume,
- d'une quantité d'eau suffisante déjà présente dans le récipient,
- d'une goutte versée par un acteur,

et

- d'un environnement (gravitaire en particulier... En apesanteur la goutte ne tombe pas...).

Il y a dans ce cas une conjonction entre, respectivement, une composante externe, une composante interne, une énergie d'activation dans le cadre d'un environnement (Vautier, 2015).

## QUELQUES CITATIONS ET FABLES POUR STIMULER NOTRE RÉFLEXION SUR LA NOTION DE CONFIGURATION

### POUR RÉFLÉCHIR SUR LES SÉQUENCES

Deux citations et une fable de Jean de La Fontaine.

« C'est fou le nombre de fourmis qui prennent feu sans aucune raison apparente. Je le sais d'expérience. Quand j'étais même, j'ai passé de longues après-midi à les observer à la loupe sous un soleil de plomb. »

Jean Yanne

« Je crois que notre visite leur a fait du bien. Tu as vu combien ils avaient l'air tristes quand nous sommes arrivés, et leur sourire joyeux quand nous sommes partis. »

Henri Duvernois

### « Rien de trop », Jean de La Fontaine, Livre IX, fable 11

L'auteur nous présente ici une séquence d'acteurs progressivement croissante (d'abord la « terre », à laquelle sont ensuite reliés les « blés », puis ces derniers aux « moutons », ceux-ci par la suite aux « loups », qui sont in fine reliés aux « hommes ») afin de limiter la tendance d'un acteur à surconsommer l'acteur précédent. D'où l'idée du « Maître de la nature » d'introduire à chaque fois une espèce pour réguler la précédente... Terminant par l'action de l'homme sur le loup, Jean de La Fontaine s'interroge : qui corrigera l'homme ? Et pour prolonger la réflexion de l'auteur, demandons-nous quelle est la longueur nécessaire de cette configuration en séquence ? Doit-il y avoir une circularité ? Si oui laquelle ?

### POUR RÉFLÉCHIR SUR LES CONJONCTIONS

Un proverbe avec deux extensions possibles et une fable de Jean de La Fontaine.

- Un proverbe malien : « Un seul doigt ne peut prendre un caillou » (qu'il soit petit ou gros d'ailleurs même si les raisons sont différentes) En effet, il faut une main et plus particulièrement l'association du pouce et d'au moins un des autres doigts. C'est la condition pour une préhension aisée et robuste du fait de la position opposée du pouce par rapport aux autres doigts de la main. Et pour prolonger le proverbe..

- « Une seule main ne peut prendre un ballon de gymnastique (gros ballon gonflable sur lequel on peut s'asseoir) »  
Il faut associer la main gauche et la main droite

- « Une seule personne ne peut prendre une grosse bulle gonflable dans laquelle un enfant s'insère pour marcher sur l'eau lors d'une fête foraine »  
Il faut être à minima deux.

« Les Membres et l'Estomac », Jean de La Fontaine,  
Livre III, fable 2

Les membres se rebellent. Ils ne voient pas l'utilité de continuer à apporter des aliments à l'estomac qu'ils considèrent comme un « trou sans fond ». Ils décident donc de chômer et d'arrêter d'apporter les aliments à la bouche. Ce faisant ils dépérissent, n'étant plus irrigués correctement. La Fontaine de conclure que pour que le corps fonctionne convenablement, il faut que les membres et l'estomac conjuguent leurs efforts et travaillent de concert...

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans la suite de ce document, nous allons explorer plusieurs thèmes autour des configurations :

- la problématique de gestion des configurations dans l'analyse préliminaire des risques,
- l'analyse d'événements dans l'industrie nucléaire : la recherche de configurations émergentes comme alternative à l'utilisation de relations causales déterministes,
- la construction de configurations accidentogènes et leurs variations pour une recherche d'informations dans de gros corpus textuels,
- les configurations-type dans l'incidentologie ferroviaire : du modèle systémique de description des événements sécurité au management des risques.

En outre, comme l'indiquera le chapitre Synthèse, discussion, perspectives, la question des configurations est encore en devenir. Il reste à s'interroger sur de nombreux aspects comme par exemple la nécessité / l'intérêt d'avoir des configurations plus ou moins larges et /ou longues... La causalité entre les regroupements d'états est-elle nécessaire pour appréhender les configurations ? Les notions de concomitance ou de succession ne sont-elles pas suffisantes ? Cela reviendrait à dire qu'il faudrait dans ce cas revenir aussi sur la notion de marqueurs (cf. Introduction).

Enfin, ne faudrait-il pas distinguer une configuration (d'états) d'une combinaison (d'actions mises en place pour résoudre

un ou plusieurs problèmes) ? Cette notion de combinaison concerne en effet plus souvent des ensembles d'éléments réunis par l'Homme pour obtenir des résultats (à la différence d'une configuration qui peut intégrer par exemple des éléments météorologiques, des types de paysages... qui sont, de fait, « imposés » à l'analyste cf. aussi les critères d'arrêt de recherche des causes amont dans les Arbres des causes par exemple). Ainsi, aujourd'hui, les acteurs de la Santé se préoccupent de plus en plus des associations de médicaments prescrits par les médecins à leurs patients : la notion de « cocktails de médicaments » dont l'effet global n'est pas forcément la somme des effets de chacun des médicaments pris indépendamment les uns des autres. Dans le champ du marketing, on parle aussi d'un mix marketing renvoyant à la recherche d'une combinaison adéquate de 4 ou 5 P (« Product », « Price », « Place », « Promotion » and « Participation of the consumers »), ce que l'on peut aussi retrouver dans la recherche d'un positionnement et d'une mise en œuvre adéquats d'une méthode d'analyse dans le cadre du fonctionnement d'une organisation (Barnabé *et al.*, 2009) : adaptation à trouver par exemple entre la durée acceptable du déroulement d'une séance d'analyse (compte tenu des disponibilités des personnes) et le nombre d'items à aborder dans le support à discussion utilisé pour cette analyse...

Des sujets en devenir donc...

## RÉFÉRENCES

- BARNABÉ, I., HERNANDEZ, G., DELAMOTTE, A., TAIEB-LUTTON, A. and VAUTIER, J.-F. (2009). The LOFH method: a new subjective work analysis. Paper presented at the 17th Congress of the International Ergonomics Association (IEA). Beijing, China, August.
- BAUMGARTNER, E. et MENARD, P. (1996). Dictionnaire étymologique et historique de la langue française, La Pochothèque, Edition LE LIVRE DE POCHE.
- CUMÉNAL, D. (2015). Obsolescence of organizations: a modeling approach in System Dynamics, *Advances in Systems Science and Applications*, Vol. 15, n°2, 120-134.
- DANIELLOU, F., BOISSIERES, I. et SIMARD, M. (2010). Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle: un état de l'art. *FonCSI*. pp.125, 2010, Les cahiers de la sécurité industrielle.

- KLIR, G.J. (1986). Les multiples visages de la complexité, in « Science et pratique de la complexité », Actes du colloque de Montpellier, p. 101-126, La Documentation française, Paris cité dans GUÉRIN (F.), LAVILLE (A.), DANIELLOU (F.), DURAFFOURG (J.) et KERQUELLEN (A.). Comprendre le travail pour le transformer : la pratique de l'ergonomie, ANACT, 1991.
- LAZARSELD, P. (1966). L'interprétation des relations statistiques comme procédure de recherche, in « L'analyse empirique de la causalité » BOURDON (R.), LAZARSELD (P.), Édition MOUTON & Co.
- REASON, J., HOLLNAGEL, E. and PARIES, J. (2006). Revisiting the « swiss cheese » model of accidents. EUROCONTROL, October.
- TOSELLO, M. et VAUTIER, J.-F. (2001). Présentation et illustration d'une démonstration de sûreté « facteurs humains », XXXVI<sup>ème</sup> congrès de la SELF, Montréal, Canada, 3-5 octobre 2001.
- TOSELLO, M., LEVEQUE, F., DUTILLIEU, S., HERNANDEZ, G. and VAUTIER, J.-F. (2012). Conditions for the successful integration of Human and Organizational Factors (HOF) in the nuclear safety analysis. *Work*, 41, 2656 – 2660.
- VAUTIER, J.-F. (2001). Un nouveau mode de fonctionnement de l'entreprise par la pensée reliante. Conférence plénière invitée, Colloque « La qualité pour tous », ISMQ de l'ESC de BORDEAUX, 1<sup>er</sup> février 2001, 145 - 149.
- VAUTIER, J.-F. (2004). Approche systémique de la complexité : quelques éléments pour y voir plus clair ! Conférence inaugurale du congrès de l'ARI (Analyse du Risque Industriel) : Quelles méthodes pour mieux maîtriser les risques ?, 10 et 11 juin 2004, La Rochelle, France.
- VAUTIER, J.-F. (2011). Eléments de Systémique illustrés par les Arts. *Res-Systemica*, Vol. 9.
- VAUTIER, J.-F. (2015). The birth triangle: a new approach to study the birth of systems. *Advances in Systems Science and Application*, Vol. 15, n°1, 90-98.
- VAUTIER, J.-F., COYE DE BRUNELIS, T., PERINET, R., CUMENAL, D. et RAXACH, N. (2016), Etudier l'occurrence d'événements indésirés avec des méthodes causales statiques ou dynamiques : quelle complémentarité ? Congrès Lambda Mu 20 (IMdR), 11-13 octobre 2016, St Malo, France.



# PROBLÉMATIQUE DE GESTION DES CONFIGURATIONS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

par Richard LAUNAY (CEA), Benjamin BATIOU et Thomas ROGAUME (Université de Poitiers)

## INTRODUCTION

Les analyses de risques, qu'elles soient a priori ou a posteriori sont nécessaires pour développer un comportement proactif dans un environnement à risques et en constante évolution. Plus spécifiquement, l'analyse a priori des risques est une étape essentielle et incontournable du processus global de gestion des risques. Les méthodes d'analyses préliminaires des risques sont des démarches historiques souvent alimentées par la compréhension des accidents passés et le retour d'expérience qui en a découlé. Ces méthodes ont pour principale finalité de réaliser une prédiction raisonnée du comportement de systèmes sociotechniques complexes.

Cependant, les analystes en charge de leurs mises en œuvre sont confrontés (opérationnellement) à de nombreuses difficultés, la gestion des configurations en est un des exemples types.

Les configurations représentent ici les différentes phases de vie et/ou les modes de fonctionnement des systèmes sociotechniques complexes. Il s'agit par exemple des phases de conception, d'essai, d'exploitation, de maintenance, d'arrêts programmés ou non, etc. Ces différentes configurations mobilisent ou activent des sources de danger spécifiques, particulières et diverses, potentiellement à l'origine de différents scénarios d'accidents aux conséquences variées.

Pour répondre à cette problématique, une proposition de prise en compte de la « gestion des configurations » dans la mise en œuvre de la Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risques (MOSAR) est réalisée (Pierre Périllon, février 1989 Développement d'une Méthode organisée et systémique d'analyse de risques).

## PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE ORGANISÉE SYSTÉMIQUE D'ANALYSE DES RISQUES

MOSAR est une méthode d'analyse préliminaire des risques (ascendante) qui vise notamment à faire prendre conscience des points essentiels lors d'une démarche objective et rationnelle d'analyse des risques. Pour cela, elle met l'accent sur les problématiques suivantes :

- L'intérêt de la modélisation du système, notamment pour des systèmes complexes ;
- La richesse des sources de danger ;
- L'utilisation de l'approche systémique au travers du modèle du processus de danger ;
- La pluri causalité des scénarios d'accident ;
- La mise en place d'une stratégie efficace de gestion des risques.

Les étapes de la méthode s'articulent autour de deux modules, appelés A et B.

Le module A se décompose de la façon suivante :

- Modélisation du système dans son environnement ;

- Identification des sources de danger (utilisation de la grille N°1) ;
- Construction des processus de danger (Tableau A) ;
- Construction des scénarios d'accidents par assemblage des processus ;
- Hiérarchisation des scénarios d'accident ;
- Proposition de barrières (prévention/protection).

Le module B se décompose lui comme suit :

- Identification des sources de danger apportées par les barrières ;
- Construction / modification des processus et scénarios d'accident ;
- Etudes de sûreté de fonctionnement des barrières retenues.

## PRÉSENTATION DES ÉTAPES DE LA MÉTHODE

### ÉTAPE DE MODÉLISATION DU SYSTÈME ET DE SON ENVIRONNEMENT

Cette étape essentielle de la méthode permet à l'analyste (au groupe) de s'immerger dans le système étudié. Il existe plusieurs méthodes qui permettent de la réaliser. Toutefois, la décomposition du système étudié sous forme « macroscopique et microscopique » semble être une approche à favoriser. La modélisation a alors comme finalité la représentation la plus fidèle possible de la « réalité » perçue par l'analyste.

Sont présentés dans les figures suivantes (Dassens et Launay, 2008), quelques modèles génériques, où chaque « sphère » ou « sous-système » doit être analysé comme un réservoir de sources de danger potentiellement activables.

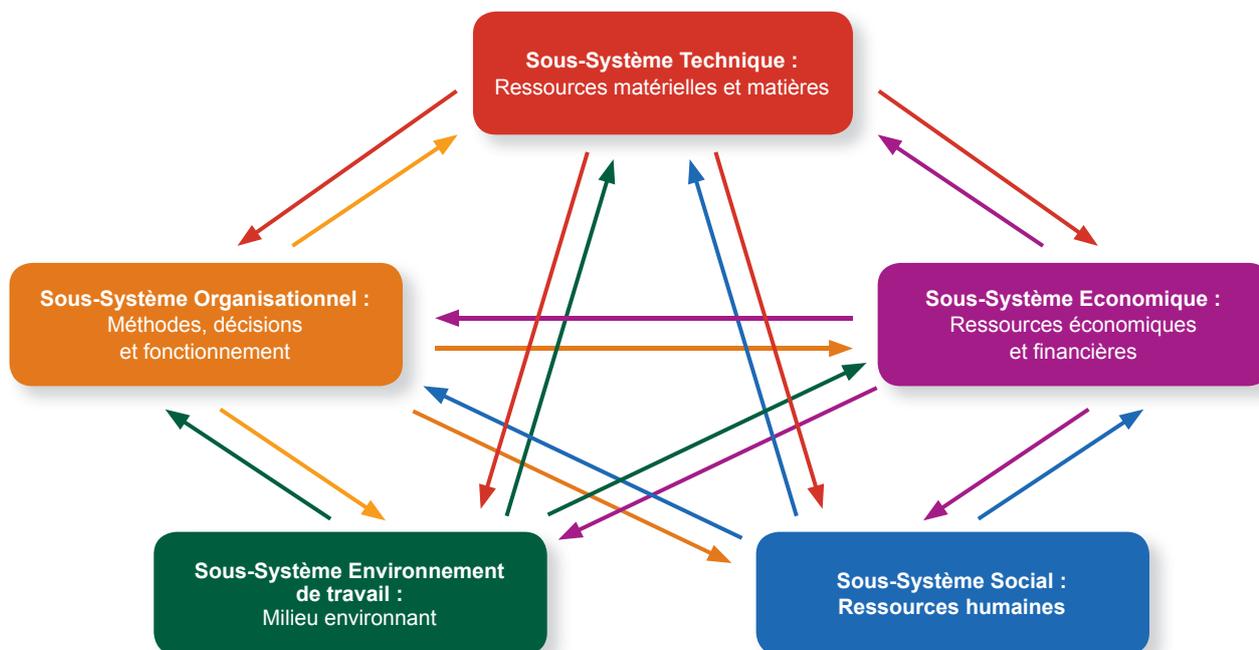


Figure 1. Modèle microscopique du système « entreprise »

**Légende :** Flèches : interactions entre les différents sous-systèmes de l'entreprise : flux d'énergie, d'argent, de matière ou d'information

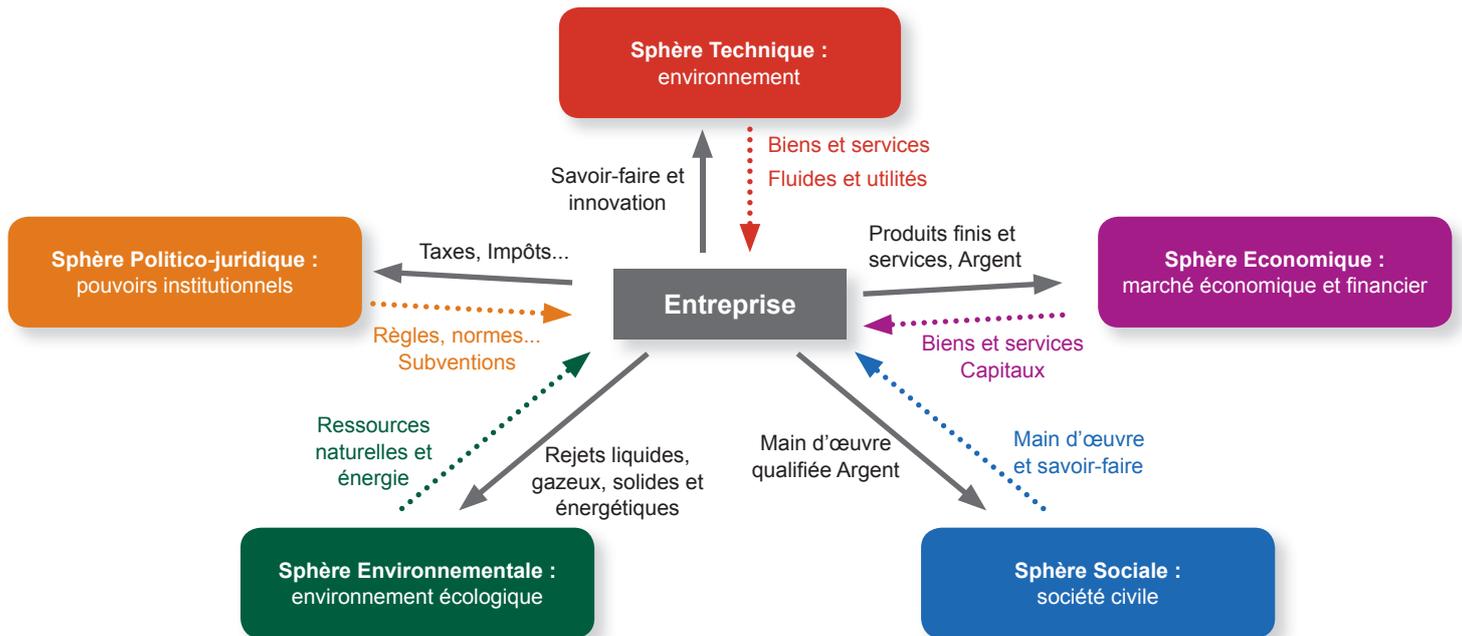


Figure 2. Modèle macroscopique du système « entreprise »

**Légende :** Flèches : flux d'énergie, d'argent ou de matière  
 Flèches pleines : de l'entreprise vers l'environnement  
 Flèches en pointillé : de l'environnement vers l'entreprise



La proposition de modèles préconstruits a pour objectif d'obliger l'analyste à ouvrir son champ de réflexion hors de son périmètre d'expertise, en travaillant sur :

- Les acteurs. Cela met en évidence, à quel point tous les acteurs de l'entreprise (système) sont à l'origine ou constituent des sources de danger ;
- L'activité. Les interactions entre toutes les composantes du système (cf. figures 1 et 2) ;
- L'évolution du système, « la gestion des configurations » force l'analyste à pousser son raisonnement systémique le plus loin possible en imaginant toutes les phases de vie et de fonctionnement du système.

Modéliser cet ensemble, c'est initier la prise de conscience du « tout ».

Dans le modèle canonique du système défini par Le Moigne (1994), l'activité et l'évolution de celui-ci permettent l'identification de phases de vie microscopiques qui sont, par exemple :

- La phase de conception ;
- La phase de réalisation ;
- La phase d'essai ;
- La phase d'exploitation avec ses modes de fonctionnement :
  - fonctionnement nominal,
  - fonctionnement dégradé,
  - fonctionnement accidentel,
  - maintenance curative,
  - maintenance préventive,
  - ...
- La phase d'arrêt programmé en exploitation normale ;
- La phase de travaux de modification en exploitation ;
- La phase d'arrêt, démantèlement, déconstruction.

Cette proposition de liste (non exhaustive) des phases de vie d'un système technique peut être déclinée dans toutes les sphères en interconnexion avec le(s) système(s) technique(s) analysé(s) et font appel à des compétences « métier » très spécifiques par domaine.



Malgré toute l'énergie dépensée dans la modélisation du système, il est essentiel de se rappeler que la « modélisation » réduit la réalité en éléments ou sous-systèmes appréhendables par l'analyste. Ceci se traduit inévitablement par la perte d'une partie de la réalité (informations et liens), nécessairement plus complexe.

## **IDENTIFICATION DES SOURCES DE DANGER**

Dans la méthode MOSAR, l'identification des sources de danger se veut être réalisée avec une certaine exhaustivité à l'aide de l'outil dénommé « grille n°1 ».

Cette liste de « famille de sources de danger » aide l'analyste à identifier les éléments du système et à les classer dans une ou plusieurs familles de sources de danger.

L'analyste identifie les sources de danger mises en œuvre dans les différentes sphères constituant le système modélisé. La décomposition des systèmes et sous-systèmes par phases de vie et modes de fonctionnement doit permettre une identification plus complète des sources de danger.

Par exemple, les sources de danger présentes dans la sphère technique en phase d'exploitation ne sont pas identiques à celles mises en œuvre durant les phases de maintenance préventive ou curative.

La prise en compte de la gestion des configurations du système permet d'ouvrir le champ du recensement des sources de danger présentes dans le système.

Même si la grille n°1 constitue une aide précieuse dans l'identification des sources de danger, il importe de noter que l'exhaustivité n'est pas à notre portée. Il est essentiel de comprendre l'importance du découplage des domaines (différentes sphères modélisées en figures 1 et 2) pour que chaque expert puisse aider à l'identification des sources de danger liées à son domaine de compétence.

## **CONSTRUCTION DES PROCESSUS DE DANGER**

La construction des processus de danger est réalisée à l'aide du « modèle de processus » (cœur de la méthode) et est formalisée dans le tableau A.

Le modèle proposé pour la construction du processus est donné en figure 3 (il a légèrement été modifié par rapport aux versions précédentes, cf. Périlhon [2007]) notamment pour inciter l'analyste à rechercher les événements initiateurs dans les thèmes suivants : l'individu, la tâche, le matériel, le milieu (ITMAMI).

Le modèle du processus vise à associer un élément du système à sa famille de **source de danger**. L'analyste s'interroge ensuite sur l'**événement redouté** spécifique à l'élément (dans sa famille source de danger), identifie les causes (**événements initiateurs**) et les conséquences immédiates (**événements terminaux**).

Cette représentation qui détaille les événements initiateurs en fonction de l'individu, la tâche, le matériel, le milieu, a pour

intérêt de rapprocher la démarche de recherche (a priori) des causes des dysfonctionnements de la méthode de l'arbre des causes utilisée en analyse a posteriori. On peut ainsi espérer des rapprochements méthodologiques entre les analyses a posteriori et les analyses a priori, chacune alimentant l'autre en facilitant l'intégration du retour d'expérience.

Le tableau A de la méthode permet de recueillir les informations issues du modèle du processus de danger.

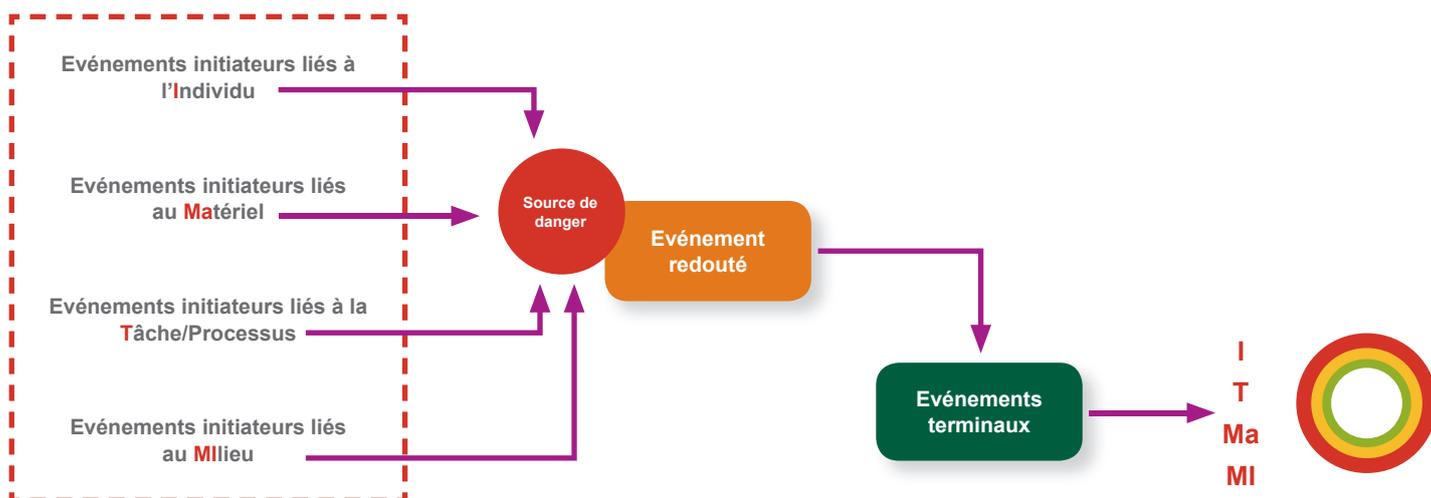


Figure 3. Nouveau modèle du processus de danger proposé dans la méthode MOSAR

Indice de source de danger	Source de danger	Phase de vie	Événements initiateurs	Événement redouté	Événements terminaux	Cibles	Effets supposés

Tableau A

La gestion des configurations intervient également lors de la construction des processus de danger. Le tableau A doit intégrer les phases de vie déjà identifiées par l'analyste, et ce pour :

- améliorer la recherche des événements initiateurs des sources de danger ;
- s'assurer de la présence effective des sources de danger pendant ces phases de vie.

Il permet également d'analyser les potentiels impacts des événements terminaux sur ces phases. On peut, par exemple, identifier l'activation d'une source de danger pendant la phase de maintenance, activation impossible pendant une phase d'exploitation puisque alors inexistante.

### CONSTRUCTION DES SCÉNARIOS D'ACCIDENTS

Dans la méthode MOSAR, on passe des processus de danger aux scénarios d'accidents sur la base de l'enchaînement des événements terminaux avec les événements initiateurs,

à l'image des constructions par effet « boule de neige » (cf. figure 4).

L'événement terminal d'un processus de danger est, dans certaines conditions, l'événement initiateur d'une autre source de danger. La construction de ces scénarios doit être cohérente avec la configuration du système étudié. Par exemple, l'incendie initié par l'étincelle d'une découpe d'un tronçon métallique n'est possible qu'à condition que l'opération soit réalisée en phase de maintenance et/ou de travaux.

Cette gestion fine des configurations facilite le travail de l'analyste dans la construction des scénarios d'accident. En effet, certaines sources de danger ne peuvent être activées que dans des phases de vie particulières du système.

On notera que cette étape de l'analyse permet de mettre en évidence des scénarios d'accident plus ou moins complexes (grand nombre de processus), dépendant du nombre de sources de danger identifié et de la qualité des processus construits.

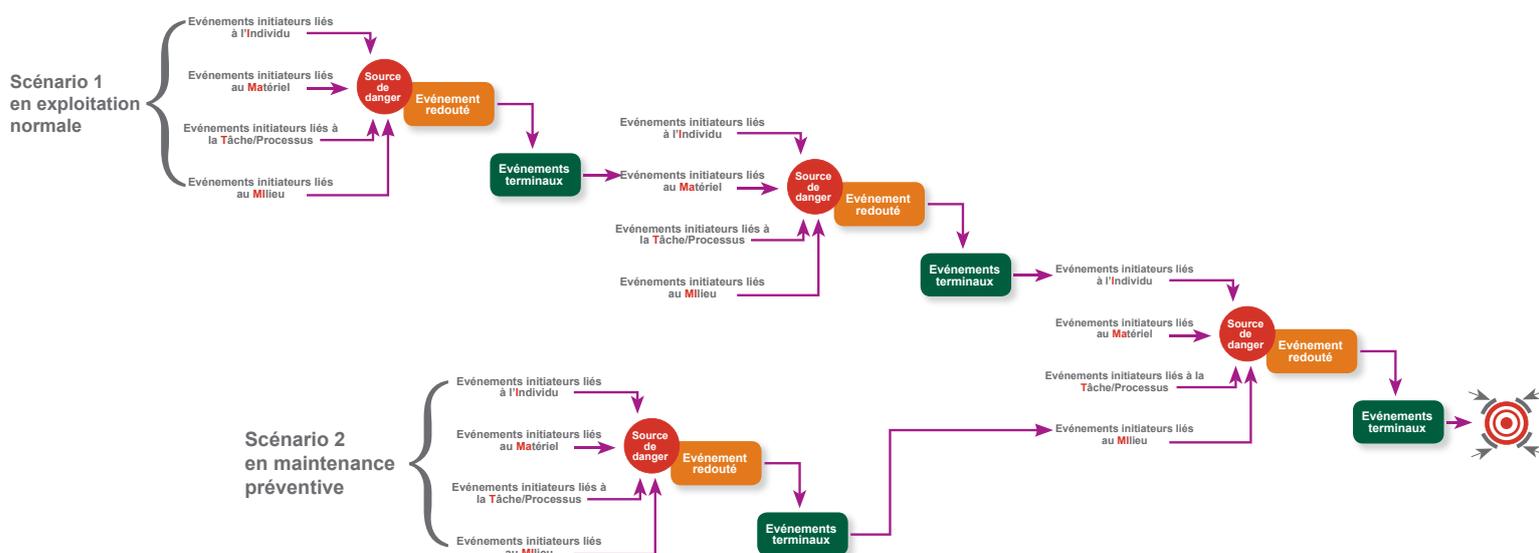


Figure 4. Exemple d'enchaînement de processus avec la méthode MOSAR

Cet enchaînement « mécanique » de processus produit des scénarios linéaires ou une cause produit un effet pour un scénario d'accident. Le grand nombre d'événements initiateurs et terminaux produit alors par enchaînement, un très grand nombre de scénarios d'accidents. Ce qui est amplifié par les connexions avec d'autres processus de danger.

### HIÉRARCHISATION DES SCÉNARIOS ET PROPOSITION DE BARRIÈRES

Les scénarios d'accidents construits, le groupe d'analystes les positionne sur un diagramme de « Farmer ». Cette étape reste d'une grande complexité (entre quantification des effets et vision probabiliste des enchaînements).

Une fois réalisée, la gestion des risques passe par la proposition des barrières les plus adaptées afin d'assurer la diminution des probabilités d'apparition des scénarios mais également la diminution de leurs effets sur les cibles identifiées.

Cette étape fait également appel à plusieurs champs disciplinaires (ingénierie, probabilistes, sûreté de fonctionnement, analyses économiques, théories de la décision...). Elle est d'une grande importance car elle constitue l'aboutissement de l'analyse, sa raison d'être. Elle doit permettre aux décideurs de réaliser des choix d'opportunités, construits sur une base raisonnée.

Le groupe d'analystes doit impérativement mettre en exergue les risques en fonction des différentes configurations du système. Cela est d'autant plus important que de nombreuses barrières ne sont pas directement dépendantes de l'entreprise (système) mais doivent être définies ou mises en œuvre par des sous-traitants par exemple.

La mise en place des barrières de prévention et/ou de protection doit donc intégrer les différentes phases de vie du système, à minima, pour s'assurer de leur bonne adéquation vis-à-vis des potentiels événements initiateurs.

### RÉALISATION DU MODULE B DE LA MÉTHODE

Les barrières sont souvent des éléments techniques mis en place pour bloquer l'enchaînement des processus et/ou pour protéger les cibles identifiées.

Il convient dans l'esprit de la méthode de considérer ces nouveaux éléments dans le système plus global et donc comme des sources de danger qui suivront également l'ensemble du processus d'analyse décrit ci-dessus.

Il est également préconisé dans la méthode de réaliser une analyse des modes de défaillances de leurs causes et leurs criticités (AMDEC) sur les dispositifs techniques complexes ou verrouillant des scénarios majeurs et ce afin de probabilitiser la défaillance potentielle de la barrière envisagée.

### CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La méthode MOSAR a, dans sa structure, toujours permis de prendre en compte la configuration du système mais les analystes mettant en œuvre ce type de méthode ne l'ont pas toujours perçu.

Il est essentiel de leur rappeler que la prise en compte des différentes configurations du système analysé est primordiale à la réalisation des analyses de risques.

Il faut rappeler que les systèmes évoluent, se modifient ou sont modifiés et que cela entraîne l'apparition ou la disparition de sources de danger qui pourront potentiellement se transformer en scénarios d'accident.

Le présent texte vise également à rappeler à l'analyste que les configurations du système sont également présentes dans les événements initiateurs des processus de danger.

### RÉFÉRENCES

- DASSENS, A. et LAUNAY, R. (2008). Étude systémique de l'analyse de risques. Edition des Techniques de l'ingénieur AG 1585.
- LE MOIGNE, J.-L. (1994). Théorie du système Général, théorie de modélisation. Edition PUF, Paris.
- PERILHON, P. (2007). La gestion des risques. Demos.
- PERILHON, P. (1989) L'analyse de sécurité d'une installation, CEA/CENG.



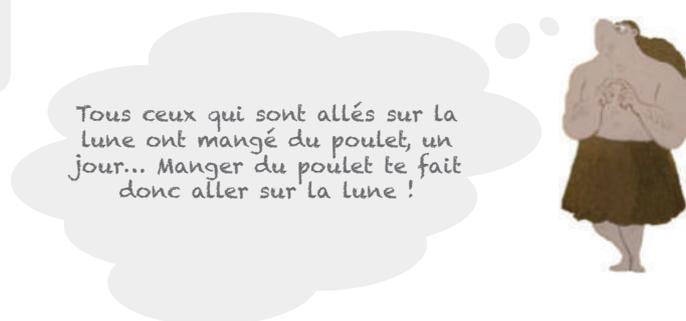
# ANALYSE D'ÉVÉNEMENTS DANS L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE : LA RECHERCHE DE CONFIGURATIONS ÉMERGENTES COMME ALTERNATIVE À L'UTILISATION DE RELATIONS CAUSALES DÉTERMINISTES

par Jean-Marie ROUSSEAU, Agnès MONTMEAT, Carine HEBRAUD et  
Ben-Mekki AYADI (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire [IRSN])

## RENONCER À LA CAUSALITÉ : UN MAL NÉCESSAIRE ?

Partant du cadre fixé par l'analyse d'événements dans l'industrie nucléaire, un double constat concernant l'usage de la notion de causalité peut être dressé : une injonction forte à la recherche des « causes profondes » des événements et les difficultés que la notion même de causalité pose pour répondre à cette injonction.

La question de la causalité renvoie de manière intuitive aux notions de **déterminisme** et de **prédictibilité**, deux attributs essentiels pour renforcer la confiance que l'on accorde aux dispositions de maîtrise des risques. Il s'agit de se doter de « modèles causaux a priori » pour fournir une « explication a posteriori » des dysfonctionnements constatés. Pour autant, la notion même de causalité donne lieu à de très nombreuses approximations. La plus fréquente consiste à **confondre causalité et corrélation**.



Par ailleurs, les relations causales identifiées dans les événements se cantonnent trop souvent à une causalité « descriptive » : *la fuite est due à la vanne Bidul...* Dans une approche systémique, une causalité « explicative » permet d'interroger la fiabilité des processus de management des risques et pas seulement la fiabilité des matériels : *la non-conformité de la vanne Bidul a pour origine une dégradation survenue lors d'une intervention de maintenance ou un phénomène de vieillissement mal maîtrisé...*

Pour justifier ce manque de profondeur d'analyse, on a alors recours à des concepts englobant « pseudo-explicatifs » : c'est du facteur humain, c'est purement technique... Le recours à ces concepts est parfois justifié par des critères « pseudo-pragmatiques » : on limite l'analyse au niveau de causes sur lesquelles on pense être capable d'agir.

Tout cela nous ramène à la fameuse question récurrente « de la poule et de l'œuf » : cause ou conséquence ?

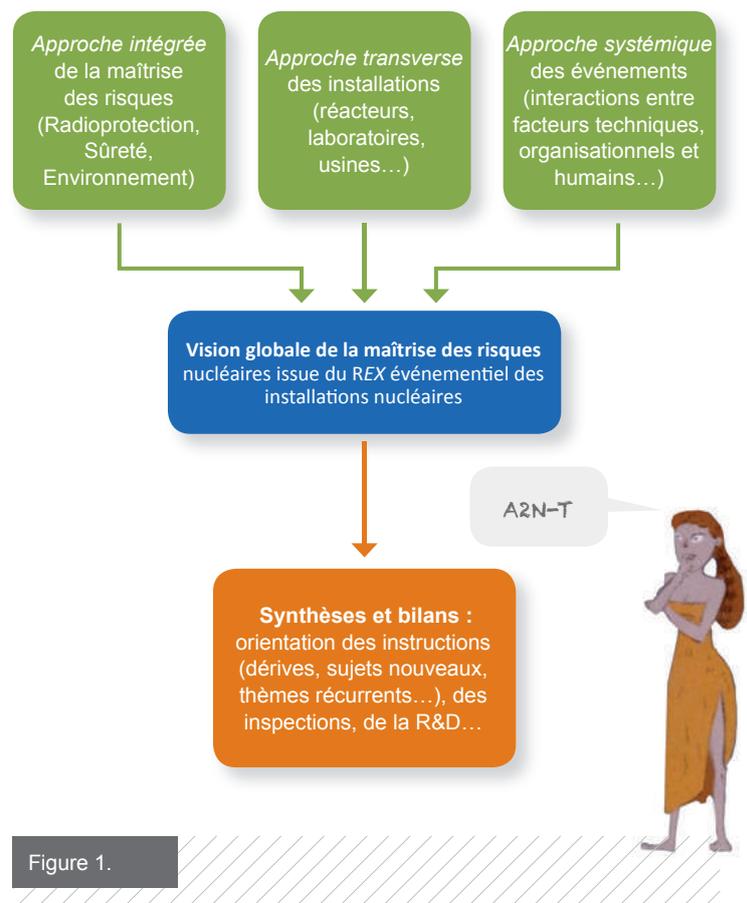
Les routines développées au fil du temps pour y répondre sont in fine peu convaincantes :

- compter les événements répartis dans des catégories reflétant une causalité « descriptive » la plupart du temps (IRSN, 2016) ;
- identifier des causes profondes « organisationnelles » sans bien comprendre ce que cela recouvre, en général, tout ce qui n'est pas « technique » ! (Rousseau *et al.*, 2011) ;
- postuler que l'échec relatif de prise en compte du REX (INERIS, 2008) est lié à la quantité de données recueillies sur les dysfonctionnements du système et développer la recherche de « signaux faibles » (IMDR, 2013).

Dans ce panorama, la tentation est forte de renoncer à utiliser la notion de causalité linéaire. C'est ce que préconise Erik Hollnagel dans son modèle Safety I / Safety II (Hollnagel, 2013) en privilégiant la notion d'émergence.

## LE PROJET A2N-T : UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE POUR L'ANALYSE DES ÉVÉNEMENTS

Fin 2014, l'IRSN démarre un projet de refonte de l'analyse des événements déclarés par les exploitants nucléaires : A2N-T (pour Analyse de 2<sup>ème</sup> Niveau Transverse). L'objectif est de renforcer la transversalité et la pertinence des analyses produites.



"Since performance adjustments and performance variability constitute the foundation of Safety-II, it follows that the mechanisms cannot rely on causality and linear propagations of causes and effects. [...] The meaning of emergence is not that something happens 'magically,' but that it happens in a way that cannot be explained using the principles of decomposition and causality. [...] The 'causes' are thus reconstructed (or inferred) rather than found."



L'analyse de 2<sup>ème</sup> niveau telle qu'elle est abordée dans A2N-T se positionne sur la **recherche d'enseignements transposables** pour orienter les actions d'expertises de l'IRSN, orienter les études et la R&D en appui à ces expertises, etc. A ce titre, elle doit soutenir 4 fonctions principales :

- porter un jugement critique sur l'analyse de l'événement réalisée et reportée par l'exploitant, afin de fiabiliser les données d'entrée de l'analyse A2N-T ;
- suivre l'évolution d'une variable particulière à travers une démarche de type « relevé d'indicateurs », notamment pour surveiller l'évolution d'un phénomène pré-identifié, en rapport avec la maîtrise des risques ;
- repérer des récurrences sur un ensemble d'événements et porter des alertes sur un événement, un site particulier, une activité particulière, une population particulière d'intervenants, un phénomène (causal) particulier, etc. Il s'agit de détecter des phénomènes émergents (vieillesse par exemple), des défauts latents, des dérives de pratiques, mais aussi de questionner la pertinence des éventuelles actions correctives antérieures ;
- favoriser les actions de l'Institut à partir d'alertes ponctuelles ou de tendances observables (précurseur d'une situation grave, révélateur d'une situation dégradée, potentiel générique, etc.) tirées de ces analyses de second niveau.

En réponse à ce « cahier des charges », le projet A2N-T s'est, dans un premier temps, focalisé sur les aspects méthodologiques liés aux 2 premières fonctions, en développant des grilles d'analyses propres à identifier des enseignements pertinents relatifs à :

- **la qualité des comptes rendus d'événements significatifs (CRES)** : une grille de lecture a été conçue pour formaliser les attendus explicites et argumentés relatifs aux informations que les CRES doivent contenir. L'analyse critique d'un CRES revient donc à identifier les lacunes du CRES au regard de ces attendus ;
- **la maîtrise des risques** : une grille d'analyse a été conçue à partir d'un « modèle de maîtrise des risques » (MMR) structuré par la notion « d'activité »<sup>1</sup>, et couvrant la conception, le fonctionnement ou le démantèlement des installa-

tions. Cette grille consiste en une trentaine de « lignes de défense » (LDD), réparties en 5 catégories (planification, préparation, réalisation, REX, encadrement technique et organisationnel des activités). L'analyse d'un événement consiste alors à repérer, dans son scénario, les LDD qui se sont révélées défaillantes ou efficaces dans le but d'obtenir « une image du fonctionnement des dispositions de maîtrise des risques » à travers une analyse quantitative et qualitative de ces LDD. Parce que les LDD retenues pour guider l'analyse sous-tendent des dispositions concrètes techniques ou organisationnelles, A2N-T concrétise une approche sociotechnique de la maîtrise des risques intégrant des dimensions considérées comme techniques et des dimensions considérées comme relevant des facteurs organisationnels et humains (FOH).

La validité et la plus-value de cette approche ont été testées sur plus de 1000 événements significatifs en phase pilote. Ce modèle, l'approche analytique qu'il sous-tend et son usage pratique constituent le cadre dans lequel se situe la réflexion qui suit (figure 2).

## DES CONFIGURATIONS ÉMERGENTES PORTEUSES DE CAUSALITÉ

### CHASSEZ LA CAUSALITÉ, ELLE REVIENT AU GALOP !

La première partie a montré combien il était tentant de renoncer à la causalité. De fait, les pratiques de codage des événements (analyse des LDD défaillantes à partir de MMR) ont d'abord produit des analyses « à plat », identifiant les LDD défaillantes sans rechercher de relations particulières entre elles.

Compte tenu de la qualité variable des informations contenues dans les comptes rendus d'événement disponibles, cette approche permettait de produire des analyses factuelles, moins hypothétiques quant aux raisons des

1. L'activité étant « ce qui est fait », chacune d'elle est planifiée (A), préparée (B), réalisée (C), son résultat est analysé (D) et ces différentes phases se déroulent dans un environnement sociotechnique donné (E).

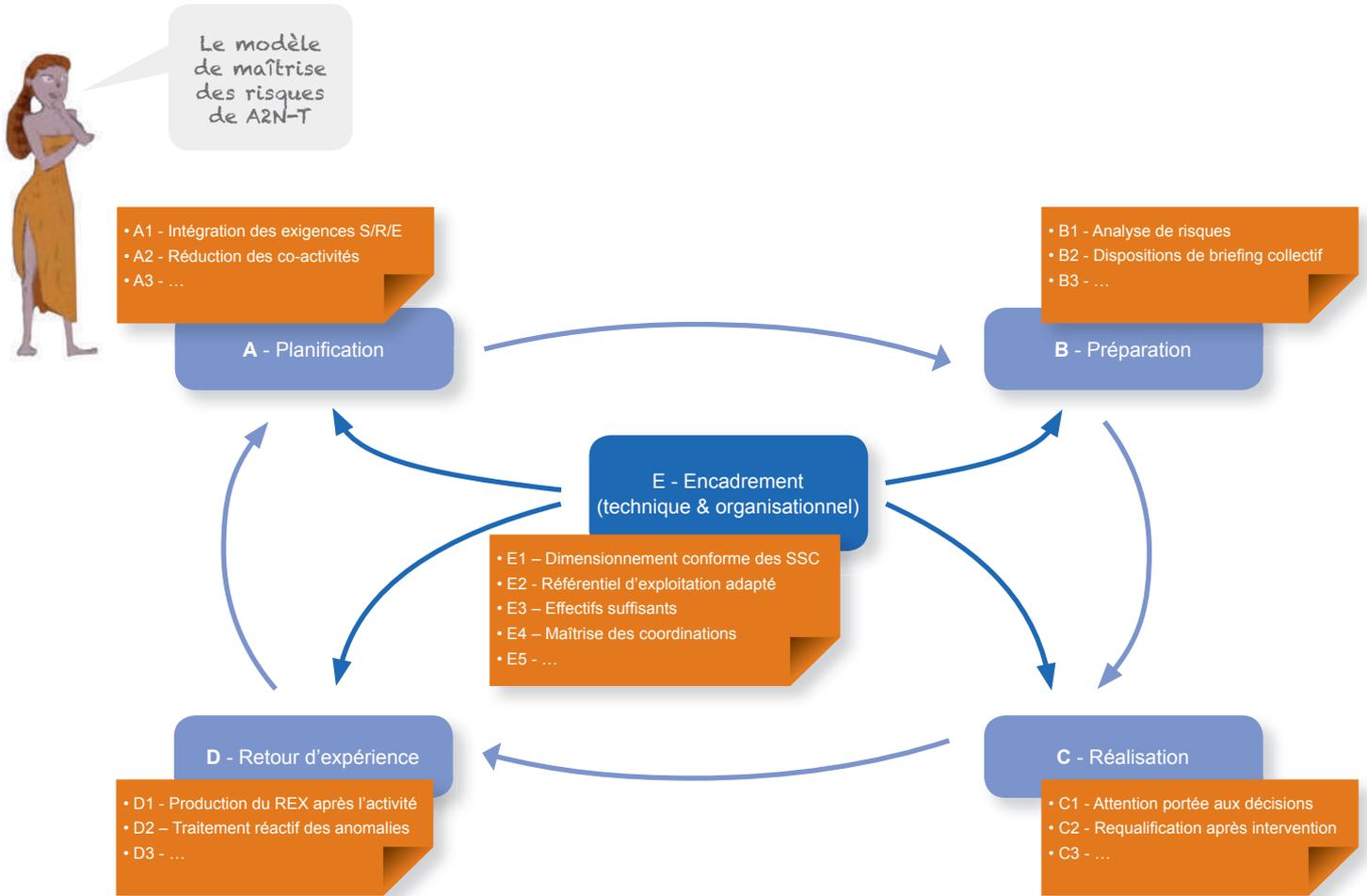
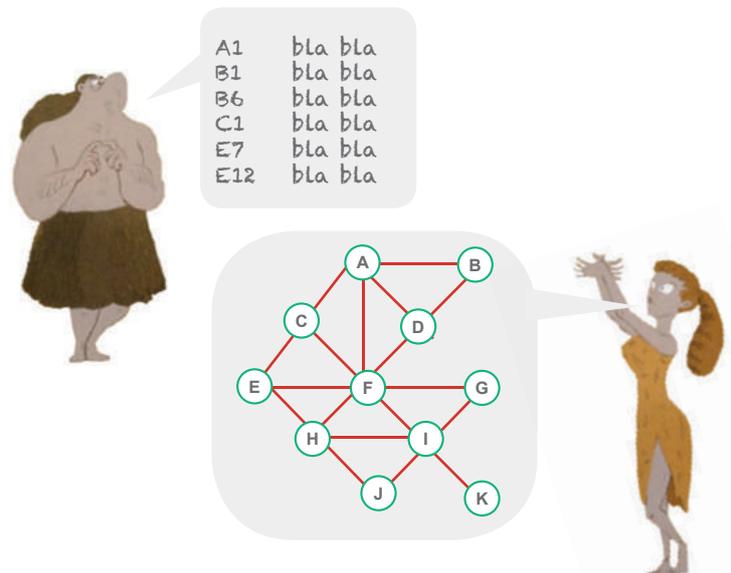


Figure 2.

défaillances et néanmoins d'une richesse suffisante pour en tirer des enseignements.

Mais l'expérience aidant, il est apparu que les LDD étaient potentiellement interconnectées quant aux conséquences de leur défaillance : *la défaillance d'une LDD X fragilise potentiellement la LDD Y*. Il était alors possible de réintégrer la notion de causalité à travers la recherche a posteriori d'interdépendances entre LDD en s'appuyant sur **les éléments de causalité implicite** intrinsèques au modèle. La représentation de l'événement sous forme d'une liste de LDD défaillantes se transforme en un graphe témoignant de l'enchaînement de défaillances de LDD.



**UN EXEMPLE**

L'événement survenu en 2016 dans une usine d'assemblage combustible, s'intitule : « *Absence de surveillance incendie en boîte à gant* ».

Une intervention de remplacement d'un connecteur de traversée de boîte à gant (BàG) est programmée. L'autorisation de travail (AT) délivrée aux prestataires en charge de l'intervention précise de ne pas déconnecter les câbles de la Détection Automatique Incendie (DAI), proches du connecteur à remplacer. Cette AT n'est pas transmise au Chef de Quart (CdQ).

Pour garantir l'étanchéité de la BàG lors de la dépose du connecteur, il faut un dispositif de confinement particulier. Une solution simple (sac vinyle) est retenue, mais infaisable à cause des câbles de la DAI à proximité. Le CdQ autorise alors le débranchement de ces câbles (il n'est pas conscient du risque...).

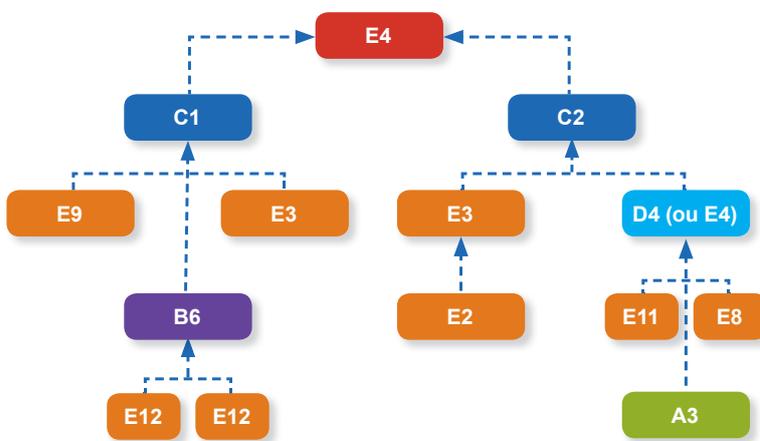
L'alarme « détecteurs en dérangement » est détectée au Poste de Supervision le lendemain matin de manière fortuite lors du traitement de défauts survenus à la suite de micro-coupures sur le réseau électrique.

L'analyse de l'événement « à plat » produit l'identification des défaillances suivantes :



Figure 3.

Partant de là, l'identification des interdépendances entre les défaillances des LDD permet de construire le graphe suivant :



Modélisé ainsi, l'événement revient à représenter un arbre des causes, un peu particulier. En effet, tous les nœuds du graphe sont des LDD défaillantes. On s'affranchit ainsi des difficultés inhérentes à l'élaboration d'un arbre des causes et des questions parfois métaphysiques qu'elle soulève : *cause ou conséquence ? Fait ou Non-fait ? Contexte ou Etat défaillant ? Etc.*

### DES PERSPECTIVES

L'hypothèse que nous pouvons formuler à l'issue de cette expérience est qu'il serait ainsi possible de faire émerger et repérer des schémas prototypiques - des événements témoignant d'un « même ADN » - entretenant des relations opportunistes (et non déterministes a priori) de cause à effet. Il s'agirait, soit d'un enchaînement de défaillances de LDD, soit de la co-occurrence de LDD, sans relation de précédence. Ces schémas prototypiques – autrement dit, ces configurations - donneraient lieu à des séquences événementielles récurrentes. Il est possible d'illustrer ce principe par quelques exemples théoriques :

Figure 4.

Schéma de défaillances	Cinétique événementielle
$E3 \rightarrow C1 + E7 \rightarrow E4$	Un défaut d'ergonomie (E3) induit une décision erronée (C1) et un défaut d'appropriation du référentiel (E7) qui engendrent une non-conformité d'exploitation (E4)
$A2 \rightarrow E8 \rightarrow B6 + E12 \rightarrow C1$	Un planning irréaliste sur une activité (A2) provoque une lacune d'effectif sur une autre activité (E8), ce qui engendre l'absence des intervenants clés en pré-job-briefing (B6), ceux-ci ne disposant pas des informations utiles à la coordination (E12), prennent une décision inappropriée (C1)
$B1 \rightarrow E9 \rightarrow C2 + D3$	Une analyse de risques lacunaire (B1) n'identifie pas le besoin de compétences particulières (E9) et le primo-intervenant désigné pour intervenir fait une erreur de geste (C2), erreur pour laquelle un REX existait mais n'a pas été porté à la connaissance de l'intervenant (D3)
$D3 \rightarrow B6 + B1 \rightarrow C1 \text{ ou } C2$	La non prise en compte d'un REX existant (D3) conduit à ignorer la nécessité de le partager en pré-job briefing (B6) et pénalise l'analyse de risque (B1), entraînant une erreur de décision (C1) ou de geste (C2) lors de la réalisation
$E4 + B1 \rightarrow E5 + E3 \rightarrow C1$	Une non-conformité d'exploitation (E4) concomitante à une mauvaise appréhension des risques en préparation (B1) rendent le référentiel inadéquat (E5) et génèrent un environnement physique propice à l'erreur (E3), ce qui entraîne une erreur d'analyse ou de décision en temps réel (C1)

Pour aller plus loin et tester cette hypothèse, deux axes de travail se dégagent :

- **consolider l'intuition des « schémas prototypiques »** : il s'agira avant tout de caractériser les interrelations entre LDD et de multiplier les données en traitant les événements disponibles ;
- **opérationnaliser le concept d'émergence** : pour ce faire, le recours aux innovations numériques que portent les technologies comme le Data Mining et le Big Data, sera une piste à explorer.

## CONCLUSION

Notre exposé a montré comment le recours à un modèle causal déterministe a priori a été abandonné, puis réintroduit - dans une démarche abductive - afin de rendre compte des interrelations existant entre les lignes de défense qui dysfonctionnent au cours d'un événement.

A partir de l'ensemble des données disponibles générées par la mise en œuvre des principes d'analyse définis au sein du projet A2N-T, l'hypothèse de l'existence de « schémas prototypiques récurrents » a été formulée. Il s'agirait de configurations particulières, pouvant s'exprimer dans des contextes spécifiques ou plus génériques, impossibles à élaborer *a priori*, mais qui pourraient « émerger » des données traitées (ensemble d'événements analysés).

C'est l'exploration de cette perspective qui fera l'objet des prochains travaux menés dans le cadre du projet A2N-T.

## RÉFÉRENCES

- HOLLNAGEL, E., LEONHARDT, J. LICU and T. SHORROCK S. (2013). From Safety-I to Safety-II: a white paper. Eurocontrol Report.
- IMdR (2013). Détection, pertinence et amplification des signaux faibles dans le traitement du retour d'expérience.
- INERIS, DECHY N., DIEN Y. et LLORY M. (2008). Les échecs organisationnels du retour d'expérience (www.ineris.fr ). Rapport N°DRA-08-95321-15660A du 23/12/2008,
- IRSN (2016). Le point de vue de l'IRSN sur la sûreté et la radioprotection du parc électronucléaire français en 2015. Rapport public, novembre 2016.

- IRSN (2017). Sûreté des installations nucléaires de base civiles autres que les réacteurs du parc électronucléaire français : enseignements tirés par l'IRSN des événements significatifs déclarés en 2015 et 2016. Rapport public, août 2017.
- LA PORTE, T., R. and CONSOLINI, P. (1991). Working in Practice But Not in Theory: Theoretical Challenges of High-Reliability Organizations. *Journal of Public Administration Research and Theory*, Vol. 1, pp. 19–47.
- ROBERTS, K.H. (1990). Managing high reliability organizations. *California Management Review*. Vol. 32(4), pp. 101–114.
- ROUSSEAU, J.-M. et LARGIER A. (2008). Industries à risques : conduire un diagnostic organisationnel par la recherche de facteurs pathogènes. *Encyclopédie Techniques de l'ingénieur*.
- ROUSSEAU, J.-M., ALENGRY, P., JOURNE, B., MORLET, T. et NOIZET A. (2011). Les facteurs organisationnels et humains de la gestion des risques : Idées reçues, idées déçues. Publication IRSN, décembre 2011.
- ROUSSEAU, J.-M., BRINGAUD, V., FAYOLLE, P., GAUTHEREAU, V., HERNANDEZ, G., LE ROY, G., MADEC, V., MAFFRE, J.-F., PICHANCOURT, I., RAUD, G. et VAUTIER J.-F. (2014). Faire du REX aujourd'hui : Pourquoi ? Comment ?. Publication IRSN.
- ROUSSEAU, J.-M., DECHY, N. et LARGIER A. (2016). Maîtriser le changement pour maîtriser les risques : quand l'amélioration continue devient illusoire. Congrès de l'IMdR λμ20, Saint-Malo.
- VAUTIER, J.-F., RAYTCHEVA, S., POURCHIER, J.-M., PIERLOT, S., XANTHOPOULOS, M., PERINET, R. DELTORT, B., ROUSSEAU, J.-M., QUIBLIER, S. et GARANDEL S. (2014). Questionner la pertinence des stéréotypes relatifs aux actions en repérant des effets générateurs de surprise et d'incertitude. Congrès de l'IMDR λμ 19, Dijon.

# CONSTRUCTION DE CONFIGURATIONS ACCIDENTOGÈNES ET LEURS VARIATIONS POUR UNE RECHERCHE D'INFORMATIONS DANS DE GROS CORPUS TEXTUELS

par Eric HERMANN et Michel MAZEAU (SAS Safety-Data CFH)

## INTRODUCTION

Le retour d'expérience des incidents et accidents constitue une dimension fondamentale de la gestion des risques qu'ils soient industriels ou naturels.

Depuis deux décennies les progrès technologiques sur l'acquisition, le stockage et les échanges d'informations ont permis de constituer de larges collections de données concernant des événements indésirables, incidents ou accidents, plaintes de clients, effets secondaires de médicaments...

La diversité des formats (audio, textuel, vidéo, numérique...), la facilité d'accès à ces données (cloud, datacenters...) ont permis une « banalisation » du recours à ces sources d'informations dans le domaine personnel et bien évidemment industriel.

Des environnements spécifiques dédiés à des entreprises et/ou des domaines industriels ont vu le jour, renforcés par une évolution rapide des législations qui ont imposé la transmission de données aux entreprises, aux organismes étatiques, aux particuliers... que ce soit au niveau des entreprises, des Etats voire au niveau continental et mondial.

Ce mouvement est particulièrement vérifié dans le domaine de la sécurité où très rapidement pour le fonctionnement des

entreprises, d'abord, et pour des objectifs de contrôle et de régulation au niveau des organismes de contrôle, ensuite, la collecte « systématique » est devenue la règle afin d'alimenter des processus de veille essentiellement statistique pour améliorer la sécurité des activités à risques.

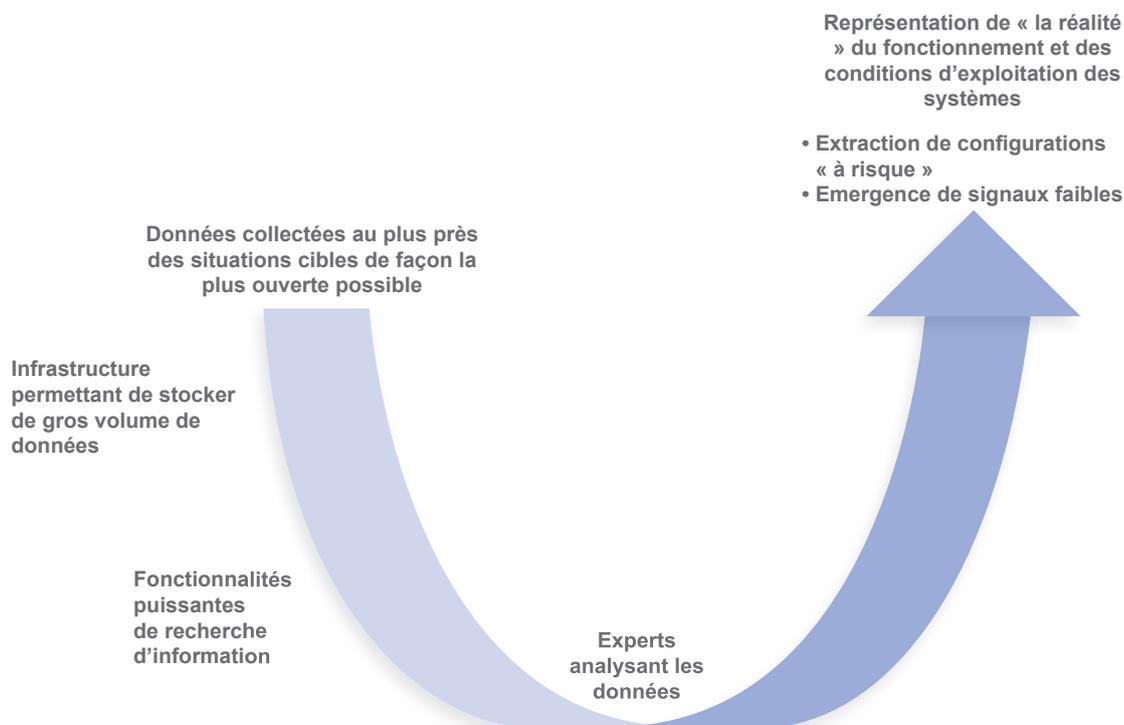
Une fois cette évolution acquise (ce qui est le cas aujourd'hui), la valorisation effective de cette information est apparue comme moins « évidente » qu'on pouvait le croire en première analyse.

Ce questionnement, souvent un peu naïf par rapport à la « toute puissance » de la quantité de données a trouvé et trouve encore un excellent exemple dans un questionnement récurrent à quasiment l'ensemble des domaines industriels : l'émergence de signaux faibles.

L'idée de base serait de faire « émerger » de la collecte d'informations sur le passé, une anticipation des événements importants de demain.

Cette recherche repose sur deux postulats :

- la quantité de données accumulées étant très importante, elle porte en germe, sous forme de trace, les événements graves à venir,
- il « suffit » de faire des statistiques pour apprécier l'évolution des tendances en cours dans l'avenir.



Processus « idéal » d'exploitation des données

Cette approche sous-estime (semble-t-il) deux réalités :

- les données ne sont pas « monolithiques », elles ne donnent pas une seule information à la fois. Avec l'information principale elles fournissent des informations de contexte, de temporalité, de causalité, informations qui peuvent mélanger des faits et des interprétations issues de connaissances ou de croyances erronées ... Et souvent l'information « périphérique » est justement celle qui est porteuse de sens pour la compréhension des événements (mention par le commandant de bord du fait que « l'hôtel de l'escale était particulièrement bruyant » en marge d'un rapport d'une erreur de pilotage qui aurait pu avoir de graves conséquences au décollage, et dont la fatigue peut donc être une des causes);
- par définition, les situations de rupture ne sont pas présentes dans les données du passé. L'imprévisible l'est en général ainsi non pas parce qu'il dépend d'une situation

associant des facteurs complètement exceptionnels mais parce qu'il ne répond pas aux modèles connus, aux stéréotypes d'une population donnée (Taleb, 2008 et 2009).



En clair, la croyance que « il n'y a qu'à » analyser les données quand il y en a beaucoup se traduit souvent par le passage du « **data first** » au « **data only** » qui signifierait que tout est dans les données et que la qualité de la valorisation dépend des capacités d'acquisition et de traitement, qu'il n'y a besoin ni de réfléchir sur le processus de REX, ni sur la modélisation des données, ni sur leur interprétation et par qui...

Notre expérience nous a montré que la question est « épistémologiquement » en décalage avec cette approche.

L'exploitation de ces données nécessite d'avoir recours à différents niveaux de modélisation indépendants des données elles-mêmes qui structurent le besoin et l'environnement de l'utilisateur.

Nous avons identifié quatre niveaux de modélisation :

- modélisation de la classe de situations recherchées (les situations « à risque » ou « accidentogènes » dans notre contexte de réflexion),
- modélisation des données et du type de structuration utilisé,
- modélisation de l'utilisateur et de son besoin,
- modélisation de l'information visée.

Auparavant, il convient de préciser ce que nous entendons par situation accidentogène.

## LA NOTION DE SITUATION ACCIDENTOGÈNE

La notion de situation accidentogène doit être précisée. Une situation accidentogène constitue un sous ensemble des situations auxquelles doivent faire face, (sont confrontés) l'opérateur (individuel ou collectif) d'un système. Les situations peuvent être décrites brièvement comme constituées des éléments suivants (Mazeau et Hermann, 2018) :

- L'opérateur poursuit un **but** général (atterrir à l'aéroport X, sur la piste Z), et au sein de ce but général des sous-butts (préparer le vol, faire face à un message système, prendre contact avec le contrôle en route...)
- L'opérateur dispose de **moyens** à sa disposition, moyens techniques, documentaires, humains, aide à distance... moyens qui ne sont pas toujours en état nominal (quelques alarmes affichées, bruits parasites dans les communications, documentation pas à jour, représentations mentales en décalage avec la réalité...). Dans une situation particulière, c'est un sous-ensemble de ces moyens qui est utilisé (par exemple l'utilisation de la radio et la langue anglaise pour prendre contact avec le contrôle en route).

- L'opérateur est limité et/ou doit respecter des **contraintes** techniques (poussée maximale des réacteurs, conception du désengagement du pilote automatique...) des contraintes réglementaires (suivi du plan de vol...) des contraintes économiques (minimisation de la consommation de carburant, des retards...), des contraintes sociales (nombre d'heures de vol de l'équipage...).
- La situation de travail se déroule dans un contexte physicochimique (la météo), spatial (les caractéristiques de l'aéroport d'arrivée), un contexte temporel (ce qui vient d'arriver, ce qu'on anticipe et qui peut être plus ou moins craint ou attendu), psychosocial (relations au sein de l'équipage, avec la tour de contrôle...).

Bien sûr les moyens sont aussi des contraintes et vice versa (la procédure, la prescription en est un exemple classique : c'est une contrainte à respecter, et une aide au travail). D'autre part le contexte peut générer des contraintes fortes (météo) ou au contraire des marges de manœuvres inhabituelles (coéquipier très expérimenté). L'arbitrage entre les catégories est en partie question de convention.

Une situation particulière (ou encore « caractéristique », « typique »...) correspond à une situation comme définie ci-dessus, dans laquelle un opérateur (individuel ou collectif) se trouve confronté à la poursuite d'un but particulier (faire atterrir l'aéronef), avec des moyens et des contraintes dans un état donné (avion en parfait état, obligation en fin d'approche de suivre l'ordre du contrôle et changer de piste), un contexte (vol en retard, brouillard...). Dans chaque situation les exigences (physiques, neurophysiologiques et neuropsychologiques, cognitives, psychiques, sociales et psychosociales...) pour l'opérateur peuvent être de différents niveaux. Lorsque ces exigences sont telles qu'elles demandent à l'opérateur l'utilisation de toutes ses capacités dans un seul des domaines d'activité énumérés ci-dessus (par exemple les capacités de traitement d'information complexe, la vigilance, l'attention distribuée...) pour y faire face, cela signifie que le moindre aléa peut ne pas être géré convenablement, et que les risques de résultat non pertinent sont élevés (risque d'erreur sur la décision,

risque d'assoupissement, risque de ne pas intégrer ce que dit le coéquipier ...).

On parle alors d'exigences « critiques » (par exemple l'opérateur doit gérer des dizaines d'alarmes en quelques minutes, établir la priorité de chacune tout en gardant une vue d'ensemble, tenter de redémarrer des dizaines de fois tous les réacteurs éteints en vol...). Dans certains cas, les choix faits en conception mettent hors de portée des exploitants une quelconque action face à la situation accidentogène, soit parce que la difficulté n'a pas été anticipée (casse d'un matériel de sécurité sans signe précurseur) ; soit parce que la représentation que les concepteurs ont des exploitants est très loin de la réalité (l'exploitant est présumé ne jamais faire d'erreur, ne jamais rien oublier etc.).

Les contraintes sont communes aux opérateurs, les exigences sont propres à chacun. Les mêmes contraintes pesant sur des opérateurs différents ne provoquent pas les mêmes astreintes, les mêmes exigences pour ces opérateurs : les mêmes exigences d'une situation peuvent être acceptables pour un opérateur, critique pour un second, insurmontables pour un autre suivant leurs compétences, leur santé etc.

Cette distinction entre contraintes et astreintes est présente dès l'origine de l'ergonomie, avec des variations de vocabulaires (au départ, les contraintes de la tâche sont aussi appelées « exigences de la tâche », alors que nous préférons réserver le terme « d'exigences » à l'ancienne notion d'astreinte, c'est-à-dire au coût de l'activité de l'opérateur pour faire face à la contrainte).

Un exemple de situation particulière accidentogène est celle qu'a rencontrée un équipage en phase d'atterrissage sur une île de la mer des Philippines : sur la trajectoire d'approche se situe une montagne à franchir. L'atterrissage se fait habituellement en s'alignant sur une balise appelée « ILS » (Instrument Landing System) et un « VOR » (VHS Omnidirectionnel Range). L'ILS de l'aéroport concerné est en panne, et le pilote le sait. Cela ne lui pose pas de problème pour atterrir seulement avec le VOR.

Généralement, l'ILS et le VOR sont au seuil de la piste. Mais dans le cas de cet aéroport particulier, l'ILS seul est au seuil de piste, le VOR est 8km avant l'ILS. Le pilote le sait.

Lors du vol, le pilote a affronté plusieurs tempêtes tropicales, il est fatigué. Il oublie au moment de l'atterrissage l'écart de 8km entre l'ILS et le VOR, et calcule une pente de descente sur le VOR comme s'il était au seuil de la piste. De ce fait, il descend trop tôt et se rapproche dangereusement de la montagne.

L'alarme de proximité du sol (GPWS, Ground Proximity Warning System) se déclenche, et le pilote redresse sa trajectoire et atterrit sans encombre. La barrière de défense a joué son rôle (ainsi *in fine* que le pilote).

On voit bien dans cet exemple le défi que représente la formalisation a priori de l'ensemble (jamais complet) des situations accidentogènes d'un système complexe. But, Moyens, Contraintes, Contextes se déclinent en une multitude de cas particuliers qui se composent entre eux de toutes les façons possibles. Face à cette explosion exponentielle, l'intérêt de l'exploration des bases de données de retours d'expériences est évident, ainsi que le choix d'aller directement chercher l'information au plus près de sa source (le rapport en langue naturelle), avant toute tentative de faire entrer ces informations « au chausse-pied » dans des cadres préétablis.

Mais encore faut-il disposer des bons outils : on peut se promener en ville avec un plan, car on est dans un univers bien décrit (modélisé). Dans la jungle, il vaut mieux un équipement adapté au milieu, un téléphone satellitaire, à défaut un GPS, et quelque expérience sur la survie en milieu hostile....

Cette question est modélisante pour les heuristiques d'analyse de situations complexes avec une approche systémique. L'identification et l'analyse de ce type de contexte ne peut reposer que sur un contenu narratif, intrinsèquement incompatible avec toute forme de structuration a priori sous peine de faire disparaître sa spécificité, faite de varia-

bilité dans la forme linguistique, comme dans le contenu. L'intérêt de cette approche vient de la particularité (unicité) des contextes exprimables en langue naturelle (par opposition à toute forme d'ontologie construite à priori) et son identification et son exploitation dépendent de la capacité à « maîtriser » cette variabilité sans la réduire outrancièrement, de façon à faire émerger de l'information.

### MODÉLISATION DE LA CLASSE DE SITUATION RECHERCHÉE

Si nous restons dans l'environnement de réflexion des situations « à risque », suivant que l'on opte pour une approche très descriptive, une approche privilégiant les relations causales, une approche prenant en compte la robustesse des barrières... on s'aperçoit que la recherche d'information est très différente.

Prenons, par exemple, le descriptif suivant issu d'une base de données compilant les événements safety dans le domaine aéronautique :

En croisière au niveau 320, à la verticale de XXX, le pilote constate des fluctuations dans le fuel flow et le torque du moteur gauche. L'alarme « low fuel pressure » se déclenche et le pilote décide de se dérouter sur ZCITY. Le vol est effectué avec le moteur gauche au ralenti et l'atterrissage en monomoteur. Au sol, le filtre à carburant est retrouvé colmaté et contient de l'eau gelée. L'équipage rapporte que les opérations d'avitaillement ont été longues à MCITY et effectuées sous une pluie importante.

Une approche descriptive mettra l'accent sur la catégorisation (voire sur plusieurs niveaux) de l'événement (ici « Défaillance Moteur »).

Une approche causale mettra l'accent sur la qualité du fuel dans la survenue de l'événement.

Une approche traitant des barrières (type bow tie) se concentrera sur la qualité de l'alarmer et les procédures de déroutement ayant permis d'éviter le crash.

Une approche plus systémique, prenant en compte la globalité de la situation pourra mettre en lumière les questions organisationnelles de l'aéroport ayant conduit à l'avitaillement de l'appareil dans des conditions à risques.

### LE MODÈLE DE DONNÉES

Le choix du modèle de données dont l'utilisateur dispose est fortement impactant pour l'accès à l'information. En clair, deux approches s'opposent :

- celle s'appuyant sur une structuration construite par des experts du domaine analysé. Cela nécessite de créer et de maintenir des ressources (lexiques, concepts, classes et méta-classes, attributs, relations...) exprimant la connaissance disponible dans le domaine ;
- celle privilégiant la variabilité intrinsèque des données et s'appuyant sur des outils d'analyse de cette variabilité qui permettront de rechercher des structures (pattern) et l'évolution de ces structures.

Appliqué à notre exemple, ces deux approches nécessitent :

- 1<sup>ère</sup> approche : des ressources décrivant le lien entre un aéroport, l'activité d'avitaillement, le fuel... mais si la ressource ne précise pas l'importance des conditions météo, le lien ne sera pas fait avec l'événement safety ;
- 2<sup>ème</sup> approche : des moyens de traitement capable de gérer « niveau 320 » avec la possibilité d'exprimer cette information par FL320 (très communément utilisé) afin de repérer dans l'ensemble de la base l'ensemble des événements ayant ce type de trait en commun pour le cas échéant permettre de structurer ensemble des contextes ayant ce point commun. Il ne s'agit pas de construire un dictionnaire des synonymes (toujours incomplet car évolutif), mais de pouvoir calculer la similarité entre Niveau 320 et FL320. Il faut donc que l'utilisateur dispose d'un moteur de recherche à la fois souple (gestion des similarités, des orthographes approximatives, des termes composés, des abréviations...) et très performant (possibilité de combiner de nombreux critères de recherche de type contient/ne contient pas, est supérieur à/inférieur à...).

## MODÉLISATION DE L'UTILISATEUR ET DE SES BESOINS

L'identification de ce niveau de modélisation est issu directement de l'expérience acquise des connaissances accumulées en sciences cognitives et de la conception et de l'exploitation des plateformes que nous avons développées. L'enjeu final est la capacité à répondre aux questionnements d'un utilisateur ou d'une organisation (et aussi de l'aider à se poser des questions qu'il ne se poserait pas sans les outils mis à sa disposition). L'expérience montre que de disposer de données et de moyens de recherche d'informations même puissants ne permet pas de garantir que l'on répond aux besoins des divers utilisateurs, d'autant que ces besoins vont rapidement évoluer avec l'arrivée d'un nouvel outil.

La seule solution est de s'assurer que les moyens de recherche de l'information que l'on propose à l'utilisateur recourent son modèle mental de la structure des données dont il dispose (ou plutôt les modèles mentaux, car chaque utilisateur peut structurer les mêmes données de façon différente en fonction des différentes questions qu'il se pose, cf. § ci-dessous) et des spécificités des moyens de recherche d'information (cf. le § précédent). Cela recoupe ce que l'on sait depuis longtemps déjà des démarches cognitives de compréhension, c'est-à-dire de construction d'une représentation, ou de mise en correspondance entre une représentation des données proposée par l'outil avec l'une des représentations mentales dont dispose l'utilisateur (par exemple Richard, 1990). Si ce n'est pas le cas, des biais importants peuvent apparaître. Nous avons donc commencé à implémenter des outils d'analyse comportementale afin d'essayer de repérer quel modèle mental utilise l'opérateur dans la conduite de sa recherche d'information afin le cas échéant de proposer d'élargir et/ou de l'aider à « réorienter » sa stratégie de recherche d'information.

Concernant l'exemple que nous utilisons, suivant le niveau d'expertise de l'utilisateur, celui-ci peut être amené à concentrer sa recherche d'information via plusieurs requêtes successives sur la recherche de rapports simi-

lares à un rapport existant pour en comprendre l'évolution dans le temps, les caractéristiques principales de contexte, ou à partir de son expérience à construire un événement « théorique » de toutes pièces et à rechercher si de tels événements ou des événements proches se sont réellement produits, ou encore étudier les facteurs de contribution à la survenue d'un pattern, et ses variations suivant les facteurs contributifs qui l'intéressent, etc.

## MODÉLISATION DE L'INFORMATION VISÉE

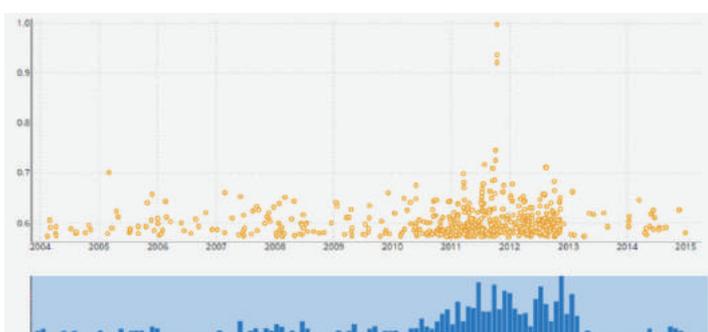
En lien très étroit avec les aspects évoqués dans le paragraphe précédent sur le modèle mental de l'utilisateur, le type - au sens large d'information visée - participe de l'analyse des problématiques de l'utilisateur.

Une modèle de représentation du langage écrit sous forme d'arborescence des phrases, permet à partir d'un mot choisi de présenter les « contextes droit » ou les « contextes gauche » du mot choisi dans chacune des phrases où ce mot est présent. Ce type de représentation permet une approche très exploratoire pour alimenter par exemple une 1ère phase de réflexion et construire des embryons d'hypothèses que l'on peut tester très rapidement. La logique est purement une analyse de proximité syntaxique mais permet de faire émerger des proximités dans les thématiques.

Ainsi, si l'on s'intéresse aux lésions physiques dans un ensemble de documents traitant d'accidents ou d'incidents, on s'aperçoit par exemple que les blessures sont principalement réparties dans l'expression écrite en fonction de la catégorie des personnes blessées (passagers, équipage, personnes au sol...) et non par type de blessure (ce que l'on peut ensuite vérifier en affichant la partie gauche des textes autour du mot « blessures »). Autre enseignement de ce simple examen, les blessures aux personnes et les dommages à l'avion sont traités de façon très rapprochée dans les récits.

Une autre présentation de corpus textuels est possible. Elle est réalisée (voir ci-dessous) à partir d'un graphe de « similarité » entre l'ensemble des rapports d'une base de

données et un rapport pivot (ci-dessus). Elle met l'accent sur la récurrence de ce type d'événement en prenant en compte les différents niveaux de similarité (en ordonnée) et le temps (en abscisse).



Chaque point représente un rapport. La similarité entre les rapports (axe vertical) exprime la proximité sur l'ensemble des rapports. Les points bas ne sont similaires que sur une partie des éléments contenus dans le rapport pivot, les points hauts représentent des rapports présentant une similarité sur l'ensemble des aspects contenus dans le rapport pivot. Le graphe est organisé en fonction du temps (axe horizontal). Une sélection des rapports les plus proches peut être réalisée, et étudiée plus en profondeur.

On met ainsi en évidence la naissance et la croissance d'un type d'événement source de risque, puis son évolution suite aux mesures prises, ici sa quasi-disparition. Dans certains cas, on verra apparaître la saisonnalité de l'événement analysé (migration oiseaux) etc.

On aboutit ainsi à permettre à l'utilisateur une démarche de réflexion « naturelle » chez l'opérateur, ainsi que J. Rasmussen la décrivait déjà en 1986, faite d'allers et retours sur deux axes :

- un premier axe selon une hiérarchie d'abstraction des **finalités** du système (e.g. puissance développée) aux **moyens** physiques de les atteindre (e.g. vanne X) ;
- un second axe selon une hiérarchie de décomposition de **l'ensemble du système** (fonctionnement du système électrique) aux **composants physiques** (disjoncteur) - et vice versa.

## CONCLUSION

La pertinence du REX appliqué au traitement de données en grand nombre est directement conditionné par des choix des utilisateurs. Ces choix sont épistémologiques en ce sens qu'ils représentent un choix de représentation de la réalité, de la genèse des données, de leur structure et de ce que l'on cherche quelquefois sans savoir qu'on le recherche, au moins au départ : dans tous les cas, les calculs, aussi sophistiqués soient-ils, ne peuvent donner que des résultats (une représentation de la réalité) qu'il faut interpréter. Et si la mise en évidence des similarités, des classes, des relations... peut être faite par la machine, à condition qu'on « l'alimente » convenablement, dans tous les cas, l'interprétation ne peut être qu'humaine, c'est le « matching », entre les résultats donnés par la machine et une représentation mentale (préexistante ou non) d'un expert.



L'expérience proposée en 1973 par J.-P. Benzékri, illustre parfaitement ce dernier point : il demande à des sujets de saisir une longue séquence de caractères frappés « au hasard » sur un clavier. L'analyse de données permet de retrouver... la configuration du clavier (azerty...) : l'être humain est incapable de générer une suite réellement aléatoire. On retrouve donc par l'analyse de données la seule structure possible, celle des caractères contigus sur le clavier. Mais pour interpréter, c'est-à-dire comprendre ce résultat, il faut avoir déjà en tête la représentation mentale du clavier azerty (ou la remarquer à ce moment), sinon les résultats de l'analyse paraissent eux aussi relever du hasard et risquent fort d'être négligés... (communication orale, Philippe Genthon, auteur du dictionnaire de l'intelligence artificielle, 1989, éditions Hermès).

## RÉFÉRENCES

- BENZEKRI, J.-P. (1973). L'analyse des données. Dunod.
- MAZEAU M., HERMANN E., Démarche ergonomique, EMC - Pathologie professionnelle et de l'environnement 2018;13(1):1-12 [Article 16-780-A-60].
- RASMUSSEN, J. (1986). Information processing and human-machine interaction : An approach to cognitive engineering. New-York : North-Holland, 228 p.
- RICHARD, J.-F. (1990). Comprendre, raisonner, trouver des solutions. Armand Colin.
- TALEB, N. (2008). Le cygne noir. Les belles lettres.
- TALEB, N. (2009). Le hasard sauvage : comment la chance nous trompe. Les belles lettres.

# CONFIGURATIONS-TYPE DANS L'INCIDENTOLOGIE FERROVIAIRE : DU MODÈLE SYSTÉMIQUE DE DESCRIPTION DES ÉVÉNEMENTS SÉCURITÉ AU MANAGEMENT DES RISQUES

par **Christian BLATTER** (Consultant Facteurs Humains, ancien responsable du Pôle FOH à SNCF Réseau, direction de la Circulation), **Laurent KARSENTY** (consultant ErgoManagement, chercheur associé au CRTD-CNAM) et **Adeline PERNET** (experte FOH à SNCF Réseau, direction de la Circulation)

*Christian BLATTER anime le groupe de travail et de réflexion (GTR) « Les Facteurs humains dans la conception et le retour d'expérience » de l'IMdR.*

## CONTEXTE DE L'ÉTUDE

En 1989, à la suite des catastrophes ferroviaires qui avaient profondément marqué la décennie (Flaujac, 35 morts ; Argenton-sur-Creuse, 43 morts ; Gare de Lyon, 56 morts,...), paraissait le rapport de la Commission d'experts chargée d'un audit sur les systèmes de sécurité de la SNCF. Celui-ci mettait en avant l'enjeu de recenser et d'analyser l'ensemble des causes humaines et contextuelles des erreurs pour prévenir les incidents et accidents ferroviaires : formation des agents, outils, équipements et environnement de travail, organisation, roulements horaires, procédures de sécurité, système de sanction...

En 1995, un département Facteurs Humains est créé, puis des pôles FOH (Facteurs Organisationnels et Humains) apparaissent dans les différentes directions métiers de la

SNCF à partir des années 2000. Pourtant, force est de constater qu'aujourd'hui encore, dans l'entreprise, l'erreur humaine demeure assez souvent vue comme la cause première des événements sécurité et non comme la conséquence d'un système défaillant. Une partie de l'encadrement et des experts sécurité pense avoir compris un incident dès lors qu'elle a identifié la ou les erreurs humaines à son origine.

La compréhension des FOH est en progression, mais même lorsque des Retours d'Expérience (REX) mettent en avant les facteurs organisationnels, on constate que les dirigeants de proximité proposent des actions d'amélioration portant essentiellement sur l'humain. Par ailleurs, la plupart des analyses FOH sont faites en réaction à un incident à l'occasion d'un REX et sont trop peu tournées vers l'identification proactive des situations potentiellement à risques.

## OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Afin de dépasser les limites qui viennent d'être mentionnées, le pôle FOH de la direction de la Circulation de SNCF Réseau a engagé une étude. Ses objectifs étaient doubles :

- d'une part, améliorer la démarche FOH d'analyse des événements sécurité. Il s'agissait de s'appuyer sur un modèle et une représentation des incidents et quasi-incidents qui facilitent l'analyse des FOH et l'identification des barrières de défense (opérantes ou défaillantes) et qui permettent de mieux situer les erreurs humaines dans cette analyse. L'analyse devait s'appuyer sur des configurations-type de facteurs de risques propres à chaque type d'événement. Elle devait aussi permettre d'obtenir des mesures efficaces d'amélioration afin d'éviter la survenue d'événements similaires.
- d'autre part, développer une vision proactive de la sécurité chez les encadrants. Il s'agissait d'enrichir la formation actuelle des encadrants à l'analyse des risques en s'appuyant notamment sur les configurations-type de facteurs d'influence. Une expérimentation de la formation enrichie devait permettre de mesurer ses effets sur la capacité d'anticipation des situations à risque (effets à court terme dans un premier temps).

L'étude a porté sur les événements sécurité liés à des erreurs d'itinéraire, 2<sup>ème</sup> cause d'incidents ou de quasi-accidents après les erreurs de protection des travaux dont l'étude FOH avait déjà fait l'objet de travaux (Blatter et Herrera, 2014). Ces événements représentent environ 30% du total des événements annuels du domaine de la Circulation à la SNCF.

## QUELLE MODÉLISATION DES INCIDENTS FERROVIAIRES POUR DES MANAGERS ET EXPERTS SÉCURITÉ ?

Ce chapitre est l'occasion de revenir sur le cheminement qui a conduit le pôle FOH à la modélisation sous forme de configurations-type à la SNCF. Nous passerons en revue les modèles mis en œuvre dans divers domaines d'activité,

en particulier celui du transport, et nous tenterons d'en faire une approche critique.

## L'ARBRE DES CAUSES

### DESCRIPTION

La méthode de l'Arbre des Causes ou ADC (INRS, 1970) nécessite de construire des arbres logiques où les relations causales expliquant l'accident sont formalisées de manière graphique. Il ne s'agit pas de représenter la séquence chronologique des événements de l'accident, mais leur enchaînement causal. La construction de l'arbre des causes débute par le fait ultime de l'accident, avec ses conséquences humaines ou matérielles (personne qui glisse au sol et se foule la cheville, train qui pénètre sur une portion de voie protégée en talonnant l'aiguille, etc.). On recherche ensuite progressivement les causes en se posant les questions suivantes afin de s'assurer du lien logique entre les faits :

- Qu'a-t-il fallu pour que cela arrive ?
- Est-ce nécessaire ?
- Est-ce suffisant ?

On reconstitue la chaîne causale en partant du fait ultime et en construisant les relations logiques entre les faits : relations d'enchaînement, conjonctions et disjonctions.

### APPROCHE CRITIQUE DE L'ADC À LA SNCF

Lors d'une recherche menée sur les accidents du travail à la SNCF, 11 accidents de plain-pied étudiés par des dirigeants de proximité ont refait l'objet d'une enquête FOH et une analyse critique des ADC produits a été effectuée (Blatter *et al.*, 2009).

Cette analyse a révélé les faits suivants :

- Les accidents sont souvent mal analysés, on en reste aux causes immédiates (manque de formation, de temps...).
- Les ADC sont souvent mal construits et incomplets car les relations logiques sont mal comprises ; par ailleurs, il existe une confusion fréquente entre relation causale et relation séquentielle.

- Les ADC sont considérés comme une obligation à remplir, plutôt que comme une représentation pouvant aider à la réflexion. L'ADC n'amène pas à réfléchir sur les barrières de défense visant à prévenir ou récupérer les erreurs, ou atténuer les conséquences humaines ou matérielles d'un accident.
- L'ADC ne permet pas de travailler sur des familles d'incidents.
- Les recommandations sont généralement rares, locales, et « de bon sens ». Elles concernent le plus souvent des rappels de procédures, de vigilance, de prudence, pas toujours pertinentes par rapport aux causes avérées.
- Lorsqu'elles concernent des propositions de modifications techniques ou organisationnelles, elles ne sont pas souvent suivies d'effet.

Ces constats ont conduit la SNCF à rechercher des alternatives à la méthode de l'arbre des causes.

## UNE APPROCHE ALTERNATIVE DÉVELOPPÉE PAR LES ERGONOMES DE LA SNCF : LES FACTEURS D'INFLUENCE

### DESCRIPTION

L'analyse FOH des incidents de la maintenance de l'infrastructure et de la circulation ferroviaire s'appuie sur la notion de Facteurs d'Influence (FI). Il s'agit de facteurs qui ont pu modifier le fonctionnement optimal du système et mettre en difficulté l'agent dans son activité (SNCF, 2004). Une liste d'une centaine de Facteurs d'Influence est ainsi proposée aux dirigeants de proximité et aux experts sécurité pour leur permettre de caractériser les événements sécurité au sein du REX (Cf. figure 1).

Liste des facteurs d'influence	
<b>PROCÉDURES</b>	
<b>Conception du document</b>	
<input type="checkbox"/>	Information dispersée dans différents documents
<input type="checkbox"/>	Structure des documents inadaptée (lourds, touffus, complexes...)
<input type="checkbox"/>	Tâche définie
<input type="checkbox"/>	Volume de d
<input type="checkbox"/>	Plusieurs act
<b>OUTILS, POSTE DE TRAVAIL, ENVIRONNEMENT</b>	
<b>Environnement, disposition des lieux</b>	
<input type="checkbox"/>	Documents, équipements mal rangés
<input type="checkbox"/>	Outils et supports d'information dispersés
<input type="checkbox"/>	Ambiance phys
<input type="checkbox"/>	Configuration d
<input type="checkbox"/>	Événements ext
<b>HOMMES</b>	
<b>Connaissances, compétences</b>	
<input type="checkbox"/>	Expérience conduisant à reproduire le même comportement
<input type="checkbox"/>	Expérience récente sur le poste (absence / mauvaise anticipation, diagnostic...)
<input type="checkbox"/>	Pratique discontinue / espacée dans le temps
<input type="checkbox"/>	Compétence pa
<b>ORGANISATION</b>	
<b>Charge de travail / Répartition des tâches</b>	
<input type="checkbox"/>	Surcharge de travail (même ponctuelle)
<input type="checkbox"/>	Bouleversement de la répartition de la charge de travail prévue
<input type="checkbox"/>	Sous-effectif prévu (même ponctuel)
<input type="checkbox"/>	Sous-charge de travail (sommolence, baisse d'attention)
<input type="checkbox"/>	Coordination défaillante entre collègues, identification erronée d'un interlocuteur
<input type="checkbox"/>	Nombre important d'acteurs pour une procédure (Info se dégrade en cours de route)
<input type="checkbox"/>	Changement d'organisation (d'agents et/ou de programme) à la dernière minute
<input type="checkbox"/>	Cumul de fonctions excessif à un moment donné
<input type="checkbox"/>	Morcellement important du travail, tâche sur-détaillée (perte de sens)
<input type="checkbox"/>	Changement récent dans la composition de l'équipe
<input type="checkbox"/>	Partage des tâches avec un agent d'expérience récente
<b>Hommes / Moment d'apparition</b>	
<input type="checkbox"/>	Événement en milieu de nuit (0h à 5h) ou tôt le matin
<input type="checkbox"/>	Événement à la prise ou à la fin du service
<input type="checkbox"/>	Événement après plusieurs nuits de travail
<input type="checkbox"/>	Agent interrompu dans son travail (rupture de séquence)
<input type="checkbox"/>	Travail en horaires décalés
<input type="checkbox"/>	Même contexte / événement apparu les jours précédents
<b>État global de la situation, de l'organisation</b>	
<input type="checkbox"/>	Incident, situation perturbée
<input type="checkbox"/>	Moyens inadaptés pour atteindre les objectifs
<input type="checkbox"/>	Maintenance des outils ou des installations inadaptée
<input type="checkbox"/>	Matériel utilisé inadapté
<input type="checkbox"/>	Pression temporelle
<input type="checkbox"/>	Phase de démarrage d'une organisation
<input type="checkbox"/>	Intervention de prestataires internes ou externes
<input type="checkbox"/>	Turn over, CDD, détachement
<b>Contenu du travail à réaliser, tâches</b>	
<input type="checkbox"/>	Travail monotone
<input type="checkbox"/>	Objectif fixé à l'agent inadapté à ses possibilités
<input type="checkbox"/>	Changements fréquents de poste de travail
<input type="checkbox"/>	Ordres reçus contradictoires
<input type="checkbox"/>	Objectifs poursuivis par les agents incompatibles entre eux
<input type="checkbox"/>	Plusieurs demandes faites à l'agent en même temps
<b>Formation</b>	
<input type="checkbox"/>	Formation inachevée
<input type="checkbox"/>	Formation inadaptée aux besoins
<input type="checkbox"/>	Méconnaissance des autres métiers (en particulier de leurs contraintes)
<input type="checkbox"/>	Formation trop ancienne (absence de rappel)
<input type="checkbox"/>	Absence de module pratique

Figure 1. Les facteurs d'influence utilisés dans l'analyse FOH du REX Circulation

Les FI sont des déterminants des événements sécurité, issus d'analyses FOH de terrain. A la différence des causes de l'ADC, ce ne sont pas des facteurs objectifs, prouvés, mais des facteurs ou cofacteurs probables. Ils sont différenciés selon une typologie FOH (documents de prescription, outils-installations-environnement, homme/collectif de travail et organisation).

Les FI permettent à des non spécialistes des Facteurs Humains de faire l'analyse profonde, non seulement de l'événement, mais aussi de la situation de travail dont celui-ci procède (ce qui peut faire remonter l'analyse très en amont ou sur des activités apparemment éloignées). Une méthodologie d'enquête et d'analyse associée à une formation permettent de guider les utilisateurs dans la démarche. Les FI sont intégrés à l'outil de REX Ré-Dièse du métier Circulation et l'analyse FOH est réalisée quasi-systématiquement par les managers et experts sécurité (87%), et systématiquement dans les cas d'événements sécurité remarquables (ESR).

Les résultats des analyses FOH sont partagés à tous les niveaux, depuis l'équipe jusqu'à la direction, en passant par les établissements. De même les solutions correctives portent sur tous les niveaux du métier Circulation et peuvent amener à agir sur les métiers connexes (Maintenance et Travaux, Traction, Escalé,...).

### **LIMITES DE L'ANALYSE FOH DANS LE REX PAR LES FACTEURS D'INFLUENCE**

Les analyses FI ont largement supplanté les arbres de causes dans l'analyse des événements relatifs à la sécurité de l'exploitation ferroviaire. Toutefois quelques remarques critiques peuvent être émises :

- La logique sous-tendant la catégorisation des facteurs d'influence n'apparaît pas toujours explicitement pour les dirigeants de proximité et experts sécurité qui enquêtent et analysent les événements (confusions entre causes externes et effets sur les individus, sentiment de redondance entre FI, ...).
- La caractérisation des événements sécurité par une liste de facteurs d'influence renvoie à une vision analytique

voire atomisée, et non globale et systémique des causes d'incidents, ce qui entraîne une difficulté à donner un sens aux événements.

- L'analyse est limitée la plupart du temps à un événement unique et ne permet pas de trouver des causes récurrentes.
- L'approche REX reste encore largement centrée sur une vision « a posteriori » et non proactive de la sécurité, et n'aide pas à détecter et prévenir les menaces et fragilités.

### **LES SCÉNARIOS-TYPE D'ACCIDENT**

#### **DESCRIPTION**

Le modèle des scénarios-type d'accident a été développé par l'INRETS (aujourd'hui IFSTTAR) pour l'étude des accidents de la route (Brenac et Fleury, 1993). Ce modèle a été élaboré en partant du constat que l'analyse monographique donnait difficilement matière à généralisation, mais que l'analyse statistique faisait perdre la notion de processus d'accident.

Les scénarios-type visent un niveau de description intermédiaire :

- ils décrivent des régularités dans les mécanismes de production des erreurs ;
- ils rendent compte de phénomènes génériques (des «pathologies») auxquels on va pouvoir apposer des solutions (des «remèdes»).

Un scénario-type est défini comme le déroulement typique de processus auxquels on peut rattacher un groupe d'accidents qui présentent des similitudes du point de vue de l'enchaînement des phénomènes.

La notion de scénario-type s'appuie sur le concept de défaillance fonctionnelle. Van Elslande (2003) considère l'« erreur humaine » comme une « défaillance fonctionnelle », c'est-à-dire une défaillance des fonctions qui permettent habituellement à l'opérateur de réguler son activité dans le sens d'une adaptation réussie aux difficultés rencontrées dans l'accomplissement de sa tâche (par ex., problème de saisie d'information, de diagnostic ou de pronostic porté sur la situation,...).

La démarche d'analyse est la suivante :

1. dans un premier temps, on procède à une étude détaillée des accidents ; puis lors de l'analyse, les défaillances fonctionnelles des opérateurs sont mises en évidence et répertoriées dans ces scénarios ;
2. les facteurs ayant conduit à ces défaillances sont catégorisés selon leur source :
  - interne à l'opérateur (fatigue, distraction...)
  - externe (environnement...).

### INTÉRÊTS ET LIMITES DES SCÉNARIOS-TYPE

Le modèle a été appliqué à l'analyse de 22 incidents liés à des erreurs de protection des chantiers de maintenance (Blatter et Herrera, 2014). Il a permis de mettre l'accent sur les causes contextuelles (volume des demandes de protection travaux, demandes de dernière minute, complexité de certaines procédures, etc.) et la faiblesse des barrières de défense comme les outils, au détriment des causes humaines privilégiées habituellement (par exemple, le manque de rigueur).

Il a abouti à un plan dit « Sécurité-FH » de 7 actions phares pour pallier les défauts d'organisation (coopération inter-métiers, pressions productives), d'outils et de consignes.

Toutefois, cette étude a permis de montrer quelques limitations du modèle de scénario-type tel que l'a présenté l'INRETS :

- l'approche permet de faire apparaître des causes endogènes (liées au conducteur) et exogènes (liées au contexte), mais l'accent est surtout mis sur un dysfonctionnement de la régulation par l'opérateur, moins sur les causes contextuelles induisant l'erreur humaine ;
- il reste complexe d'utilisation pour des non-spécialistes FOH ;
- il n'impose pas d'identifier les barrières de défense défaillantes.

### MODÈLES SYSTÉMIQUES DE L'ACCIDENT : MODÈLE DE REASON ET CONFIGURATIONS-TYPE

#### LE MODÈLE DE REASON

Dans sa thèse sur les modèles d'accident systémiques, Karim Hardy (Hardy, 2010) indique que « 3+1 » caracté-

ristiques définissent un système, ou tout au moins rendent possible sa compréhension :

- la structure, qui définit les éléments et leurs relations ;
- la fonction qui représente les résultats ou effets produits ;
- le processus qui définit la séquence des activités et la façon dont les résultats sont produits ;
- le contexte qui définit l'environnement dans lequel le système est situé.

Ces « 3+1 » caractéristiques ont la capacité de décrire un accident systémique.

Le modèle des défenses en profondeur de Reason (Reason, 2000), dit du Swiss Cheese Model, est populaire (dans sa version simplifiée, il a la forme d'un ensemble de tranches de fromage suisse à trous, placées les unes derrière les autres, ensemble traversé par une flèche passant par les trous alignés des tranches et représentant l'occurrence d'un accident). Les trous correspondent à des défaillances. La dernière tranche avant la représentation de l'accident montre des défaillances « actives » - c'est-à-dire évidentes - relatives à l'opérateur humain. Mais le modèle montre que c'est généralement de causes ou de conditions « latentes », c'est-à-dire dormantes, que procèdent les défaillances actives : par exemple, un collectif de travail sans cohésion, des équipements matériels défaillants, une organisation inadaptée, des décisions stratégiques erronées. Selon ce modèle, la cause de l'événement est une combinaison fortuite de défaillances actives et latentes associées à des barrières de défense défaillantes.

Toutefois, une représentation plus élaborée (Lee, 2011) montre que le modèle est systémique et non linéaire, comme pourrait le laisser penser la trajectoire vers l'accident passant par un alignement des trous dans la représentation simplifiée. Pour rendre compte de cette dimension systémique du modèle, il faut considérer que :

- les éléments qui se combinent dans la genèse d'un accident ne sont pas nécessairement des défaillances : ils peuvent aussi correspondre à des faits « normaux ». On peut citer, par exemple, le cas de deux trains entrés en collision alors

qu'ils étaient sur des voies de service convergentes après que les conducteurs eurent tous deux interprété un signal de départ donné par un agent au sol comme leur étant adressé. Si le fait que l'agent au sol n'a pas donné le signal de départ de manière totalement réglementaire explique en partie l'incident (l'agent au sol est resté à distance du train en allumant la lanterne signalant le départ au lieu d'être au pied du train, comme l'exige la règle), ce fait s'est combiné avec la présence inhabituelle, mais « normale », de deux trains stationnés sur des voies convergentes et en attente d'un signal de départ au même moment.

- au-delà des défaillances latentes, des conditions de travail favorisent des erreurs et violations. Par exemple, les travaux sur les voies sont la plupart du temps réalisés en extérieur de nuit, quand il n'y a pas de circulations commerciales. Or, l'éclairage est souvent moins bon qu'en plein jour ou que dans un espace fermé tel qu'un tunnel, ce qui est susceptible d'occasionner des erreurs dans la prise d'information.
- des boucles de rétroaction doivent être prises en compte pour rendre compte de la complexité des phénomènes incidentels. Par exemple, des erreurs constatées sur le ter-

rain peuvent conduire le management à mettre en place de nouveaux dispositifs pour les éviter ; ces dispositifs peuvent alors engendrer un nouveau type d'erreur opérationnelle qui n'a pas été pris en compte dans la conception des barrières de défense, ce qui augmentera la probabilité d'un incident.

### LES CONFIGURATIONS-TYPE

Inspiré des modèles précédemment décrits, et notamment de celui de Reason, le modèle des configurations-type est une représentation d'un incident-type issue d'une analyse approfondie de plusieurs incidents similaires (Pernet, Blatter et Karsenty, 2016).

Une configuration-type met en évidence les facteurs d'influence prédominants et leur moment d'apparition (présents le jour de l'événement ou en amont), la ou les erreur(s) engendrée(s) ainsi que les barrières de défense absentes ou inefficaces (Cf. figure 2).

Cette vision d'un modèle systémique recouvre plusieurs des caractéristiques présentées par le modèle de Reason : inter-

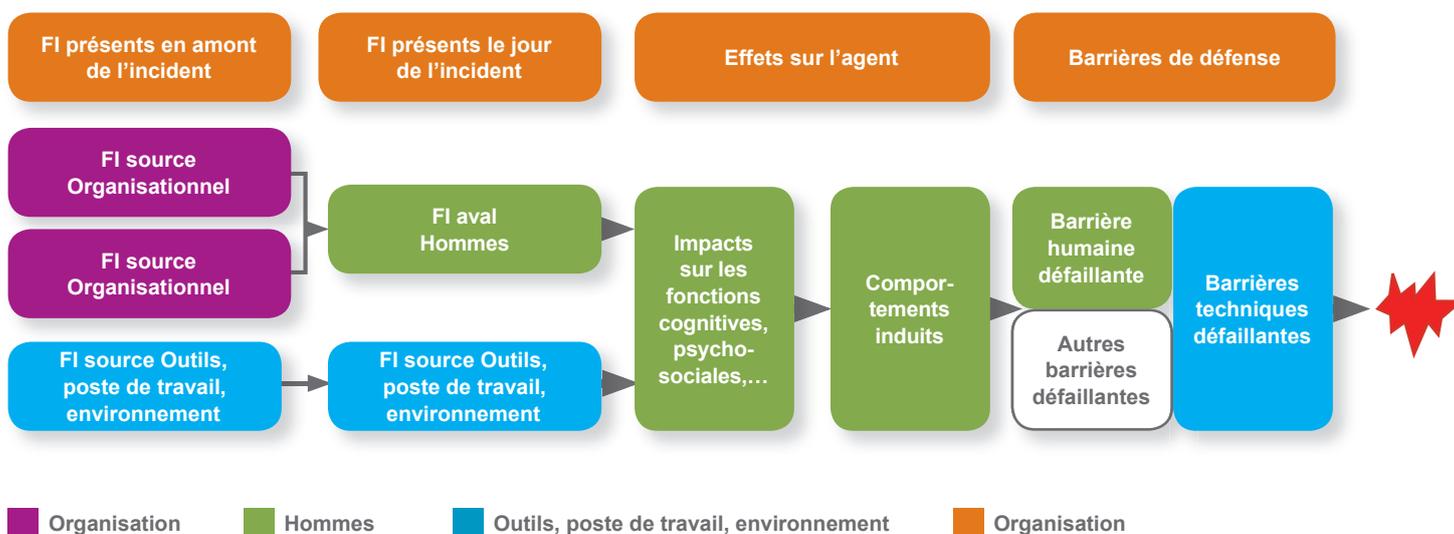


Figure 2. Représentation d'une configuration-type

connexions entre les niveaux d'une organisation, complexité des interactions, importance des rétroactions (Larouzee, Guarnieri et Besnard, 2014). Toutefois, le modèle des configurations-type que nous avons produit reste relativement linéaire dans sa représentation graphique : s'il montre bien les interactions entre causes latentes amont et causes actives aval pour une même catégorie de FI, il ne permet pas de décrire simplement les interactions entre des catégories différentes. Ceci s'explique par le fait qu'il est apparu difficile d'expliquer un modèle systémique et de le faire utiliser à des non-experts FOH. Nous avons donc préféré procéder par étape en visant un premier objectif, à savoir permettre aux non-experts de comprendre (1) qu'une situation incidentogène résulte d'une combinaison de FI et de leurs effets sur l'opérateur, encore appelé ici agent, (2) que l'erreur humaine ne suffit pas à expliquer l'incident, et (3) que son identification ne suffit pas pour trouver des paradés réellement efficaces.

Dans le chapitre suivant, nous montrerons comment ce modèle a été appliqué aux incidents liés aux erreurs d'itinéraire.

## CONSTRUCTION ET UTILISATION DES CONFIGURATIONS-TYPE : PREMIÈRE EXPÉRIMENTATION

### CONSTRUCTION DE CONFIGURATIONS-TYPE LIÉES À DES ERREURS D'ITINÉRAIRE

La première étape de la recherche a consisté à construire les configurations-type des incidents liés aux erreurs d'itinéraire :

- Non Vérification d'Itinéraire ou NVI
- Réception intempestive d'un train sur Voie Occupée ou RVO
- Autorisation de franchissement d'un signal fermé sans Vérification ou AFSV
- Itinéraire modifié sous mouvement ou IMSM

Une analyse qualitative de ces incidents a été effectuée par un ergonome, expert Facteurs Humains, à partir de 40 dossiers REX (10 par type d'événement).

La moitié de ces événements ont ensuite fait l'objet d'une analyse de terrain (entretiens avec les opérateurs impliqués, leur manager et l'expert sécurité de l'établissement ; observation du poste de travail et de l'activité des opérateurs). Cette analyse a permis de reconstituer la chronologie des événements mais aussi de compléter l'analyse des FI qui étaient présents dans les dossiers REX.

Nous nous sommes alors aperçus que plusieurs FI étaient récurrents sans être présents dans tous les événements d'un même type. Pour alimenter la configuration-type de chaque événement, la décision a alors été prise de ne retenir que les FI présents dans au moins 40% des événements analysés.

Les erreurs humaines les plus souvent rapportées et les barrières de défense défaillantes ont aussi été identifiées, puis formalisées dans le schéma de la configuration-type (cf. figure 3).

Dans l'exemple de la figure 3, on peut voir les différents déterminants de ce type d'incident et leurs combinaisons :

- L'événement sécurité décrit ici est, au sens ferroviaire du terme, un itinéraire modifié sous mouvement (IMSM), c'est-à-dire une manœuvre d'aiguillage sous le train alors que celui-ci n'a pas encore quitté sa portion de voie.
- Il a pour origine une représentation erronée de la situation par l'opérateur (celui-ci pensant que le train a dégagé l'aiguille).
- Mais cette représentation erronée repose sur plusieurs causes identifiées lors de l'analyse : des causes humaines, techniques et organisationnelles, mais aucune cause liée aux procédures.
- Sur le schéma, on voit que la manœuvre erronée est un facteur d'influence lié notamment à une cause latente d'ordre organisationnel : le manque de pratique de cette manœuvre dû à l'absence de formation pour le type de population concerné, les agents de réserve (opérateurs chargés de remplacer les agents en roulement).
- Le schéma montre aussi que les barrières humaines et techniques ont fait défaut.
- Il existe un lien systémique entre certains facteurs organi-

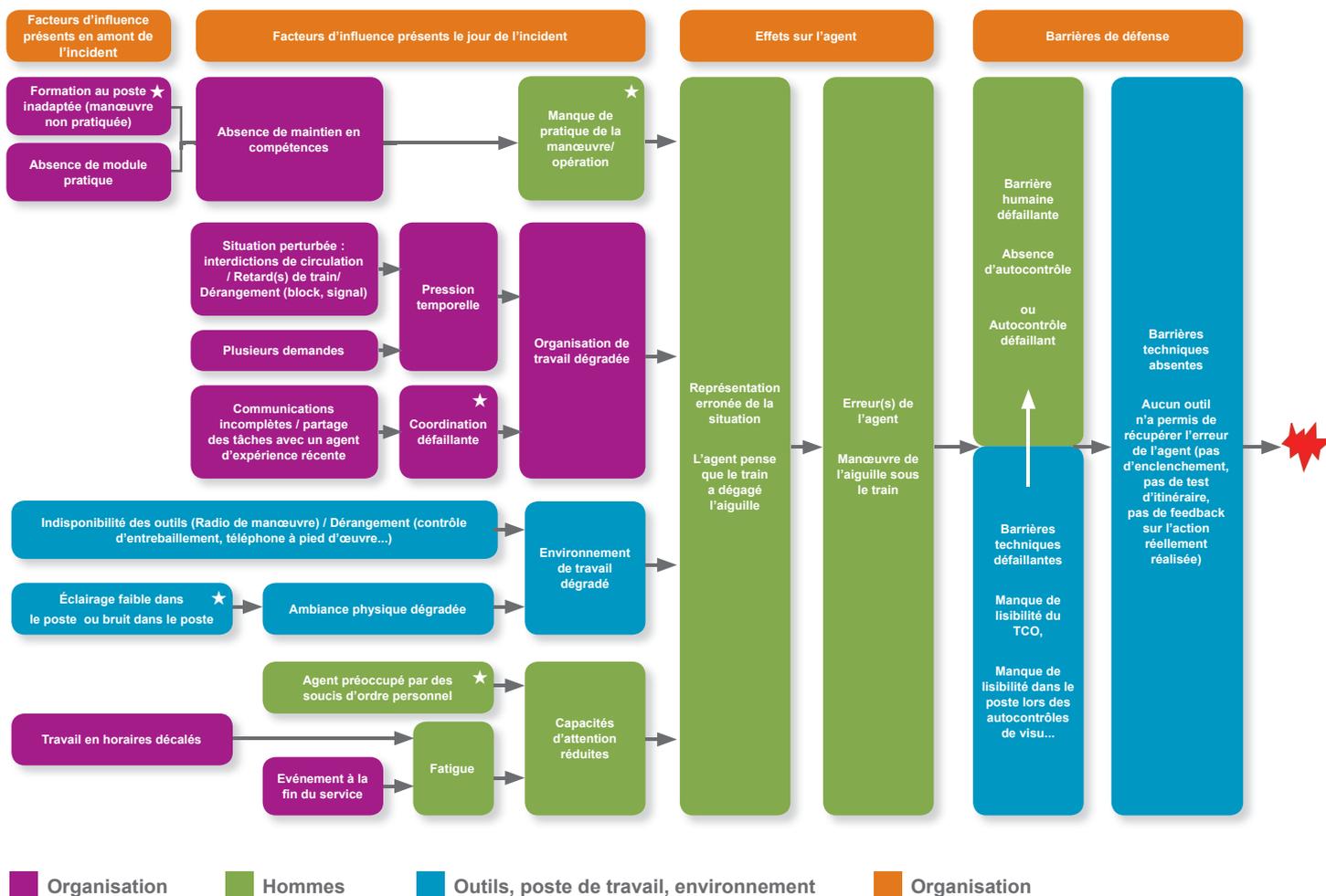


Figure 3. Configuration-type d'un Itinéraire Modifié Sous Mouvement  
(Les étoiles indiquent les facteurs d'influence qui sont spécifiques au type d'incident IMSM)

sationnels et techniques (non représenté graphiquement sur le schéma par souci de simplification) : les opérateurs de réserve qui n'ont pas bénéficié de la formation comme leurs collègues en roulement sont plus souvent mis en difficulté par des équipements indisponibles ou en dérangement.

- Cette approche a permis aussi de faire apparaître des signaux faibles, par exemple le fait que des agents de réserve peuvent passer au travers de la gestion des forma-

tions, ou que les préoccupations personnelles des agents (décès d'un proche, maladie, divorce, ...) contribuent à réduire leur attention. Ces facteurs n'avaient jamais été identifiés jusqu'à présent à la SNCF.

### EXPÉRIMENTATION DES CONFIGURATIONS-TYPE

Une expérimentation visant à comprendre si les configurations-type pouvaient aider les dirigeants de proximité et experts sécurité à être plus proactifs dans la prévention des

incidents a été menée. Elle a consisté en 2 sessions de formation d'une journée réalisées avec deux établissements SNCF. Au total, 10 personnes ont participé à cette expérimentation. Le déroulement était le suivant :

1. Réalisation d'un premier exercice d'analyse des risques : les participants sont invités à identifier les situations à risque pouvant entraîner des incidents d'itinéraire et leurs causes sur l'un de leurs postes d'aiguillage.
2. Réalisation d'une formation présentant le modèle des configurations-type appliqué aux 4 types d'incidents d'itinéraire.
3. Réalisation d'un deuxième exercice d'analyse des risques. Dotés de ces connaissances, les participants sont invités à compléter leur identification de situations potentiellement à risque.
4. Passation d'un questionnaire de satisfaction.

### RÉSULTATS À LA SUITE DU PREMIER EXERCICE

- L'erreur humaine et les facteurs humains sont essentiellement évoqués comme causes des situations à risque.
- Les participants ont réalisé un listing des différentes causes/facteurs possibles à l'origine d'un événement plutôt qu'une articulation entre les différents facteurs.
- Les solutions proposées renvoient majoritairement à l'amélioration des installations en vue de prévenir ou récupérer les erreurs des opérateurs, mais la plupart de ces solutions ne sont pas apparues réalistes.

#### Expérimentation : résultats à la suite du deuxième exercice

- Les participants donnent une vision beaucoup plus systémique des situations potentiellement à risque en articulant les facteurs humains, organisationnels, environnementaux et liés aux procédures.
- Certains facteurs humains sont perçus comme la conséquence d'une organisation défaillante (manque de pratique d'une manœuvre ou d'une procédure, baisse des capacités d'attention des agents, ...).
- Des solutions ont été identifiées au niveau managérial et organisationnel et sont plus facilement réalisables que dans le premier exercice.



### DES OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES ATTEINTS

L'intérêt des configurations-type a été bien reconnu par l'ensemble des participants, leur utilité pour détecter des situations à risque aussi. Ceux-ci pensent pouvoir utiliser les configurations-type dans leur travail.

### CONCLUSION

Nous cherchions à outiller les encadrants afin de réaliser un management de la sécurité de qualité reposant sur une approche proactive et une analyse approfondie des événements de sécurité. A ce titre, les configurations-type apparaissent comme un outil efficace pour représenter le processus incidentel. Elles semblent aussi pouvoir aider des managers et responsables sécurité à mieux analyser des situations à risque, non seulement en réaction à un incident mais aussi dans l'anticipation.

Cette perspective mérite donc d'être poursuivie et, si les résultats de nouvelles expérimentations le confirment, elle pourrait être généralisée à la SNCF. Avant cela, plusieurs actions doivent être engagées. Elles consisteraient à :

- élargir la base d'analyse d'événements du même type : pour cela, on pourra s'appuyer sur des méthodes d'analyse recourant au traitement automatique du langage, ce qui permettrait de traiter des milliers d'événements et d'aboutir à des configurations-type non seulement plus complètes mais aussi plus stables ;
- étudier de nouveaux événements : ceci a déjà été fait pour un autre type d'incident, les Expéditions de Train Sans Ordre Prévu (ou ESOP) mais devra être poursuivi avec d'autres types d'événement ;
- engager des phases d'expérimentation de l'usage des configurations-type avec un plus grand nombre de participants et sur une durée plus longue ;
- analyser des événements d'autres secteurs d'activité pour vérifier non

seulement l'existence de facteurs d'influence récurrents par type d'événement, mais aussi le bénéfice que des managers et responsables sécurité peuvent tirer de l'utilisation des configurations-type.

## RÉFÉRENCES

- BLATTER, C. et HERRERA, A. (2014). Approche opérationnelle et stratégique de la décision lors des situations incidentelles en exploitation ferroviaire. *Actes du Congrès Lambda Mu 19*. <<http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/56228>>
- BLATTER, C., TIRILLY, G, MAZEAU, M., BARTHELME, S., LEBLOIS, S. (2009). "Analysis of occupational accidents for experience feedback: toward a new approach". Third International Conference on Rail Human Factors. Lille, March 3-5.
- BRENAC, T. et FLEURY, D. (1999). Le concept de scénario type d'accident de la circulation et ses applications. Recherche - Transports - Sécurité, 63 (Supplément C), 63-76.
- HARDY, K. (2010). Contribution à l'étude d'un modèle d'accident systémique, le cas du modèle STAMP : application et pistes d'amélioration. Gestion et management. École Nationale Supérieure des Mines de Paris. <<https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00566270>>
- LAROUZÉE, J., GUARNIERI, F. et BESNARD, D. (2014). Le modèle de l'erreur humaine de James Reason. [Research Report] CRC\_WP\_2014\_24, MINES ParisTech. 2014, 44 p. <<https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01102402>>
- LEE, R. (2011). Integrated Management Safety Systems – Lessons from the aviation industry. *Australian University Safety Association Conference*, July 2011.
- PERNET, A (2016). Quelle modélisation multifactorielle des incidents ferroviaires pour favoriser leur prévention ? Rapport final recherche SNCF Réseau-DCF / ErgoManagement.
- PERNET, A., BLATTER, C. et KARSENTY, L. (2016). Développer une vision proactive des incidents ferroviaires : l'approche Facteurs Organisationnels et Humains. *Actes du congrès Lambda Mu 20*. <<http://hdl.handle.net/2042/61751>>
- REASON, J. (2000). Human Error: models and management. *BMJ*, 320, 768-770.
- SNCF (2004). Guide d'enquête Facteurs Humains après incident ou accident pour les métiers de l'Infrastructure. Référentiel Infrastructure n° IN3038.
- VAN ELSLANDE, P. (2003). Erreurs de conduite et besoins d'aide : une approche accidentologique en ergonomie. *Le travail humain* 2003/3 (Vol. 66), p. 197-224.

# SYNTHÈSE, DISCUSSION, PERSPECTIVES

par Sylvie GARANDEL (ATRISC), Nicolas DECHY (IRSN), Guy PLANCHETTE (IMdR),  
François CHARRIERE (SNCF) et Yves MORTUREUX

*Sylvie GARANDEL anime le groupe de travail et de réflexion (GTR) « Management des risques, cindyniques et nouvelles approches systémiques dans le secteur de la santé » de l'IMdR avec Guy PLANCHETTE et le groupe de travail et de réflexion (GTR) « Gestion de crise » de l'IMdR avec Bertrand WECKEL et Ludovic PINGANAUD.*

*Nicolas DECHY anime le groupe de travail et de réflexion (GTR) « Retour d'expérience technique » de l'IMdR avec Emmanuel REMY et André LANNOY.*

*Guy PLANCHETTE anime le groupe de travail et de réflexion (GTR) « Les cindyniques à la portée de tous » de l'IMdR.*

*François CHARRIERE, Responsable du pôle Sécurité / Qualité, SNCF-Etablissement traction Nord Parisien*

## SYNTHÈSE : DES OPÉRATIONNALISATIONS ET DES POINTS DE VUE

Les chapitres précédents ont exposé un certain nombre de points de vue sur la problématique des configurations. En sus des premières définitions et du positionnement de la problématique au sein des sciences de la complexité (chapitre 1, J.-F. Vautier), du rappel de quelques concepts qui sont reliés à la notion de configuration (le système, les variables, l'approche systémique, le système complexe, le lien causal, les conjonctions), l'enjeu initial de la réflexion d'ensemble résidait surtout dans le défi de l'opérationnalisation de telles propositions théoriques.

Plusieurs cas appliqués ont donc été décrits et associés à plusieurs propositions sur le traitement en pratique du défi de la complexité et de la systémique, avec entre autres, un rattachement à la notion de configuration. Les contingences des situations d'application et des objectifs poursuivis font que chaque cas est particulier et qu'il requiert des choix de la part des analystes, ce qui permet de poser les bases d'un débat pratique et théorique.

Ces mises en pratiques laissent néanmoins percevoir que l'idée de configuration résonne auprès de praticiens. Ceci est déjà un premier enseignement. Mais il est, selon nous, d'ores et déjà possible de s'interroger : s'agit-il de la clé de quelque chose de nouveau ou seulement un mot évocateur qui permettrait de discuter de problématiques de fond qui sont plus importantes ?

En d'autres termes, cette opérationnalisation soulève plusieurs interrogations quant-aux suites que l'on peut attendre de cette réflexion collective et aux objectifs que nous pourrions nous donner par la suite.

## UN PREMIER BILAN : DES AVANTAGES, MAIS AUSSI DES RISQUES...

Ces quelques cas, et les positions prises par les analystes, montrent qu'il s'agit d'un concept qui permet premièrement d'élargir le champ de vision des analystes et opérationnels sur la notion de causalité. Tout d'abord, il est rappelé un point relativement partagé depuis plusieurs décennies,

que nous avons formalisé et appris, grâce aux approches « arbres des causes et de défaillances », qu'un accident, un événement, une situation considérée dans une analyse de risque, un changement d'état ne peuvent rarement (dans les systèmes complexes) s'expliquer par une cause unique. Le modèle de la défense en profondeur (ex. dans le secteur nucléaire) indique qu'il faut ajouter plusieurs défaillances en cascade ou indépendantes pour obtenir l'accident (cf. également le modèle du fromage Suisse de Reason). La maîtrise des risques ou sa défaillance est donc multi-causale et présente des combinatoires parfois difficiles à anticiper ou modéliser ce qui peut conduire à des simplifications hasardeuses notamment lors de leurs communications par divers supports. De plus, il est également rappelé que ces multiples causes (qu'elles soient directes ou profondes) se situent à différents niveaux du système sociotechnique (Rasmussen, 1997). Ensuite, et c'est moins fréquent ou plus récent dans les milieux d'ingénierie des risques, la causalité complexe (avec des boucles de rétroaction) est évoquée en regard de la nécessité de dépasser des relations causales mécanistes, notamment pour les facteurs organisationnels et humains ou pour des notions comme l'émergence (Morin, 1977 ; Fortin, 2005 ; Dechy *et al.*, 2012).

Dans le prolongement de la non-réduction de l'occurrence d'un accident à une cause unique, la notion de configuration permet de sortir d'une sur-focalisation sur les éléments critiques d'un système et sur leurs modes de défaillances. Cela permet aussi d'élargir la perspective à des variables plus distantes en apparence tout en y intégrant un modèle de système de causes, dont la relation d'ensemble (ou « le tout ») fait émerger un effet.

Elle permet également de sortir d'une juxtaposition et liste de causes hétéroclites (botanique des symptômes, cf. Foucault in Masquelet (2006), Dechy *et al.* (2010)). En effet, cette notion aide à s'intéresser aux relations, à l'importance des liens, aux interactions entre sous-parties du système, aux relations entre éléments (ex. de concomitance, de conjonction) et à repérer d'éventuels syndromes. Rappelons que la notion de coïncidence est également présente dans la modélisation de l'accident par Reason (alignement des

trous des tranches de fromage Suisse) et qu'elle introduit la dimension temporelle (défaut latent qui s'active en fonction d'une configuration ou d'un événement déclencheur).

Enfin, certaines propositions laissent entrevoir une vision et un raisonnement plus systémique (effet d'ensemble, du tout, effet cocktail, de la goutte d'eau qui fait déborder le vase), qui pourrait permettre à terme de se poser d'autres questions. A noter que selon nous le débat sur l'abandon de la causalité reste ouvert et loin d'être tranché (cf. le chapitre de Rousseau *et al.*).

Ces apports ou perspectives dans une vision optimiste et scientifique peuvent se heurter à quelques risques courants pour les praticiens. Dans une certaine mesure, si le concept était utilisé de manière exclusive, il risquerait de conduire à refaire ce qui était réalisé par le passé : à savoir une recherche de conformation et de justification des décisions d'actions correctives. Dans ce contexte, des contraintes liées à l'usage du REX continueraient de biaiser l'objectif préliminaire de compréhension. Enfin, ceci pourrait, malgré tout, conduire à conserver un modèle in fine relativement mécaniste.

Il nous a donc semblé que dans une perspective de renforcement des réflexions sur la notion de configuration et d'exploitation des retours d'expériences de mises en pratique du concept, il conviendrait d'aborder les questions suivantes :



Quelle(s) définition(s) de configuration(s) retenir ? Celle-ci doit-elle intégrer une notion de forme dans le temps et dans l'espace ?

En effet, la définition de départ supposait 2 types de configurations (configurations en série ou configuration en parallèle).

Le premier type de configuration a été finalement peu abordé dans les exemples proposés dans ce document. Il est vrai, ce type de configuration est généralement pris en compte dans les méthodes classiques d'analyse d'événements référant à la notion de scénarios voire à d'anciennes métaphores ou modèles d'accidents (comme la théorie des dominos). Elle consiste à répertorier et à étudier les configurations qui ont conduit à l'accident, puis à renforcer les barrières et défenses du système de manière à ce que ceux-ci ne se reproduisent pas.

Pour la configuration en parallèle, la question du lien de causalité se pose différemment puisqu'en effet, on peut difficilement évoquer un lien de causalité entre plusieurs éléments concomitants, si ce n'est à évoquer une cause commune préalable à ces éléments. Ainsi, l'identification de ces configurations en parallèle permettrait de déceler des causes plus générales, peut-être plus profondes et communes à la mise en place des configurations ou au moins à certains paramètres de celles-ci.

Ne serait-on pas finalement plus à même dans ce cas, de remonter aux causes profondes si souvent évoquées et peu abordées en raison de la difficulté à les repérer au travers des méthodes classiques d'analyse d'événements ou de risques, justement parce que ce lien de causalité n'est jamais très clair ?

On peut également se demander si « la configuration en parallèle » pourrait davantage se rapprocher de la notion de résilience pour prendre en compte l'imprévisibilité qui caractérise tout système complexe. Ce type de configuration pourrait alors prendre en compte les variations, ajustements, adaptations de tout ou partie des éléments du système. C'est là que le problème devient épineux car si le lien de causalité n'est que très difficilement démontrable, la seconde question qui se pose alors, c'est comment mettre en évidence les configurations ?



En d'autres termes, comment peut-on reconnaître les configurations ?

Si l'on prend l'exemple de la SNCF, les configurations ainsi révélées relèveraient plutôt de la configuration en série, avec un lien de causalité (ou un lien de « contribution ») et une certaine analogie avec le modèle des « tranches de gruyère » de Reason entre les éléments qui permettraient de reconnaître la configuration.

Dans la plupart des exemples présentés ci-avant (notamment les configurations en parallèle), d'une manière générale, les configurations évoquées sont identifiées à partir de concomitances, de co-occurrences d'éléments. Dans ce contexte, comment réussir à identifier, à faire émerger ce qui fait configuration ? D'une manière générale, la configuration fait appel à une notion de forme d'interactions entre les éléments (des structures, hiérarchies, lien d'antécédence,...). Il s'agirait donc d'arriver à caractériser ces interactions entre les éléments. On pourrait, par exemple, imaginer que les éléments d'une configuration soient identifiables au fait qu'ils ont tous une relation causale (ou de lien de « contribution ») avec un élément amont unique plus générique.



Comment valide-t-on qu'il s'agit bien d'une configuration ? Comment peut-on qualifier une configuration de configuration-type ?

Peut-être qu'à ce stade il serait important de rappeler le contexte dans lequel s'inscrit cette démarche d'identification, d'isolement de configurations : la maîtrise des risques. En effet, il semble que ce contexte ne soit pas anodin. La finalité recherchée, c'est bien de réduire les risques, d'éviter qu'un événement similaire ne se reproduise, donc d'identifier dans les événements passés des récurrences et des configurations de nature accidentogène.

Pour valider qu'on a bien affaire à une configuration, il faut d'abord être en capacité de l'identifier. Or, nous l'avons vu, cette étape n'est pas encore très claire à ce stade.

La question de la qualification d'une configuration-type est encore l'étape d'après à notre sens car elle relèverait d'un niveau supplémentaire d'abstraction, de généralisation : quelles configurations se retrouvent à plusieurs reprises dans un certain nombre d'événements et aboutissent aux mêmes résultats, à la même typologie d'événements, ou tout simplement à un événement ?

Une autre vision pourrait consister à identifier des regroupements d'éléments considérés comme délétères dans l'absolu (cf. les Déficités Systémiques Cyndinogènes ou les Facteurs Organisationnels Pathogènes (Llory et Dien, 2010 ; Rousseau et Largier, 2008)) et à ne regarder que ces éléments lorsqu'ils sont concomitants d'autres éléments également pathogènes.

Mais une configuration ne pourrait-elle être délétère sans que chacun de ses éléments, pris isolément, ne le soit ? Dans ce cas, le caractère pathogène de chaque élément ou facteur ne serait pas absolu, mais ce serait l'agencement des éléments entre eux qui conférerait le caractère délétère.

Si l'on aborde la notion de périmètre, celui-ci est peut-être à adapter à la finalité que l'on recherche au travers des configurations. En effet, si l'on se place au niveau de la situation de travail, l'identification de configurations semble plus simple, les interactions plus faciles à caractériser et donc les actions d'améliorations a priori plus accessibles.

Mais dès lors que l'on souhaite travailler au niveau global du système en s'éloignant de l'objet « situation de travail », cela devient plus long, plus complexe, plus flou parfois.

Ici, la question du périmètre, de la représentativité, et donc de la transversalité des configurations se pose déjà pour chacun des éléments constitutifs de la configuration que l'on considère comme délétère. En effet, on a coutume de dire que l'absence de finalité commune dans une organisation est un facteur prédisposant à la réalisation d'événements redoutés. Or, on est bien conscient qu'aux différents niveaux (de l'individuel au collectif, à l'entreprise, voire la société, ou même entre entités [finances, sécurité, etc...]) les finalités ne peuvent pas être les mêmes. Si l'on prend l'exemple d'une équipe de football : chacun des joueurs a bien entendu comme finalité globale de gagner le match. En revanche, toutes les fonctions doivent être bien différentes les unes des autres et avoir des finalités propres différentes. Il ne faut pas qu'un avant-centre se prenne pour un arrière, par exemple et inversement. Dans ce contexte, est-ce réellement l'absence d'une finalité commune qui est accidentogène ou plutôt l'absence de perception de ces différentes finalités inhérentes à chaque groupe, chaque individu, le manque de partage, de mise en débat de ces finalités ? En effet, si tout le monde au sein de la structure a exactement la même finalité, plus de mise en débat, plus de questionnement, plus de variété requise...

De la même manière, on a coutume de considérer qu'une organisation en silo est néfaste pour la sécurité d'une entité, réduisant les interactions entre sous-groupes et le partage de vision. Ici aussi, si l'on pousse le raisonnement précédent, des séparations, des sectorisations sont bien nécessaires pour que des visions différentes, des points de vue alternatifs émergent... Dans ce cas, des interactions permanentes



*Quel périmètre est pris en compte par la/les configurations ? Quelle est la représentativité d'une configuration ? Comment faire en sorte qu'elle soit transverse à plusieurs secteurs ?*

ne sont peut-être pas si bénéfiques que cela, puisqu'elles contribuent à un nivellement des points de vue, une culture commune, une orientation vers des consensus...

Dans ce contexte, ce n'est peut-être pas la configuration en elle-même qui serait bénéfique ou délétère, mais l'existence d'un équilibre entre deux positions opposées de cette configuration (un couple dialogique à définir ?), voire une adaptation de la configuration à l'activité de l'entreprise considérée, à son environnement, à son histoire et sa dynamique propre etc.

Par ailleurs, se posent les questions :

- de la finalité même de la représentativité d'une configuration. Est-ce la volonté d'améliorer la disponibilité du système ou la pertinence de l'analyse ?
- de l'influence de la représentativité d'une configuration en tant qu'outil de gestion sur l'évolution de la culture sécurité de l'entité utilisatrice. Est-ce que la manière de modéliser un événement peut amener les analyses à entrevoir de nouvelles pistes d'actions ?



Comment se servir de manière proactive des configurations ?

Nous l'avons vu, la SNCF a pu définir, à partir du retour d'expérience, des configurations-type susceptibles de générer des situations à risques. En revanche, ces éléments sont encore à l'étude et sont toujours dans un périmètre restreint à l'organisation du travail pour laquelle le caractère de généralisation est encore limité.

Cette utilisation proactive des configurations-type est donc encore à développer et pose la question du niveau de détail de la configuration-type : plus celle-ci est précise, plus il s'agira de « mettre en équation » le réel, démarche qui

est incompatible avec la capacité d'innovation, d'initiative nécessaire en cas de situation inconnue ou non répertoriée, non conforme à la définition de la situation de travail.

Ainsi, l'identification de configurations-type précises pourrait être intéressante dans le cadre des situations entrant dans le domaine de fonctionnement de l'entreprise, alors que des configurations-type plus globales, plus orientées méta-règles de fonctionnement ou liées à des compétences incorporées, laissant la part belle à la perception, à l'expertise métier, seraient peut-être plus adaptées à des situations sortant du domaine de fonctionnement de l'installation (situations de crise, par exemple).



Comment prendre en compte les relations entre les éléments de la configuration (au-delà des concomitances ou corrélations) ?

Nous l'avons déjà développé, la plupart des cas évoqués ici relève des concomitances ou co-occurrences ou corrélations. Mais ce niveau d'interaction est-il suffisant pour caractériser la configuration ?

Une modélisation des interactions entre les éléments constitutifs de la configuration n'est-elle pas nécessaire pour aller au-delà des co-occurrences ?



Comment passer du « ou » au « et » ? De la complémentarité entre des approches causales et des approches par les configurations ?

En effet, nous avons jusque-là plutôt considéré ou laisser entendre au lecteur que les configurations devaient supplanter (à terme) les méthodes de type arbre des causes. Cependant, il nous semble intéressant, plutôt que de rester sur une vision d'alternative, d'imaginer qu'à différents niveaux de l'organisation ou du système intégrant l'exploitant, l'expert technique et le contrôleur, que plusieurs types d'analyses puissent être réalisés :

- une approche près du terrain et de l'activité réelle des acteurs du système de type arbre des causes et analyse des configurations-type dans des situations de travail,
- une approche plus macroscopique et organisationnelle basée sur une identification de configurations-type à un autre niveau, à l'instar de ce que fait l'IRSN dans ses analyses de REX inter-exploitants.

Et s'il ne s'agissait pas, in fine, d'un couple dialogique : approche causale / approche par les configurations ?



Si l'on prolonge la réflexion, il nous semble que l'on pourrait même imaginer, comme cela a déjà été développé dans la brochure « Vers un retour d'expérience prenant en compte les facteurs organisationnels et humains », un couple dialogique entre approches causales et approches par les configurations.

Une autre façon d'aborder les choses de manière systémique...

Le concepteur d'un « cadre » (le tuteur + les deux cerclages) qui n'a pas autorisé suffisamment de marges au niveau du cerclage supérieur

Un arbre qui ne suit pas les « règles » imaginées par le concepteur du tuteur et des deux cerclages



Le problème réside finalement dans l'inadéquation existant entre le cadre et l'arbre, donc dans la configuration des deux éléments en interaction

## RÉFÉRENCES

- BLATTER, C., DECHY, N. et GARANDEL, S. (2016). Vers un REX prenant en compte les Facteurs Organisationnels et Humains. Brochure IMdR. Copyright IMdR – 2016/09 ([https://www.imdr.eu/upload/client/document\\_site/gtr/Brochure\\_REX\\_FOH\\_30-08-2016.pdf](https://www.imdr.eu/upload/client/document_site/gtr/Brochure_REX_FOH_30-08-2016.pdf))
- DECHY, N., DIEN, Y. et LLORY M. (2010). Pour une culture des accidents au service de la sécurité industrielle, Congrès Lambda Mu 17 de l'IMdR, La Rochelle, Octobre 5-7.
- DECHY, N., DIEN, Y., LLORY M. (2012), *La complexité des systèmes sociotechniques à risques rend-t-elle les accidents inévitables ?* Congrès IM18 de l'IMdR, Tours, 16-18 Octobre 2012 (primé) [www.imdr.fr](http://www.imdr.fr)
- FORTIN R. (2005), Comprendre la complexité, introduction à la méthode d'Edgar Morin, Editions L'Harmattan
- LLORY, M. & DIEN, Y., (2010). *Analyse organisationnelle de la sécurité*, Technique de l'Ingénieur, AG 1577.
- MASQUELET, A. C. (2006). *Le raisonnement médical, Que sais-je ?* Edition Puf.

- MORIN E. (1977), La Méthode (tome 1), La Nature de la nature, Le Seuil, Nouvelle édition, coll. Points, (1<sup>ère</sup> édition 1977), 1981.
- RASMUSSEN, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. Safety Science vol 27.2/3.
- REASON, J.(1990). Human Error, Cambridge University Press.
- REASON, J. (1997). Managing the Risks of Organisational Accidents, Ashgate, Aldershot.
- REASON, J., HOLLNAGEL, E. and PARIES, J. (2006). Revisiting the « swiss cheese » model of accidents. EUROCONTROL, October.
- ROUSSEAU, J-M. & LARGIER, A. (2008). Conduire un diagnostic organisationnel par la recherche de facteurs pathogènes, *Techniques de l'Ingénieur*, AG 1576

