

**Guillaume DELATOUR**

**Master IMSGA**

Responsable Pédagogique UTT :

**2010**

Babiga BIRREGAH

Semestre Printemps 2010

**CONCEPTION D'UN OUTIL D'AIDE A LA DECISION  
CONCERNANT LES CHANGEMENTS IMPACTANT LA  
SECURITE DU SYSTEME FERROVIAIRE EUROPEEN**

Cette étude a pour objectif la création d'une méthode d'aide à la décision qui permettra à l'Agence de rédiger ses positions relatives à la sécurité, en accord avec le contexte réglementaire et dans les temps impartis. Cette méthode intégrera une démarche d'évaluation des risques engendrés par n'importe quel changement au sein du système ferroviaire. Cette étude rendra possible la formulation d'une recommandation destinée à la Commission Européenne. Cette recommandation se positionnera, aussi bien en terme d'acceptation que de refus du changement, au regard de la sécurité ainsi que d'autres critères pertinents tels que le coût induit, l'impact environnemental...

**INERIS**

**Mots clés**

Verneuil en Halatte

Recherche appliquée

Responsable : Dr Chabane MAZRI

Services marchands

Gestion du risque

Analyse des données



# INERIS

*maîtriser le risque |  
pour un développement durable*

Parc Technologique ALATA  
BP 2  
60550 Verneuil-en-Halatte  
Tél. : 03 44 55 66 77  
Fax : 03 44 55 66 99



12, rue Marie Curie  
BP 2060  
10010 Troyes cedex  
Tél. : (33) 03 25 71 76 00  
Fax : (33) 03 25 71 76 76  
Courriel : [infos.utt@utt.fr](mailto:infos.utt@utt.fr)

## Sommaire

Remerciements .....	4
Summary .....	6
Introduction.....	7
I. Présentation du stage.....	8
1. L'institut INERIS .....	8
2. Présentation du stage .....	10
a. Enjeux de la sécurité globale.....	10
b. Présentation de l'étude.....	10
II. Phase 1 : Formulation de la problématique .....	15
1. Étape 1: Étude documentaire .....	15
a. Documents étudiés .....	15
b. Synthèses documentaires .....	16
c. Cartographie des acteurs .....	17
2. Etape 2 : Préparation et réalisation d'entretiens.....	20
a. Méthodologie des entretiens.....	20
b. Résultats des entretiens.....	21
c. Difficultés rencontrées lors des entretiens .....	22
3. Formulation du problème .....	24
III. Phase 2 : conception des outils .....	25
1. Objectif et définitions de l'aide à la décision .....	26
2. Conception des outils.....	30
a. Méthodologie de conception de l'outil.....	30
b. Définition des critères .....	32
c. Analyse du contexte.....	37
d. Identification des actions potentielles et des acteurs .....	38

Conception d'un outil d'aide à la décision  
concernant les changements impactant la sécurité du système ferroviaire européen

---

f.	Évaluation des actions potentielles.....	41
g.	Agrégation des données et prise de décision (8).....	44
h.	Validation de la décision .....	46
3.	Aspect critique .....	46
a.	Le caractère rare, incertain ou inaccessible des données quantitatives .....	46
b.	Approche qualitative versus approche quantitative.....	47
c.	Validation méthodologique de l'étude .....	48
	Conclusion .....	50
	Bibliographie.....	51
	Table des figures .....	51
	Glossaire .....	52
	Annexes .....	53

## Remerciements

Ce stage a été mené au sein de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des risques (INERIS) et à l'Université de Technologie de Troyes, au sein du Master Ingénierie et Management de la Sécurité Globale Appliquée. Il a été le fruit d'une collaboration dont je tiens à remercier les principaux protagonistes.

Tout d'abord mes tuteurs universitaire et professionnel, respectivement Chabane MAZRI et Babiga BIRREGAH, pour leur disponibilité, leur écoute et leurs conseils tout au long de ce stage.

Je remercie tout particulièrement Brigitte NEDELEC et Bastien AFFELTRANGER, pour m'avoir fait confiance tout au long de ce projet. J'ai pu compter sur leur soutien et leur sympathie, tant dans les aspects professionnels que personnels.

Enfin je souhaite remercier l'ensemble des stagiaires et personnes du pôle AGIR pour leur bonne humeur et leur sympathie.

Ces 6 mois ont été pour moi une expérience enrichissante et pleine d'intérêt, aussi sur le plan professionnel, que les relations humaines.

## Résumé

Le Traité de Lisbonne a exprimé la volonté d'une Union Européenne compétitive. Dans le domaine des transports, celle-ci s'est alors dotée d'une politique communautaire visant à la création d'un marché unique des services de transport ferroviaire. Dans le but de garantir l'interopérabilité du système ferroviaire européen et de maintenir son haut niveau de sécurité, l'Union Européenne a créé l'Agence ferroviaire européenne (ERA). En effet, La mise en œuvre d'un réseau ferroviaire européen, autrefois créé dans une logique nationale, nécessite l'établissement de règles communes de sécurité et d'interopérabilité. Tout changement technique, organisationnel ou opérationnel relatif à l'un de ces deux aspects aura une portée européenne et doit donc être mesuré. En tant qu'expert technique de l'Union Européenne, l'ERA doit pouvoir évaluer la pertinence et la viabilité économique de chaque changement.

Cette étude a pour objectif la création d'une méthode d'aide à la décision qui permettra à l'Agence de rédiger ses positions relatives à la sécurité, en accord avec le contexte réglementaire et dans les temps impartis. Cette méthode intégrera une démarche d'évaluation des risques engendrés par n'importe quel changement au sein du système ferroviaire. Cette étude rendra possible la formulation d'une recommandation destinée à la Commission Européenne. Cette recommandation se positionnera, aussi bien en terme d'acceptation que de refus du changement, au regard de la sécurité ainsi que d'autres critères pertinents tels que le coût induit, l'impact environnemental...

Tel que décrit dans la Directive sécurité ferroviaire, le niveau de sécurité doit être aussi élevé que possible. Cependant, les changements relatifs à la sécurité ne doivent pas constituer de barrières économiques ou de freins à la compétitivité du secteur, tout en préservant le niveau d'acceptation social des risques. Le processus d'aide à la décision cherchera à prendre en compte les différents paramètres pertinents.

## Summary

The Treaty of Lisbon has expressed the wish of a competitive European Union. A community policy was adopted in the field of transport to create a single market for railway services. In order to ensure the interoperability of European rail system and maintain its high level of safety, the European Union created the European Railway Agency (ERA). Indeed, the implementation of a European rail network, into the past established in a national logic, requires the establishment of common rules of safety and interoperability. Any change of technical, organisational or operational on one of these two aspects will have a European dimension and should therefore be measured. As a technical expert from the European Union, the ERA has to evaluate the relevance and economic viability of each change.

The purpose of this study is to design method of decision making support that will enable the European Railway Agency to prepare its safety-related recommendations according to deadlines and regulatory framework. These will include in particular, aspects of risk assessment enabled by any change in the European railway system. This study will enable the drafting of a recommendation to the European Commission. This one will be positioned, also in terms of acceptance, or not, in relation with safety and other relevant criteria such as economics, environmental and social issues

As described in the Railway Safety Directive, the level of safety must be as high as possible. However, changes relating to safety not to be economic barriers or obstacles to the sector's competitiveness, while maintaining the level of social acceptance of risk. The process of decision support will seek to take into account these various relevant parameters.

## Introduction

L'Europe a vécu depuis quelques années une restructuration majeure en matière de transport ferroviaire. L'Union Européenne, par la signature du Traité de Lisbonne, s'oriente vers une Europe plus compétitive. Dans le domaine des transports, celle-ci s'est alors dotée d'une politique communautaire visant à la création d'un marché unique des services de transport ferroviaire. Cette politique se décline à travers plusieurs mesures telles que l'ouverture du marché de transport de fret et de passager, l'établissement d'un cadre réglementaire Européen et la modernisation des infrastructures de transport. Dans le but de garantir l'interopérabilité du système ferroviaire européen et de maintenir son haut niveau de sécurité, l'Union Européenne a créé l'Agence ferroviaire européenne (ERA). Cette Agence, basée en France, travaille en collaboration avec le secteur ferroviaire, les autorités nationales, les institutions européennes et d'autres organismes, à l'élaboration de normes techniques, de mesures et d'objectifs de sécurité communs et économiquement viables.

Dans le cadre de ses attributions, L'ERA peut être amené à se positionner sur des changements dans le domaine ferroviaire, pouvant impacter la sécurité et/ou l'interopérabilité. Sur requête de la Commission Européenne, ou tout autre acteur important du secteur ferroviaire européen, l'Agence doit donc émettre des recommandations, opinions techniques ou conseils sur la manière dont ces changements devront être abordés, et le cas échéant mis en place. Ces prises de positions devront respecter plusieurs principes, tels que le respect de l'interopérabilité, le maintien ou l'amélioration du niveau de sécurité ferroviaire, mais aussi la prise en compte des enjeux inhérents à chaque acteur ferroviaire concerné par le changement, avec l'objectif de ne pas freiner le développement économique du secteur.

En tant qu'entité Européenne, l'ERA doit de plus émettre des positions transparentes et robustes. Elle a donc souhaité, dans le but de prendre des décisions efficaces et acceptables par l'ensemble des acteurs, se doter d'un processus d'aide à la décision respectant toutes ces contraintes. C'est dans ce contexte que l'Institut INERIS, organisme de référence en matière de sécurité industrielle, associé à la société ferroviaire EGIS rail, a répondu à cette attente.

Pour traiter cette problématique, une méthodologie d'étude a été mise en place. Ce rapport en fait la synthèse. La première partie de l'étude est allouée à la connaissance du secteur ferroviaire. Cet apprentissage s'est déroulé en plusieurs étapes. Tout d'abord une étude documentaire et une série d'entretiens avec des acteurs du milieu ont permis de prendre connaissance du contexte dans lequel s'inscrivait l'étude, et des pratiques rencontrés dans d'autres domaines industriels pour traiter de problématiques similaires. Puis l'appropriation de ces environnements et pratiques a servi de base à la conception d'une méthode d'aide à la décision, pour les changements pouvant impacter la sécurité, dans le domaine ferroviaire.

## I. Présentation du stage

### 1. L'institut INERIS

#### ***MAITRISER LE RISQUE POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE***

*« La mission de l'INERIS est de réaliser ou de faire réaliser des études et des recherches permettant de prévenir les risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens, sur l'environnement, et de fournir toute prestation destinée à faciliter l'adaptation des entreprises à cet objectif ».*

L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques naît officiellement le 7 décembre 1990, succédant au CERCHAR, sur le site de Verneuil-en-Halatte. C'est un Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial, placé sous la tutelle du Ministère en charge du développement durable. L'INERIS a pour vocation d'évaluer les risques liés à l'activité industrielle (hors nucléaire), et au transport de matières dangereuses. Il s'agit de mieux comprendre et de prévoir les phénomènes dangereux, observés notamment en cas d'accident, pour mieux prévenir les risques. Ceux-ci s'articulant autour de cinq grandes missions :

- ***Les risques chroniques***

Evaluer et modéliser l'impact des substances chimiques, polluants aériens, rayonnements électromagnétiques, agents biologiques, déchets et sites pollués... sur les milieux naturels et la santé humaine.

- ***Les risques accidentels***

Evaluer et maîtriser les risques (incendie, explosion, rejet toxique, foudre...) liés aux installations industriels, aux procédés, aux produits, ainsi qu'aux infrastructures et systèmes de transport (tunnels, pont...)

- ***Les risques du sol et du sous-sol***

Evaluer et prévenir les risques de mouvement de terrain liés aux anciennes exploitations (mines ou carrières) ainsi qu'à certains sites naturels (versants rocheux, talus, falaises...), surveiller et auscultation des ouvrages souterrains, évaluation des risques liés aux émanations gazeuses du sol.

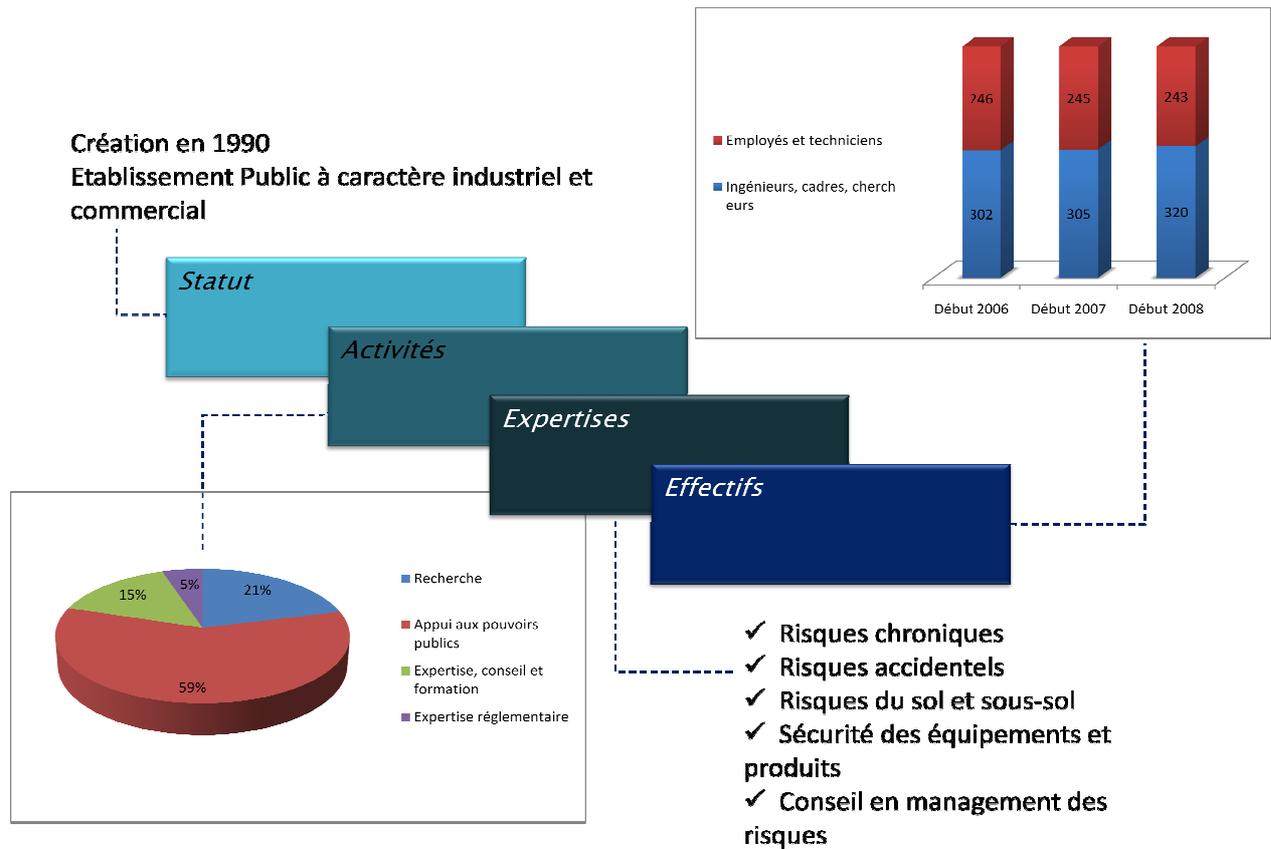
- ***Le conseil en management des risques***

Conseiller et accompagner la mise en place de systèmes de management Hygiène, santé, sécurité, environnement (HSSE), aider à l'intégration des systèmes de management Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement (QHSE), former dans le domaine d'excellence de l'institut.

- **La certification**

Evaluer la conformité normative ou réglementaire des systèmes de management de la sécurité et de l'environnement, des matériels pour atmosphères explosibles, des produits explosifs et pyrotechniques, des installations industrielles, des matières et substances dangereuses, des équipements de télécommunications, des transports de matières dangereuses.

### L'INERIS AU CŒUR DU RISQUE



## 2. Présentation du stage

### a. Enjeux de la sécurité globale

*« La sécurité globale peut se définir comme la capacité d'assurer à une collectivité donnée et à ses membres, un niveau suffisant de prévention et de protection contre les risques et les menaces de toutes natures et de tous impacts, d'où qu'ils viennent, dans des conditions qui favorisent le développement sans rupture de la vie des activités collectives et individuelles ».*

Définition INHESJ<sup>1</sup>.

La notion de sécurité globale est apparue après les attentats du 11 septembre 2001, aux Etats-Unis. Leur ampleur, et l'incapacité des services américains à les anticiper d'une part, l'irruption au centre des préoccupations publiques de nouveaux risques et menaces tels que le terrorisme internationale, les catastrophes naturelles, les crises sanitaires internationales... d'autre part, ont conduit les Etats occidentaux à repenser leur sécurité avec une vision plus globale, en intégrant sécurité intérieure et enjeux internationaux. La notion de sécurité globale est née de cette prise de conscience.

Le master IMSGA, Ingénierie et Management de la Sécurité Globale Appliquée, a pour objectif de former des ingénieurs sensibilisés à ce concept. Cette spécialité couvre tous les aspects de la sécurité, notamment la sécurité des personnes et des biens, la sécurité des espaces vie et la sécurité des systèmes et des réseaux.

Dans le cadre du stage de fin d'étude de ce master, j'ai rejoint l'INERIS, au sein de la direction des risques accidentels. J'ai intégré l'équipe projet chargé de répondre à une problématique industrielle de l'Agence Ferroviaire Européenne (ci après nommée « L'Agence », « ERA<sup>2</sup> »).

### b. Présentation de l'étude

#### ***Contexte de l'étude***

Le Traité de Lisbonne a exprimé la volonté d'une Union Européenne compétitive. Dans le domaine des transports, celle-ci s'est alors dotée d'une politique communautaire visant à la création d'un marché unique des services de transport ferroviaire. Cette politique se décline à travers plusieurs mesures telles que l'ouverture du marché de transport de fret et de passager, l'établissement d'un cadre réglementaire Européen et la modernisation des infrastructures de transport. Dans le but de garantir l'interopérabilité du système ferroviaire européen et de maintenir son haut niveau de sécurité, l'Union Européenne a créée l'Agence ferroviaire européenne (ERA).

---

<sup>1</sup> Institut National des Hautes Études de la Sécurité et de la Justice

<sup>2</sup> European Railway Agency

### ***L'Agence Européenne de Sécurité Ferroviaire (ERA)***

L'Agence européenne de sécurité ferroviaire est l'entité experte de l'Union Européenne, en matière de sécurité ferroviaire. Basée à Valenciennes, elle a pour objectif de contribuer, sur le plan technique, à la mise en œuvre de la législation communautaire, visant à améliorer la position concurrentielle du secteur ferroviaire en renforçant le niveau d'interopérabilité et en développant une approche commune en matière de sécurité.

Dans la poursuite de ces objectifs, les travaux à mener par l'Agence sont définis, d'une part dans des directives sur l'interopérabilité (1), et d'autre part, dans la directive sur la sécurité ferroviaire (2).

L'interopérabilité : Directive 2008/57/CE (1)

La structuration des systèmes ferroviaires basée sur une logique nationale appartient au passé. En effet, la construction d'un espace ferroviaire européen intégré, répondant aux besoins d'une économie européenne compétitive, nécessite une harmonisation et une simplification, autant que possible, des opérations ferroviaires (infrastructures, matériels, organisations...). Encadrée par les différentes directives sur l'interopérabilité ferroviaire, L'Agence est chargée d'élaborer les Spécifications Techniques d'Interopérabilité (STI), obligatoires pour tous les nouveaux projets et renouvellements importants. Il s'agit de textes réglementaires européens expliquant les spécifications dont chaque sous-système ou partie de sous-système ferroviaire fait l'objet en vue de satisfaire aux exigences essentielles et assurer l'interopérabilité des systèmes ferroviaires transeuropéens.

La sécurité : Directive 2004/49/CE (2)

Le système ferroviaire possède un niveau de sécurité élevé, pour les passagers, les employés et la société. Pour garantir le maintien de ce niveau élevé, l'Agence européenne est chargée d'une part d'élaborer des méthodes de sécurité communes, méthodes harmonisée permettant une reconnaissance européenne des démonstrations de sécurité, et d'autre part d'élaborer un système d'analyse des performances, fondé sur des objectifs de sécurité communs et des indicateurs de sécurité communs. Ce fonctionnement harmonisé assure une plus grande transparence et une circulation plus efficace des informations.

Comme cité précédemment, l'Agence européenne de sécurité ferroviaire se positionne donc avant tout en tant qu'expert technique auprès de l'Union européenne. Elle est garant du maintien (et de la progression) du niveau de sécurité et de l'interopérabilité du système ferroviaire.

En tant qu'entité Européenne, l'Agence joue aussi un rôle fédérateur. Sa mission traite également le rassemblement et l'instauration d'un dialogue des différents acteurs européens du secteur ferroviaire. Cette progression par le consensus s'effectue aussi bien de manière intra-européenne, qu'avec les différents acteurs internationaux.

Elle est de plus chargée de la promotion et du développement du système ferroviaire. En effet, la mise en place de nouvelles mesures, aussi bien en termes de sécurité que d'interopérabilité, ne doit

pas constituer un frein économique. Dans ses prises de position, l'Agence doit intégrer cet équilibre entre contraintes et compétitivité. C'est cette double dimension qui est à l'origine de la demande de l'Agence Européenne, dont l'explication est développée maintenant.

### ***Champ d'étude***

La mission de l'Agence, telle que défini dans le Règlement européen n° 881/2004 (3), est de recommander la Commission Européenne en matière de sécurité ferroviaire. Elle est donc amenée à rédiger certains types de positions – recommandation, opinion, conseil – qui influenceront directement le développement du secteur ferroviaire européen. Pour réaliser ce travail, l'Agence doit prendre en compte les obligations de la Directive Européenne 2008/57/CE (1) (aussi appelée directive interopérabilité), dont le but est d'augmenter la compétitivité du secteur ferroviaire, par l'atteinte d'un niveau optimal d'harmonisation des différents sous-systèmes structurels et fonctionnels. Au regard du développement de la sécurité et de l'interopérabilité, le principe général est le suivant : toute mesure de sécurité (nouvelle ou modifiée) ne doit pas être une barrière au développement de l'interopérabilité, et à l'inverse, toute mesure dont le but est l'augmentation de l'interopérabilité ne doit pas avoir d'impact négatif sur la sécurité du système ferroviaire.

De plus, les nouvelles directives européennes ont redéfini le partage des responsabilités, autrefois attribuées aux compagnies ferroviaires nationales. De nouveaux acteurs sont apparus, tels que :

- **Les Etats Membres** : garant du niveau de sécurité au niveau national,
- **Les autorités nationales de sécurité** : experts technique, chargés de superviser la sécurité ferroviaire,
- **Les corps d'enquête nationaux** : chargés des enquêtes post accidentelles.

*L'article 4 de la Directive Sécurité (2) définit d'autres obligations telles que :*

*« 4.1 : Les Etats membres veillent à ce que la sécurité des chemins de fer soit globalement maintenue et, lorsque cela est raisonnablement réalisable, constamment améliorée, en tenant compte de l'évolution de la législation communautaire ainsi que du progrès technique et scientifique, et en donnant la priorité à la prévention des accidents graves ». L'article 4 est important car il accorde par principe un haut niveau aux Etats Membres pour le développement et l'amélioration de la sécurité ferroviaire et donne donc des responsabilités claires aux gestionnaires d'infrastructures et entreprises ferroviaires. Ces responsabilités s'expriment notamment dans la mise en place et le suivi de leur système de management de la sécurité. Celui-ci doit apporter la preuve que le niveau de sécurité requis est atteint.*

Dans ce contexte multi acteurs, il est important que l'Agence européenne fournisse des positions transparentes de haute qualité sur les questions relatives à la sécurité. Cette étude a pour objectif la création d'une méthode d'aide à la décision qui permettra à l'Agence de rédiger ses positions relatives à la sécurité, en accord avec le contexte réglementaire et dans les temps impartis. Cette méthode intégrera une démarche d'évaluation des risques engendrés par n'importe quel changement au sein du système ferroviaire. Cette étude rendra possible la formulation d'une recommandation destinée à la Commission Européenne. Cette recommandation se positionnera, aussi bien en terme d'acceptation que de refus du changement, au regard de la sécurité ainsi que d'autres critères pertinents tels que le coût induit, l'impact environnemental...

Dans le but de guider la conception des méthodes précédentes, l'Agence Européenne a identifié plusieurs situations concernant la sécurité, pour lesquelles elle pourrait être amenée à rédiger une recommandation :

- Introduction d'une fonction de sécurité innovante
- Remplacement / renouvellement / mise à jour d'une fonction de sécurité existante
- Suppression d'une fonction de sécurité obsolète.
- Changement de mesures de sécurité consécutif à des incidents récurrents en fonctionnement normal.
- Changement de mesure de sécurité consécutif à des accidents majeurs
- Changement relatif à la sécurité en relation avec la création ou la modification d'une STI
- Changement relatif à la sécurité dans le cas d'accords multinationaux.

Pour répondre à cette problématique, l'INERIS s'est joint à la société EGIS-rail, concepteur d'infrastructures ferroviaires. Ce groupement temporaire permet de l'association de deux compétences complémentaires, qui sont l'analyse et l'évaluation des risques pour l'INERIS, et la connaissance et l'expérience du monde ferroviaire pour la société EGIS-Rail. L'ensemble de cette étude s'est donc déroulé en collaboration entre ces deux entités, selon le plan développé dans le chapitre suivant.

### ***Déroulement de l'étude***

Devant l'étendue du champ d'étude, une méthodologie ciblée en 2 phases a été développée. L'objectif de la phase 1 est l'étude du contexte et de la situation présente. Elle est découpée en 2 étapes. La première étape consiste en une étude documentaire du secteur ferroviaire : réglementations en vigueur, ciblage des différents acteurs et de leurs organisations et interactions, recherche des méthodes utilisées en matière d'analyse et de gestion des risques et de prise de décision...

La seconde étape déroule une série d'entretiens avec plusieurs acteurs ferroviaires et non ferroviaires européens. Les entités rencontrées sont composées d'Agences européennes, d'Etats Membres, d'autorités nationales de sécurité, de corps d'enquêtes nationaux, d'entités nationales de référence en matière d'analyse et de gestion des risques. Cette première phase permet de formuler une problématique d'étude, donnée d'entrée de la phase 2.

La phase 2 comprend la conception de la méthode d'aide à la décision pour la rédaction des positions de l'Agence, concernant les changements impactant la sécurité, au sein du système ferroviaire européen. Celle-ci inclut spécifiquement une méthode d'analyse des risques, dans le but d'évaluer l'impact du changement sur le niveau de sécurité du système ferroviaire.

## II. Phase 1 : Formulation de la problématique

L'objectif de la phase 1 est la formulation d'une problématique d'étude, servant de base à la conception de la méthode d'aide à la décision de la phase 2. Les éléments recherchés en particulier sont les différentes contraintes internes et externes de l'Agence européenne, les thématiques importantes à prendre en compte dans la prise de décision et les acteurs pertinents impliqués. Cette phase s'est déroulée en 2 étapes, une première allouée à la compréhension du contexte et des principaux enjeux, et une seconde étape de rencontre des différents acteurs.

### 1. Étape 1: Étude documentaire

Comme cité précédemment, cette première étape de la phase 1 a pour objectif la compréhension du contexte et des enjeux de l'étude. Cette lecture permet d'abord de délimiter plus précisément le périmètre de l'étude. Elle permet de définir ce qu'est l'étude, et plus important encore ce qu'elle n'est pas. Cette lecture est de plus une préparation aux entretiens. Emmagasiner un maximum d'informations sur ce domaine permet des entretiens plus ciblés et plus efficaces. Elle est avant tout basée sur la lecture et la compréhension de différents documents pertinents. L'ensemble de ces documents sont structurés dans le paragraphe suivant.

#### a. Documents étudiés

Les différents documents étudiés peuvent être regroupés en plusieurs types :

- **Les réglementations européennes et nationales** : elles constituent le fondement légal de l'organisation et du fonctionnement du système ferroviaire européen. Elles décrivent de manière explicite une première série de contraintes, réglementaires, imposées aux différents acteurs du ferroviaire (acteurs internes au secteur ainsi que les acteurs externes en interactions). Une attention particulière a été portée aux textes relatifs aux Agences européennes.
- **Les normes internationales** : elles sont un référentiel majeur dans le domaine des risques ferroviaires. Connaître les normes et standards permet de mieux comprendre les manières de travailler dans le ferroviaire, en terme de guide de bonnes pratiques, d'analyse et d'évaluation des risques, de sûreté de fonctionnement...
- **Les références ERA** : il s'agit de différents documents propres à l'Agence européenne de sécurité ferroviaire. Ces documents sont utiles pour connaître les contraintes et fonctionnements internes. Il s'agit de rapports, notes internes, positions...

De plus, la littérature scientifique en matière de :

- **Analyse coût bénéfice** : dans le cadre de cette étude, l'aspect sécurité est à mettre en balance avec d'autres aspects pertinents, tels que le coût, l'impact sociétal, l'impact environnemental... Cette littérature permet une connaissance préliminaire des différentes approches en matière de balance coût/bénéfices.
- **Aide à la décision** : l'aide à la décision est le cœur d'étude de la phase 2. Cette lecture permet une compréhension des principes et approches de l'aide à la décision et de la manière de les mettre en œuvre.
- **Principe de gestion des risques** : historiquement, les systèmes ferroviaires se sont construits dans une logique nationale, chaque pays adoptant ses propres méthodes d'évaluation des risques. Il est donc important de connaître le concept de chaque principe de gestion de risques utilisé à travers les pays européens : ALARP<sup>3</sup>, GAME<sup>4</sup> ou MEM<sup>5</sup>.
- **Facteurs organisationnels / facteurs humains** : les normes et références en matière de système technique sont nombreuses. Cependant la prise en compte des FO/FH (facteurs organisationnels et humains) dans le ferroviaire nécessite encore une progression.
- **Retour d'expérience** : les changements en matière de sécurité ferroviaire sont fortement consécutifs aux accidents majeurs et accidents mineurs récurrents. La façon dont sont traités les données et sont construites les bases de données est un aspect important de cette étude.
- **Evaluation des risques** : cette lecture permet de comprendre les différentes méthodes utilisées pour apprécier et évaluer les risques.

L'ensemble des références des documents consultés sont bibliographiés à la fin de ce rapport.

Sur la base de ces lectures, et de manière à structurer et partager les différentes informations portées à notre connaissance, différentes synthèses thématiques ont été réalisées. Une cartographie des acteurs a de plus été créée. Ces éléments sont développés dans les prochains paragraphes.

## b. Synthèses documentaires

Devant la quantité d'informations accumulées, il est nécessaire de trier les informations importantes, et de les structurer. Plusieurs synthèses thématiques ont ainsi été rédigées. Le but recherché a d'abord été l'assurance d'une bonne compréhension des documents. En effet rédiger une synthèse provoque une reformulation des informations, et explicite la manière dont elles ont été personnellement comprises. De plus ce travail nous a permis de mieux partager ces informations, et de vérifier leur cohérence et leur pertinence. Les thématiques abordées pour la rédaction des synthèses sont les suivantes :

---

<sup>3</sup> As low as reasonably practicable

<sup>4</sup> Globalement au moins équivalent

<sup>5</sup> Mortalité endogène minimum

- Réglementation européenne du secteur ferroviaire (voir annexe I)
- Méthode de sécurité commune (voir Annexe II)
- Outils d'analyse des risques et évaluation de la performance humaine (voir Annexe III)

### c. Cartographie des acteurs

Historiquement, les Etats Membres ont mis au point leurs règles et normes de sécurité principalement au niveau national sur la base de concepts techniques et opérationnels nationaux. En outre, en raison des différences entre les principes, les approches et les cultures, il était difficile de surmonter les entraves techniques et d'établir des services de transport internationaux. Les directives 91/440/CEE (4) et suivantes ont constituées les premières étapes de la réglementation du marché européen du transport ferroviaire, en ouvrant le marché des services internationaux de transport ferroviaire. Cette phase de restructuration inclut deux changements majeurs : la séparation des fonctions, auparavant intégrées, des entreprises historiques et le remplacement de l'autorégulation du secteur ferroviaire par une régulation publique. Cette séparation donna lieu à la création de nouveaux acteurs, chacun responsable de la sécurité du système.

Ces nouveaux acteurs majeurs sont décrits dans la directive sécurité ferroviaire. Plusieurs types sont définis :

- **L'Agence européenne de sécurité ferroviaire**, acteur unique décrite précédemment.
- **Les gestionnaires de l'infrastructure**, sont les entreprises chargées en particulier de l'établissement et de l'entretien de l'infrastructure ferroviaire. Cette fonction inclut également la gestion des systèmes de régulation et de sécurité de l'infrastructure.
- **Les entreprises ferroviaires**, sont les entreprises dont l'activité est la fourniture de services de transport de marchandises et/ou de passagers par chemin de fer. Elles assurent obligatoirement, la traction.
- **Les autorités nationales de sécurité**, sont les organismes chargés des tâches relatives à la sécurité des chemins de fer. Elles sont notamment chargées de délivrer les autorisations de mise en service, les certificats et agréments en matière de sécurité.
- **Les bureaux d'enquêtes nationaux**, sont les organismes chargés des enquêtes post-accidentelles. Ils sont chargés de collecter et d'analyser des informations, déterminer les causes, tirer des conclusions, et le cas échéant formuler des recommandations en matière de sécurité.

Au regard du déplacement des enjeux, des niveaux nationaux au niveau européen, d'autres acteurs sont apparus, tels que les différents syndicats ou **associations européennes**. Ces entités regroupent d'autres acteurs, organisés par groupes d'intérêts (syndicat des usagers, association des transporteurs de fret, association des fabricants de wagons...).

Devant cette multitude d'acteurs, et dans le but de concevoir une méthode d'aide à la décision pertinente au regard des spécificités de chacun, une analyse des différentes interactions a été réalisée. Cette représentation graphique (figure 1) a été construite avec l'objectif de représenter les relations réglementaires, à l'échelle européenne.



**Légende : European Railway Stakeholders**



- \* List of representative bodies from the railway sector (according the Workgroup) :
  - UNIFE CER EIM UITP UIP UIRR ERFA ETF ALE EPTTOLA (*ERA referred*)
  - AEIF
  - National Safety Authority
  - Social Partners
  - Freight customer and passengers

- \*\* Workgroup program :
  - ERA
  - EU committee
  - UIC
  - OTIF
  - others...

- \*\*\* Safety measures in compliance with TSI

*L'ensemble des termes sont définis dans le glossaire en fin de rapport (p54).*

Cette étape de connaissance du milieu ferroviaire et de ses pratiques a été déroulée en parallèle de la préparation des entretiens. Elle a apportée les connaissances pour réaliser des entretiens ciblés avec nos interlocuteurs, au regard de la problématique étudiée. Cette deuxième étape de la phase 1, correspondant au déroulement des entretiens avec les différents acteurs du milieu, est développée dans le chapitre suivant.

## 2. Etape 2 : Préparation et réalisation d'entretiens

### a. Méthodologie des entretiens

La seconde étape de la phase 1 a donc consisté à réaliser différents entretiens, répartis en deux séries, avec plusieurs acteurs pertinents. Pour préparer et mettre en œuvre ces entretiens de manière efficace, plusieurs principes ont été choisis, et l'approche sélectionnée pour conduire les interviews est la suivante :

- La définition des deux séries d'entretiens : elles font respectivement référence aux acteurs ferroviaires et non ferroviaires. L'objectif est la capitalisation de leur expérience. La première série d'entretiens permet d'identifier les questions et problèmes clés au sein du secteur ferroviaire. Ces questions et problèmes sont approfondis lors du déroulement de la deuxième série d'entretiens. L'ERA a en effet souhaité consulter des acteurs externes au monde ferroviaire. L'objectif principal était de « s'ouvrir », de « sortir de soi » en allant explorer d'autres démarches conduites dans d'autres domaines, comment la décision était prise et quelles pouvaient être les pratiques qui peuvent être utilisées de manière transversale dans le secteur ferroviaire.
- La méthodologie utilisée est l'entretien semi-directif. Cette méthodologie a l'avantage de centrer le discours des personnes interrogées autour de différents thèmes préalablement définis. Elle permet de plus d'apporter une plus grande richesse à l'entretien grâce à la puissance évocatrice des citations et aux possibilités de relances et d'interactions dans la communication interviewer/interviewé.
- Dans le but de s'assurer de l'abord de l'ensemble des points importants, un questionnaire a été préparé. Les questions ont été formulées de manière la plus ouverte possible. L'objectif est de décrire les différentes attentes et pratiques des acteurs. Les questions ouvertes sont donc les plus pertinentes. Les principaux points abordés sont les suivants :
  - Emergence d'une opportunité de changement : motivations et évaluation
  - Evaluation de l'impact du changement sur la sécurité
  - Processus de validation du changement considéré

Le questionnaire utilisé lors des entretiens est consultable en annexe n° IV : *Guide d'entretien*.

Vingt entretiens ont été organisés. Devant la grande diversité des acteurs au sein du secteur ferroviaire européen, il a été décidé de se focaliser sur un nombre limité de pays. Cela permet d'étudier de manière plus profonde les relations entre acteurs nationaux et européens impliqués dans le processus de décision. Il est en effet préférable d'étudier les relations entre plusieurs acteurs, tels que l'autorité nationale de sécurité, l'Etat Membre, une entreprise ferroviaire, pour un pays, plutôt que d'interviewer le même type d'acteur dans plusieurs pays. (France, Royaume Unis, Espagne, Allemagne).

La liste des entretiens organisés est consultable en annexe n° V : *liste des organismes rencontrés*.

Les résultats des entretiens ont ensuite été analysés et regroupés, dans le but de développer et structurer les points importants pour la suite de l'étude. Cette analyse est expliquée dans le paragraphe suivant.

## b. Résultats des entretiens

L'analyse des résultats des entretiens a été réalisée en considérant les documents clés suivant :

- *European Commission Impact Assessment Guidelines* (5), pour évaluer l'impact de tout changement réglementaire et de toute initiative de la Commission Européenne.
- Autres guides d'aide à la décision

L'*European Commission Impact Assessment Guidelines* (5) constitue la toile de fond du processus d'aide à la décision, que l'ERA se doit de suivre pour conseiller la Commission Européenne en terme de :

- Evaluation des risques relative à tout changement au sein du système ferroviaire,
- Décision à prendre concernant la mise en place, ou non, du changement.

Les verbatim de chaque entretien ont ensuite analysés et structurés dans le but de fournir une vue d'ensemble initiale des éléments collectés lors des entretiens, et leurs contributions à la construction du processus d'aide à la décision. Ces éléments ont été structurés de manière à être directement utilisable dans la phase 2, selon le tableau suivant (figure 2) :

- 1/ Preliminary step : formulation du problème, évaluation du caractère significatif du changement, identification du périmètre d'étude et des acteurs impliqués.
- 2/ Safety evaluation : méthodes d'évaluation des impacts du changement sur la sécurité.
- 3/ Decision making : méthode et critères utilisées lors de la prise de décision.

Expected method DMP	Main points raised during interviews
<i>Preliminary step (point 1 of the questionnaire)</i>	
<i>Safety evaluation (point 2 of the questionnaire)</i>	
<i>Decision making (point 3 of the questionnaire)</i>	

Figure 2 : tableau de synthèse des entretiens

Les deux tableaux de synthèse, acteurs ferroviaires et acteurs non ferroviaires, sont consultable en annexe n° VI (confidentiel).

Dans le but d'établir un lien entre le tableau de synthèse et le processus d'aide à la décision, un paragraphe des points clés à aborder lors de la phase 2 a été rédigé. Ces recommandations sont organisées suivant la structure du processus d'aide à la décision :

- Synthèses des leçons tirées des entretiens
- Recommandations pour l'étape 2

Cette section est consultable en annexe n° VII : *leçons apprises (confidentiel)*.

### **c. Difficultés rencontrées lors des entretiens**

Les principales difficultés rencontrées lors du déroulement de la phase d'entretiens concernent des aspects organisationnels, de pertinence et de restitution.

#### ***Organisation des entretiens***

Concernant l'organisation des entretiens, le planning révisé du déroulement de l'étude imposa une prise de tous les entretiens de la phase #1 dans un temps court. De plus, nous avons ciblé nos interlocuteurs en relation avec les différents aspects de notre étude, l'évaluation des risques et la prise de décisions, dans plusieurs entités partout en Europe. Les déplacements engendrés par la non proximité géographique des interlocuteurs furent consommateurs en temps. Enfin la prise de rendez-vous des entretiens a nécessité la synchronisation de plusieurs agendas, parfois extrêmement chargés chez nos interlocuteurs, repoussant encore les dates d'entretiens. L'ensemble de ces aspects ont fait glisser rendez-vous, ce qui provoqua un délai supplémentaire pour la réalisation de la phase #1.

*Dans le but de stopper le glissement de la phase #1 et d'anticiper les potentiels retards concernant les entretiens restants, plusieurs mesures ont été prises.*

- *Le déroulement des entretiens par conférence téléphonique. Cela permet une plus grande rapidité et flexibilité dans la prise de rendez-vous.*
- *Le remplacement des entités indisponibles par d'autres considérées plus pertinentes, après le retour d'expérience des premiers entretiens.*

#### ***Compréhension des 7 scénarios***

Concernant la compréhension des outils méthodologiques proposés par l'ERA (les 7 scénarios), peu de nos interlocuteurs ont validé ce découpage. Les 7 scénarios classifient des niveaux différents de gestion des risques, dépendant de la modification. Un temps d'explication supplémentaire des différents scénarios, et leurs liens avec l'étude, a été nécessaire. Ce décalage s'est d'autre part ressenti dans les réponses fournies par nos interlocuteurs, peu de fois en lien avec ces 7 scénarios.

*Dans le but de s'affranchir de cette difficulté, une mesure a été prise :*

- *La création, et l'adaptation basée sur le retour d'expérience de chaque entretien, d'une présentation en vidéo projection, permettant une description plus efficace de l'étude. Cette*

*présentation à aussi permis une introduction et une explication plus aisée des différents scénarios.*

### **Qualité des comptes-rendus**

Enfin, concernant le déroulement des entretiens et l'acquisition des réponses, plusieurs entretiens ne permirent pas d'acquérir la totalité des réponses attendues, en termes de type de questions abordées, et de niveaux de détails et/ou d'exemples. En effet, le questionnaire utilisé lors des entretiens aborde plusieurs aspects, notamment la motivation du changement, l'évaluation des risques et la prise de décision. En réalité, peu d'interlocuteurs eurent un niveau de connaissance poussé dans ces 3 domaines, ce qui est normal dans la mesure où ces aspects sont parfois éloignés (notamment évaluation des risques et prise de décision). D'autre part, une minorité d'interlocuteurs ont exprimés une incompréhension et une méfiance vis-à-vis de l'étude initiée par l'ERA. Cette inquiétude a pu être à l'origine d'un manque de précision des réponses apportées.

*Dans le but d'apporter de la valeur ajoutée aux entretiens futurs, plusieurs mesures ont été prises :*

- *L'envoi systématique du questionnaire d'entretien de manière anticipée. L'objectif est de vérifier la bonne adéquation entre les thématiques abordées et l'expertise de notre interlocuteur.*
- *La multiplication des contacts au sein d'une même entité, dans le but de diversifier les points de vue et les compétences, ce qui permet d'améliorer la compréhension de la complexité de la prise de décision.*
- *Une stratégie de discussion pendant l'entretien inversée, partant non plus de la motivation du changement à la décision, mais de manière inductive de la prise de décision vers les différentes motivations possibles.*

Plusieurs points positifs sont cependant à mettre en avant. La rencontre avec plusieurs acteurs au sein d'un même organisme, dans le but d'avoir une vision globale de la manière dont l'évaluation des risques est réalisée est les décisions prises. De plus les entretiens ont très souvent conduit à des rendez-vous complémentaires, dans le but d'approfondir certaines thématiques précises. Enfin nos interlocuteurs ont fait preuve d'une ouverture en termes d'accessibilité, d'écoute, de réponses et de transmission de documents pertinents pour notre étude.

Une méthode d'aide à la décision a pour objectif d'aider le décideur à comprendre son problème, le structurer et apporter les éléments nécessaires à la prise de décision. Elle doit donc être en phase avec les spécificités du contexte décisionnel, et de ses contraintes. La phase 1 de cette étude avait pour objectif la prise de connaissance du contexte décisionnel, ses spécificités et ses contraintes. Elle sert maintenant de base à la formulation de la problématique du décideur, point de départ de l'aide à la décision. Cette formulation est abordée dans le paragraphe suivant.

### 3. Formulation du problème

L'objectif de la phase 1 est la formulation de la problématique de l'Agence européenne, à l'origine du besoin en support d'aide à la décision.

Un problème est avant tout une sensation d'inconfort, dans une situation provoquant un besoin de changement. Identifier un problème consiste donc à définir cette situation d'inconfort, c'est-à-dire les différences entre la situation actuelle et la situation recherchée (figure 3).

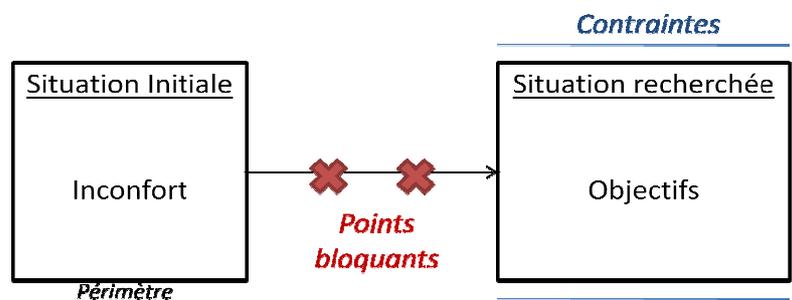


Figure 3 : modélisation d'un problème

Formuler un problème consiste donc à définir le plus précisément possible, dans un langage courant :

- La situation initiale : la sensation d'inconfort, ses origines et son périmètre.
- La situation recherchée : les objectifs à atteindre, les contraintes existantes.
- Les points bloquants : empêchant le passage de la situation initiale à la situation recherchée.

*« Nous devons résoudre tel point bloquant, dans cet objectif, sachant telles contraintes. »*

Concernant l'Agence européenne, la formulation du problème est la suivante :

En tant qu'expert technique rattaché à la Commission Européenne, l'ERA doit se positionner sur les différents scénarios de changement, en respectant les objectifs suivant :

- Le maintien et l'amélioration des performances du système ferroviaire européen de manière efficace et raisonnablement réalisable.
- L'augmentation du niveau de sécurité en accord avec les spécifications d'interopérabilité.

La prise de position de l'ERA peut avoir plusieurs origines :

- En réponse à la requête de la Commission Européenne, à propos d'un changement qui peut avoir des répercussions significatives sur la sécurité et/ou l'interopérabilité du système.
- En réponse à la sollicitation d'acteurs du système ferroviaire sur un changement pouvant impacter la sécurité et/ou l'interopérabilité :

- Les gestionnaires d'infrastructures et les entreprises ferroviaires, au regard de leur système de gestion de la sécurité et leurs études de sécurité.
  - Les Etats Membres et leur autorité nationale de sécurité, au regard de leur rapport annuel de sécurité et observations de la situation terrain.
  - Le bureau d'enquête national, au regard des enquêtes post-accidentelles réalisées.
- Autosaisie d'un sujet considéré comme nécessitant une prise de position, au regard de ses propres critères.

Avant de transmettre ces requêtes à l'Agence, chaque acteur réalise sa propre expertise, pour évaluer l'impact du changement au regard des dimensions suivantes : sécurité, sociale, économique, et environnement. Cependant, les méthodes d'évaluation et les critères de décision choisis peuvent varier d'un pays à l'autre. Dans le but de proposer une réponse cohérente, l'Agence doit être en mesure de comprendre les différents contextes et motivations de chaque requête.

Les prises de position de l'ERA sont soumises à la Commission Européenne, et systématiquement analysées par différents groupes de travail représentant les Etats Membres. En addition d'une parfaite validité technique, les Etats Membres attendent que des recommandations de l'Agence le respect des objectifs suivants :

- Cohérence avec les décisions et recommandations précédentes.
- Transparence du processus de décision, dans le but de les rendre légitime.
- Robustesse des décisions, au regard des incertitudes d'étude.
- Compréhension des décisions, au regard des responsabilités de chaque acteur.
- Prise en compte des dimensions sécurité, économiques, sociales et environnementales.

### **III. Phase 2 : conception des outils**

#### Remarque importante :

La rédaction de se rapport de stage intervient avant la fin du déroulement de l'étude dans son ensemble. A ce stade, le processus d'aide à la décision est encore en cours de construction. Le chapitre suivant n'a donc pas pour vocation d'expliquer ce processus dans le détail, mais plutôt d'en expliciter les grandes lignes.

## 1. Objectif et définitions de l'aide à la décision

La décision est généralement présentée comme le résultat d'un processus de choix d'un individu isolé, appelé « décideur », entre plusieurs possibilités d'actions à un moment donné. Cette conception ne correspond pas parfaitement à la manière dont sont réellement prises les décisions dans la plupart des organisations. Même si, en dernier ressort, la responsabilité d'une décision incombe à un individu clairement identifié, celle-ci est la résultante d'interactions entre plusieurs acteurs, qui conditionnent la décision en fonction de leur système de valeurs et de leurs enjeux.

De ce fait, décider est rarement trouver une solution à un problème. C'est le plus souvent, imaginer des compromis, fait accepter des arbitrages dans des situations de conflit où les intérêts de chacun sont souvent divergents. « *Transformer un conflit en problème, c'est laisser croire qu'il existe une solution, c'est-à-dire une réponse que tous les acteurs doivent reconnaître comme juste* » (BOYSSOU, 1986) (6). L'objectif de l'aide à la décision n'est donc pas la représentation objective de la réalité, mais obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision, en cohérence avec le système de valeur et les enjeux du décideur.

Cependant, tout décideur est en situation de « rationalité limitée », c'est à dire qu'il ne peut pas tout savoir des conséquences de ses choix et qu'il est limité dans son appréhension de la réalité. Ce point a été un des fondements de la réflexion en aide à la décision, en sociologie des organisations, et en sociologie d'une manière générale. Friedberg a commenté ce point (1993) (7) :

*« L'information d'un décideur est toujours incomplète, car la connaissance des conséquences des différentes possibilités d'action et de leur valeurs respectives dans le futur est toujours fragmentaire. Pour toutes sortes de raisons (manque de temps, de ressources, d'imagination, d'attention), un petit nombre seulement des solutions possibles ou imaginables est réellement examiné. (..) selon les termes mêmes de Simon, le décideur n'optimise ni ne maximise, il se contente d'une solution satisfaisante ».*

Construire un processus d'aide à la décision (figure 4) consiste donc à cibler et définir l'ensemble des dimensions importantes pour le décideur, au regard des enjeux de chaque **acteur**. Ces éléments permettent une comparaison de plusieurs **actions potentielles** au regard d'**indicateurs**, modélisant les différents **critères** de décision.

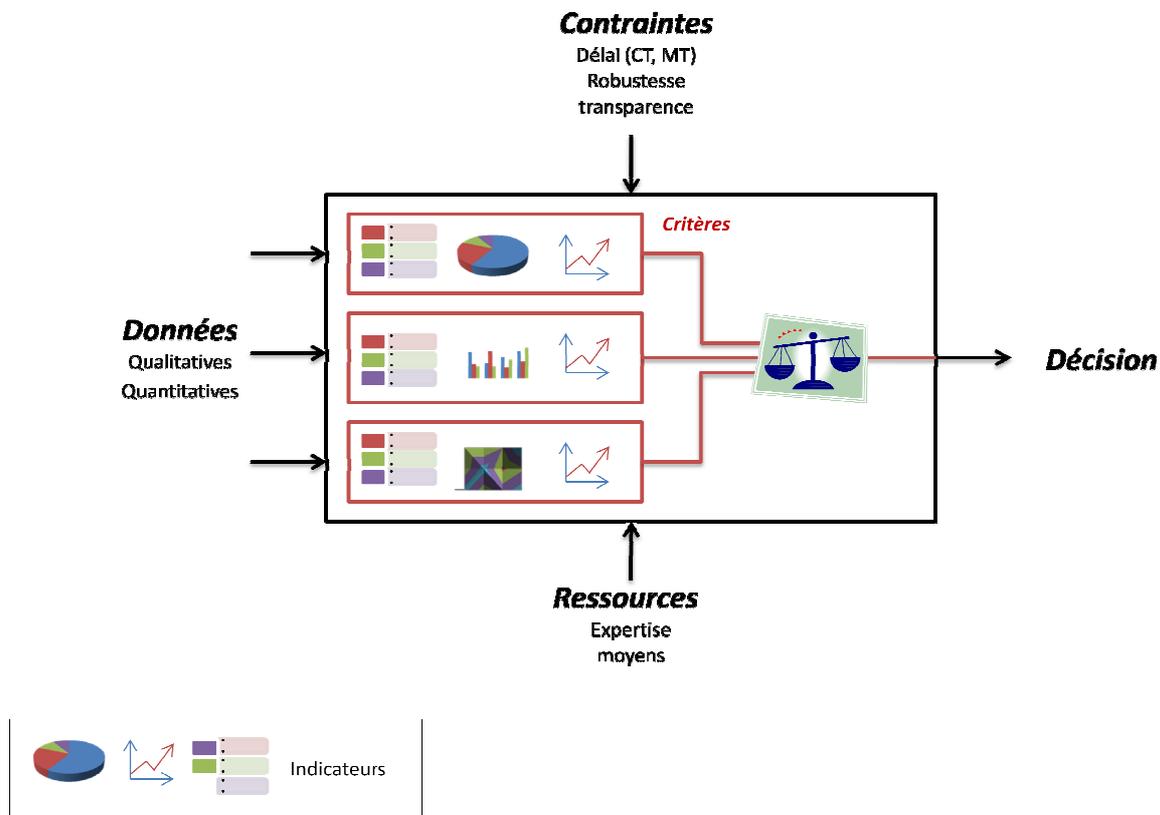


Figure 4 : modélisation d'un processus d'aide à la décision

### *Le concept d'acteur*

Un acteur désigne un individu, un corps constitué ou une collectivité susceptible de jouer un rôle quelconque, direct ou indirect, dans le déroulement du processus de décision. Ce rôle peut prendre plusieurs formes : l'acteur peut être impliqué dans le processus de décision, être impacté par les conséquences des décisions, ou les deux.

Considérer un acteur comme pertinent, dans le cadre d'une problématique de décision, revient à intégrer ses connaissances, ses enjeux et systèmes de valeurs pour la description du problème et le choix des recommandations à fournir. De ce fait, tout acteur considéré comme pertinent porte potentiellement en lui une partie du problème et des recommandations à fournir.

### *Le concept d'action potentielle*

Une action potentielle est une action réelle ou fictive provisoirement jugé réaliste par un acteur au moins. Chaque action potentielle définit une manière réaliste de mettre en place une solution au

problème. Prendre une décision optimale correspond donc à choisir l'action potentielle la plus efficiente au regard des critères de décisions.

### *Le concept de critère*

Un critère est un outil construit dans le but d'évaluer et de comparer plusieurs actions potentielles au regard d'un point de vue, qui doit être défini aussi largement que possible défini.

Un critère est d'abord une propriété, un caractère distinctif qui permet de distinguer un objet. La définition d'un critère nécessite donc la connaissance approfondie des objets étudiés, qui dans le cas de la décision, sont les actions potentielles.

Dans le cadre de l'aide à la décision, le but premier d'un critère n'est pas de fournir une représentation objective de la réalité. Il vise plutôt à construire des représentations des actions potentielles, représentations comportant nécessairement une part de subjectivité. De plus, tout objet pouvant être décrit de multiples manières en fonction de la position de l'acteur qui le décrit et des objectifs de la description, l'étude en question définira des critères qui ne seront valables qu'au regard du contexte, des acteurs et des objectifs spécifiques de l'aide à la décision.

La construction des critères peut être menée selon 2 approches :

- Approche ascendante : elle consiste à élaborer, sur la base d'une interaction analyste/acteur, une première liste de conséquences susceptible de se réaliser au regard des actions potentielles considérées. Celles-ci sont ensuite progressivement regroupées pour constituer des classes de conséquences qui serviront à caractériser les actions en question.
- Approche descendante : il s'agit de décliner un ou plusieurs objectifs généraux selon différents points de vue. Ces objectifs sont ensuite affinés jusqu'à formation de dimensions distinctes. Ce travail s'effectue aussi dans le cadre d'une relation analyste/acteur.

Pour que ces dimensions ou classes de conséquences puissent exprimer les préférences d'un ou des différents acteurs et constituer ainsi des critères de décision, il est nécessaire de définir pour chacune d'elles une échelle d'évaluation.

Pour parler de critères, une échelle d'évaluation doit être définie pour chacune des dimensions ou classes de conséquences identifiées de manière à représenter les préférences du décideur. Il s'agit d'attribuer à chaque action potentielle une valeur numérique sur le critère considéré, valeur que l'on appellera performance. Toute action sera représentée par l'ensemble des performances qu'elle atteint sur les différents critères.

A ce moment du processus d'aide à la décision, il est nécessaire de valider le choix des critères effectués. Pour Roy et Bouyssou (1993) (6) :

- Validation pour le décideur, de manière à s'assurer que les critères choisis constituent bien des instruments de comparaison pertinents et qu'ils permettent de restituer pleinement

l'ensemble des dimensions qui lui semble important de considérer en vue d'une prise de décision.

- Validation axiomatique de manière à s'assurer que les critères satisfont à un ensemble d'exigences axiomatiques. Ceux-ci sont au nombre de trois (figure 5).

<b>Axiome</b>	<b>Objectif</b>
<b>Axiome d'exhaustivité</b>	Vise à s'assurer que chacune des conséquences servant à fonder le jugement de comparaison entre actions doit être prise en charge par l'un au moins des critères.
<b>Axiome de cohésion</b>	Juger la cohésion entre le rôle dévolu localement à un critère k au niveau des préférences restreintes et le rôle dévolu au même critère k au niveau des préférences globales
<b>Axiome de non redondance</b>	Un critère est redondant si son retrait engendre une sous famille de critères satisfaisant les deux axiomes précédents.

Figure 5 : Validation axiomatique

#### *Le concept d'indicateur*

Un indicateur est l'outil par lequel un critère sera modélisé. C'est une donnée quantitative qui permet de caractériser une situation évolutive, de façon à comparer et évaluer différents états à différentes dates. De cette définition apparaissent 2 subordinations :

- La comparaison : un indicateur nécessite un élément de comparaison aux valeurs prises, un référentiel de comparaison.
- La nature :
  - o Quantitative : permet de quantifier les données et généraliser à la population étudiée (traitement statistique).
  - o Qualitative : permet la compréhension des raisons et motivation (pas de traitement statistique).

Il est nécessaire de garder à l'esprit que l'indicateur est un outil d'analyse et d'aide à la prise de décision. Il doit permettre le retour d'expérience, la gestion au jour le jour (tel un tableau de bord), et l'établissement de plans à moyen et long terme.

En règle générale, les indicateurs ont 4 utilités principales :

**1/ gestion dans le temps et l'espace** : les indicateurs permettent de tracer l'évolution dans le temps et l'espace de la performance mesurée, c'est ce qui permet le retour d'expérience.

**2/ organisation** : les indicateurs permettent de tracer l'état d'avancement et de formalisation de la gestion d'un projet ou d'une organisation (tableau de bord, benchmarking interne).

**3/communication** : l'indicateur quantifié est un outil concret et non réfutable, qui est la base d'une argumentation.

**4/ prévision et prospective** : les indicateurs permettent l'extrapolation des tendances, basée sur les courbes d'expérience, engageant l'avenir à long terme.

Un indicateur bien utilisé est utile. Cependant, il faut éviter le piège des indicateurs non opérationnels. Pour être efficace, un indicateur doit répondre au cahier des charges suivant :

- **L'échelle** : correspond aux différents pas/positions pouvant être adoptés par l'indicateur.
- **Le public** : l'indicateur doit être adapté à l'acceptation du public considéré.
- **L'aspect étudié** : chaque domaine possède ses propres compétences scientifiques.
- **Le référentiel** : un critère doit être associé à un objectif.

Ces critères associés à l'indicateur sont aussi important que l'indicateur. Il est nécessaire de figurer ces renseignements dans tout rapport exploitant un indicateur.

## 2. Conception des outils

### a. Méthodologie de conception de l'outil

La prise de décision n'est pas une action ponctuelle qui se déroule sur un moment précis. Elle est plutôt le résultat d'un processus qui peut s'avérer long, complexe et nécessitant de multiples choix intermédiaires.

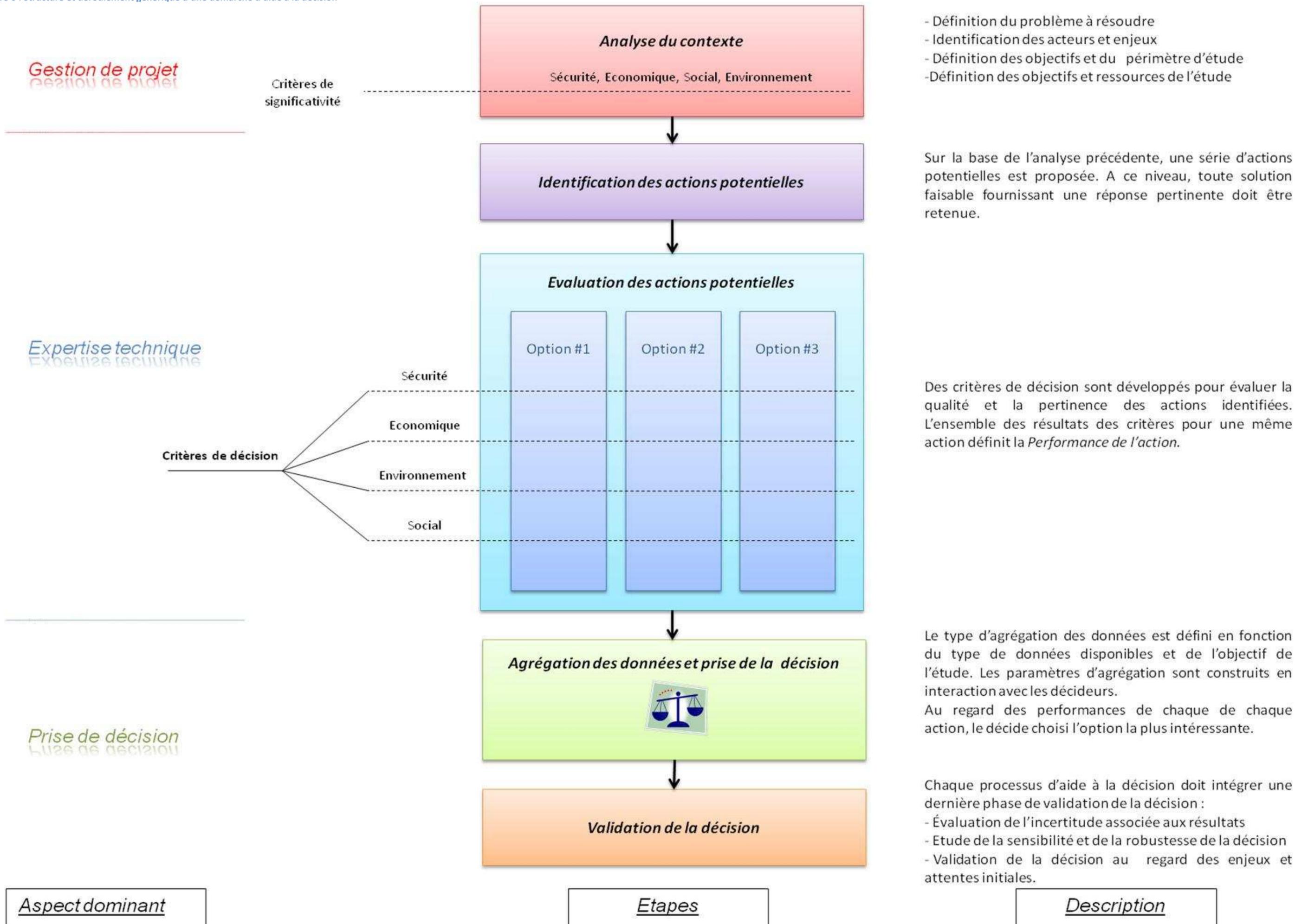
Par conséquent, la démarche proposée ne se contente pas de proposer une méthode d'estimation des risques liés au changement du système ferroviaire, mais elle s'intéresse plus généralement à l'ensemble du processus de décision qui amènera l'ERA à intégrer le critère risque induit par le changement dans sa décision pour recommander la CE.

Ainsi, la démarche propose un accompagnement de l'ERA depuis la première phase de formulation de son problème jusqu'à la phase finale de sélection de la meilleure solution au regard des risques relatifs à la sécurité générés par le changement en le mettant en balance avec d'autres critères dans les domaines économique, social et environnemental tels que le demande le guide *Impact Assessment* (5) de la Commission Européenne (15/01/2009).

Une étape préliminaire avant que de dérouler le processus de décision (figure 6) est d'identifier les critères et les indicateurs dans les domaines précédemment définis.

Cette cartographie permettra à l'ERA, en fonction de la recommandation qu'elle devra rendre, du temps et des ressources qu'elle pourra mettre à disposition, de sélectionner tant les critères de significativité que les critères à retenir pour rendre son avis sur l'opportunité ou non de mettre en œuvre le changement étudié.

Figure 6 : Structure et déroulement générique d'une démarche d'aide à la décision



## b. Définition des critères

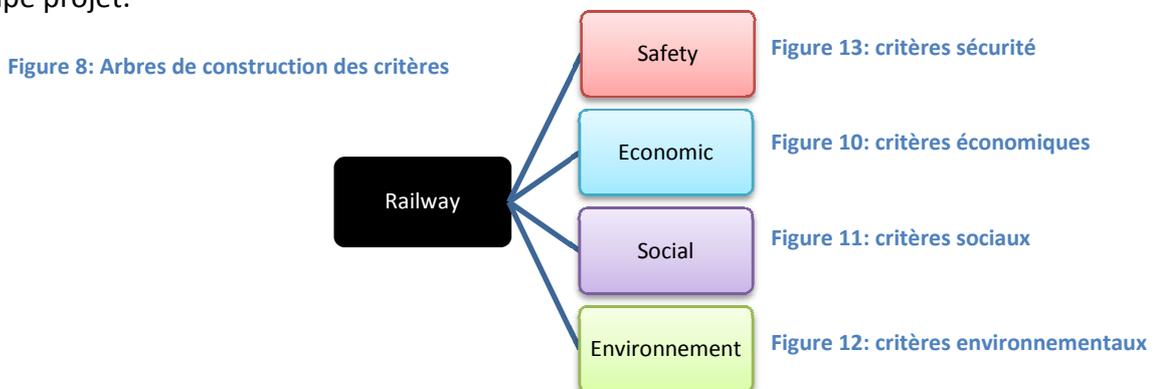
Comme nous avons pu le constater lors des entretiens, les sept scénarios de changement identifiés par l'ERA pour être une entrée à la sélection de critères de significativité et de critères de décision, n'a pas trouvé complètement écho auprès des entités ferroviaires rencontrées. Toute situation de changement étant jugée unique par nos interlocuteurs, pour les sept situations suivantes :

1. Introduction d'une fonction de sécurité innovante,
2. Remplacement / Renouvellement / Mise à jour d'une fonction de sécurité existante,
3. Suppression d'une fonction de sécurité obsolète,
4. Changement de mesures de sécurité consécutif à des incidents récurrents en fonctionnement normal,
5. Changement de mesure de sécurité consécutif à des accidents majeurs,
6. Création ou modification d'une STI impactant la sécurité,
7. Accord multinationaux impactant la sécurité,

Le changement doit être mesuré en termes d'impacts sur chacun des domaines précités et être en cohérence avec le guide *Impact Assessment* (5) de la Commission Européenne.

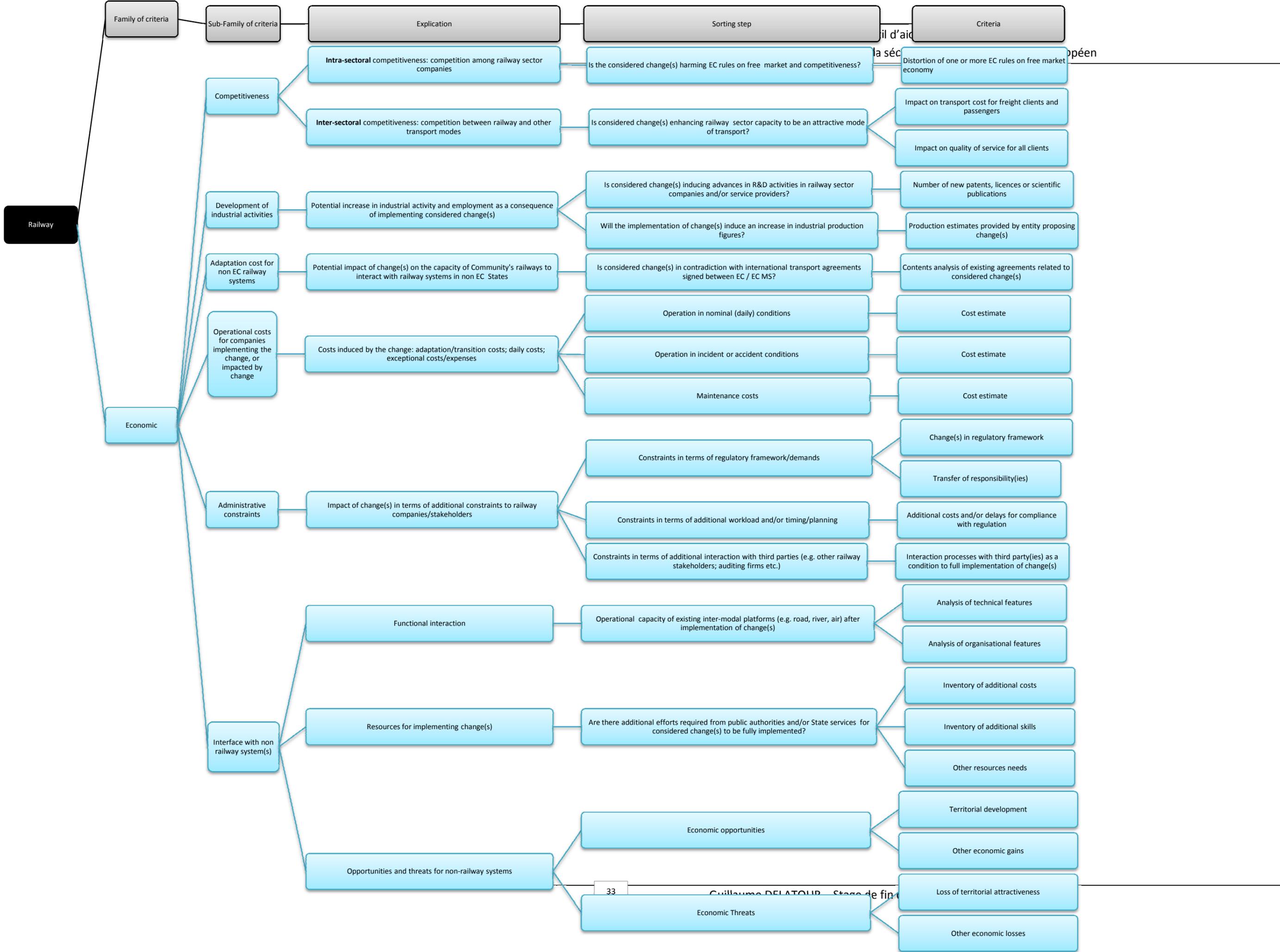
C'est pourquoi une liste de critères dans chacun des 4 domaines, sécurité, économique, social et environnemental a été conçue pour permettra à l'ERA d'identifier les critères de significativité et de décision qui lui sembleront pertinents de retenir en fonction de l'avis qu'elle aura à rendre et de la situation de changements..

Le graphique suivant développe les arbres de critères de significativité et de décision pour chacun des domaines (figure 8). Leur construction prend en compte à la fois de la demande réglementaire, la pratique des organismes rencontrés lors de l'étape une et de l'expertise de l'équipe projet.



PS : seul la dimension sécurité intègre des indicateurs relatifs aux critères, au vue de l'état d'avancement de sa conception.

Figure 9: critères économiques



Conception d'un outil d'aide à la décision  
concernant les changements impactant la sécurité du système ferroviaire européen

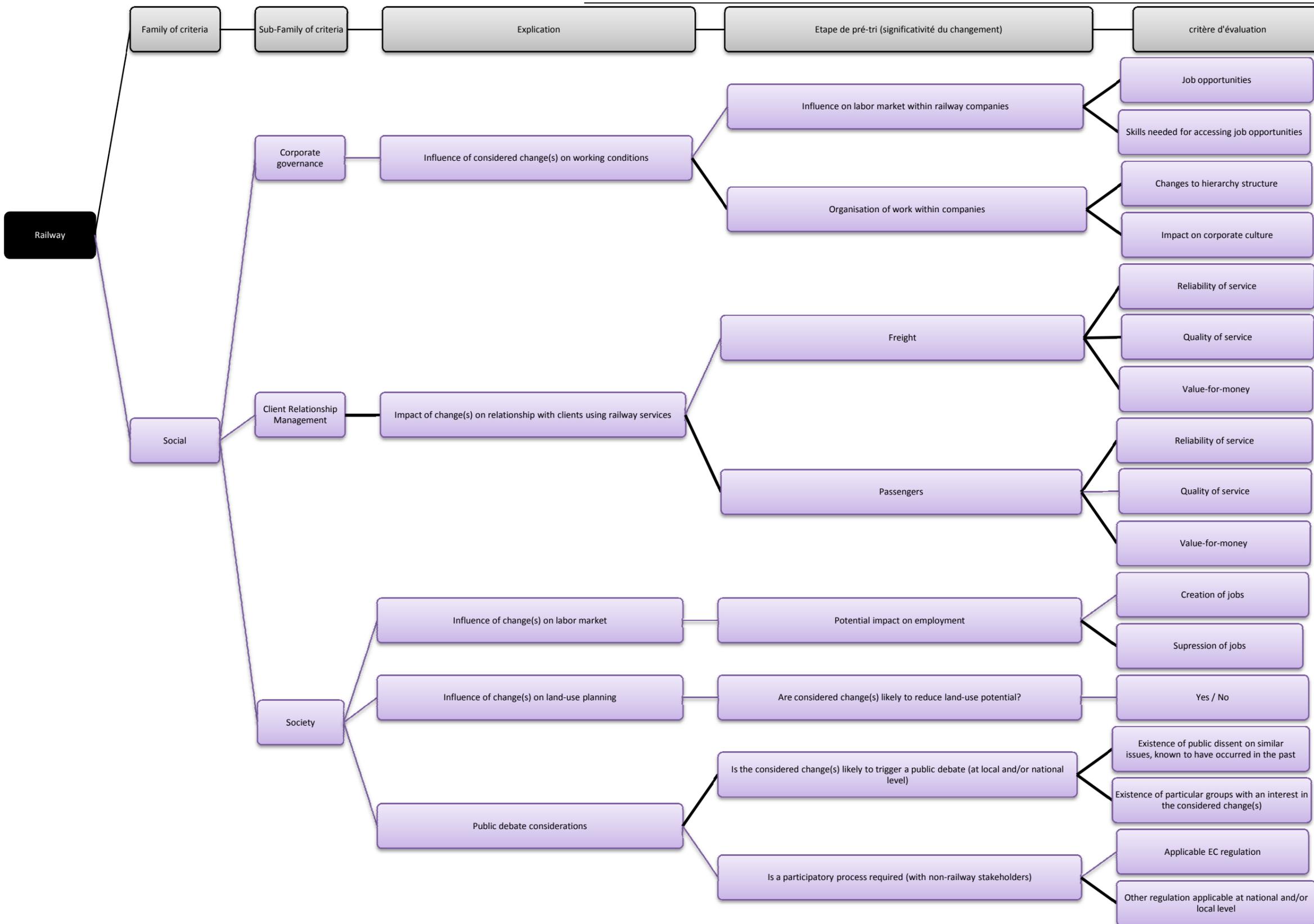


Figure 12: critères environnementaux

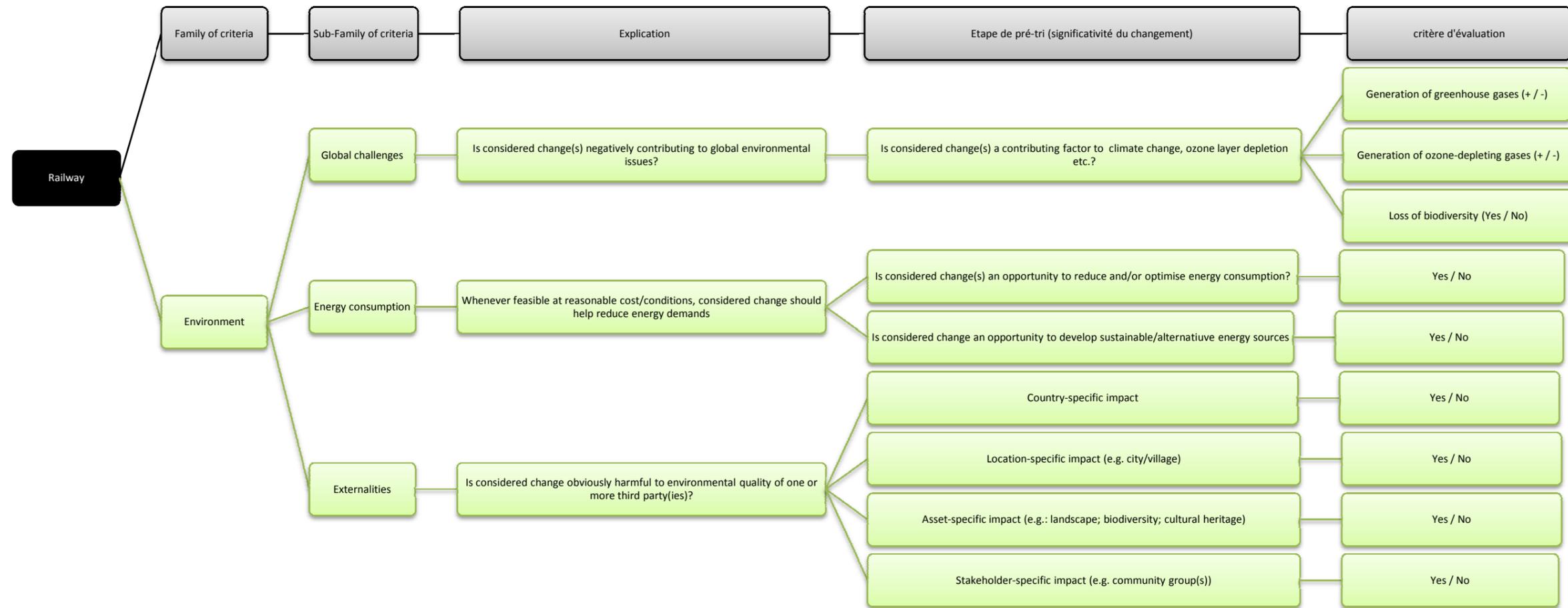
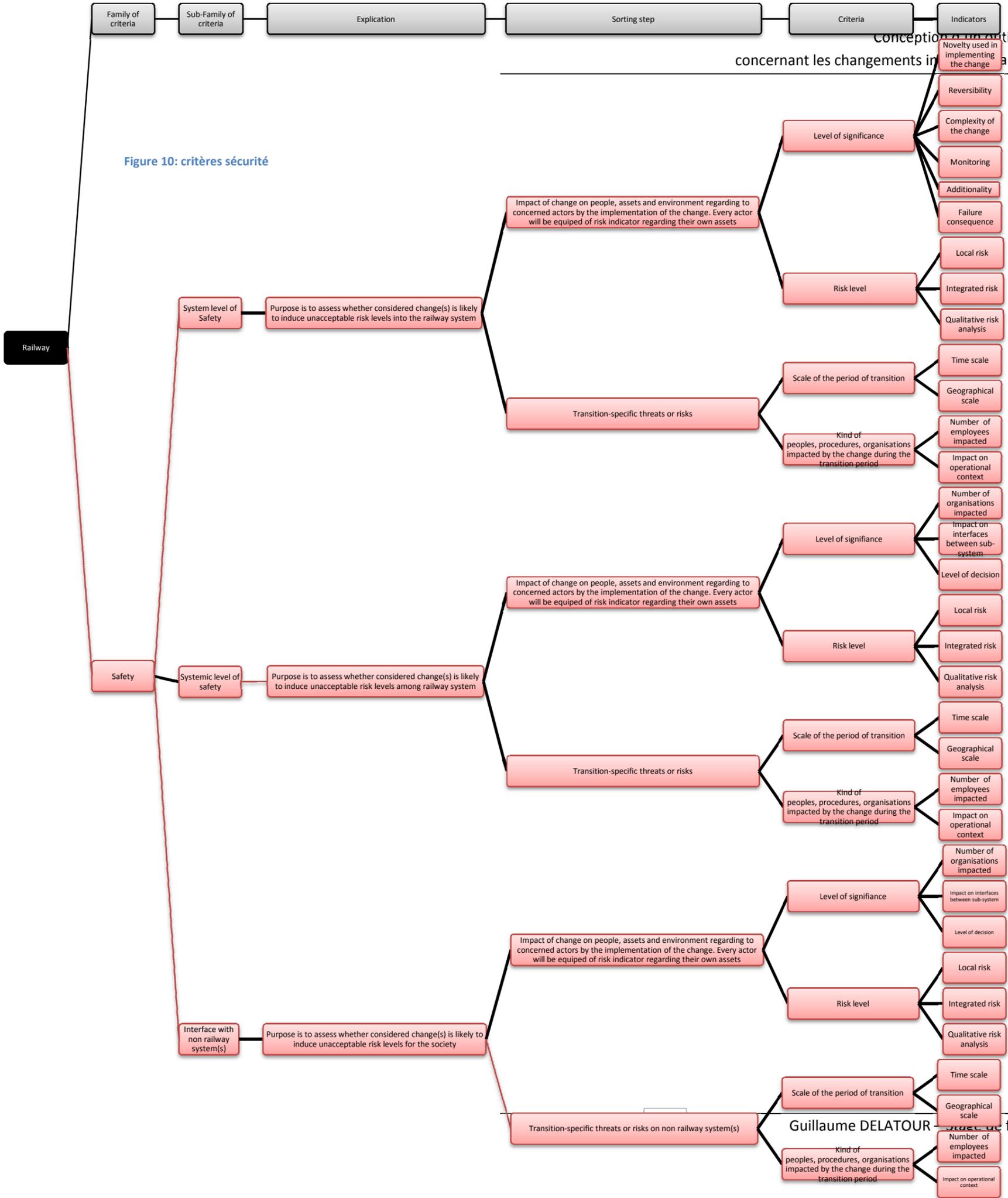


Figure 10: critères sécurité



### c. Analyse du contexte

La première étape du processus d'aide à la décision est l'une des étapes les plus importantes. Elle conditionne le bon déroulement du processus et la prise d'une décision « optimale », c'est-à-dire une décision globalement positive pour l'ensemble des acteurs, correspondant à un consensus au regard des enjeux de chacun.

Cette première étape est la formulation du problème à résoudre. C'est l'aspect préparation de l'étude qui prime. Il s'agit de définir un certain nombre d'éléments pour préparer le déroulement du processus : la problématique, sa significativité, le périmètre d'étude, les acteurs impliqués, les objectifs de l'étude, les critères importants et les ressources nécessaires.

- **La problématique** de l'étude est la question sur laquelle porte le changement. Il s'agit de définir le contexte et les conditions qui ont provoqué le besoin d'un changement : accident, stratégie économique, avancée technologique...
- **La significativité** : une grande quantité de changements sont mis en œuvre chaque année au sein du système ferroviaire. En tant qu'entité européenne l'agence ne se positionne qu'en réponse à certaines requêtes définies précédemment. De plus, au regard des principes de complémentarité et de subsidiarité, l'ERA doit définir des critères de sélection des changements pour lesquels elle doit se positionner.
- **Le périmètre d'étude** correspond à l'espace géographique et organisationnel impacté par le changement. Un changement ne sera pas traité de la même façon s'il impacte un département ou le système européen dans son intégralité.
- **Les acteurs impliqués** doivent être identifiés préalablement au déroulement du reste de l'étude. Une sélection plus précise et une phase de concertation sera mis en place, si nécessaire, lors de la phase de conception des actions potentielles.
- **Les objectifs de l'étude** permettent de guider et valider la réussite du processus d'aide à la décision. Ils doivent être définis en termes de délais et de livrables.
- **Les ressources nécessaires** au déroulement du processus dépendent de la formulation de la problématique. Il s'agit de dimensionner les ressources en termes de compétences, charges de travail, financier, organisation...

#### **d. Identification des actions potentielles et des acteurs**

Cette deuxième étape de la démarche proposée vise à identifier l'ensemble des options envisageables vis-à-vis du changement, qu'elles soient existantes ou nouvelles, en vue de sélectionner la plus optimale. Il est évident que plus l'ensemble des options envisageables est grand, plus il est probable de disposer d'une solution satisfaisante. De ce fait, cette étape se doit d'abord d'être créative en essayant d'envisager toutes les possibilités existantes

Le nombre d'options envisageables sera au minimum de 2. L'une des options est celle où l'on n'opérerait aucun changement. La seconde option serait une solution unique relative au changement envisagé. Cette comparaison entre ces deux options intégrant la mesure de l'impact en cas de non changement, répond à la demande de l'*Impact Assessment Guideline* (5).

L'ERA se doit de vérifier que les différents organismes qui ont constitué le dossier ou évaluer la pertinence du changement, ont bien pris en compte les critères essentiels qui portent l'évaluation de la mise en œuvre du changement.

Il est proposé de procéder lors de cette étape comme suit :

- a. *Identification des sous-systèmes<sup>6</sup> sollicités par le changement* : Cette première étape vise à identifier les équipements, les organisations, les sous-systèmes susceptibles d'être sollicités par les différentes options pour mettre en œuvre le changement envisagé. Ces sous-systèmes ou moyens existants peuvent éventuellement être complétés par des projets d'investissement d'équipements nouveaux ou de nouvelles organisations.
- b. *Constitution des options du changement* : La conception des options du changement revient à identifier l'ensemble des manières de combiner les sous-systèmes identifiés ci-dessus pour réaliser la mise en œuvre du changement. L'ERA se devra à ce stade pour répondre à la demande du guide européen d'évaluation des impacts, de retenir comme option celle n'intégrant aucun changement.
- c. *Caractérisation des options du changement* : Cette étape vise à recueillir toutes les informations nécessaires à la caractérisation des options ainsi définies, au minima :
  - Les contraintes réglementaires qui s'imposent sur chacun des sous-systèmes. Une attention particulière devra être accordée aux options traversant plusieurs pays et donc, potentiellement, soumises à différentes réglementations.
  - Dans le cadre du choix des options pour la mise en œuvre du changement, le nombre de sous-systèmes susceptibles d'être sollicités. Vérifier que les options n'aboutissent pas à un nombre trop élevé de sous-systèmes impactés par le changement ce qui peut générer un risque pour la gestion de ces interfaces entre sous-systèmes.

---

<sup>6</sup> Les différents sous-systèmes ferroviaires sont consultables en annexe n° VIII : *identification des sous-systèmes ferroviaires selon la directive 96/48/CE*.

d. *Pré-tri des options du changement*

Les points a, b et c précédents ont permis de constituer les options du changement à évaluer et de recueillir les informations nécessaires à leur description. Avant de procéder à la comparaison de ces différentes options sur la base, entre autres, des risques qu'elles génèrent, un pré tri pourrait permettre d'éliminer certaines options qui, dès cette étape, pourraient s'avérer non satisfaisantes.

Cela permet d'éviter de dérouler l'ensemble de la démarche, et donc de consommer des ressources (compétences, temps et budgets), sur des options considérées déjà comme mauvaises par l'ERA.

Ce pré tri peut s'effectuer sur la base de plusieurs critères qui peuvent varier en fonction du type de changement et d'un contexte problématique à un autre. Il appartient à l'ERA de s'interroger sur les critères de pré-tri qui correspondent au mieux aux attentes des différents acteurs impliqués par le changement et leur enjeux propres. Les principes exposés dans ces critères de pré-tri pourront également être représentés dans la suite de la démarche d'estimation par exemple au niveau des critères qualitatifs.

Dans le cadre de cette étude, les critères de pré tri suivants ont été conçus pour chacune des familles de critères : sécurité, économique, social et environnemental.

Lors des entretiens, il a été identifié que les critères à retenir pour réaliser ce pré-tri dépendent du type de changement. Que chaque situation est unique et qu'il est important à chaque nouvelle situation d'identifier les critères de pré-tri les plus pertinents à retenir.

Sont proposés ci-après quelques exemples de critères de pré-tri par famille de critères:

Sécurité

- *Complexité du changement*

L'introduction d'un nouveau matériel peut impacter un nombre important de sous-systèmes, et activer de nombreuses interphases entre systèmes ferroviaires, impliquant la mise en place de nouvelles procédures et également le changement de qualification du personnel. Cette complexité du changement peut impacter fortement la sécurité du système ferroviaire.

La ou les options à trop grande complexité peuvent être éliminées à ce niveau.

- *La maîtrise des risques des sous-systèmes constituant le changement*

Niveau de sécurité des sous-systèmes, nombre de salariés concernés pour chacune des options de changement, nombre de sous-systèmes impactés par option de changement...

Une première approche de la maîtrise de la sécurité des différents sous-systèmes par l'obtention pour chacun d'entre eux de certifications qualité, ou d'évaluation selon le référentiel SQAS (Safety and Quality Assessment System), ainsi que le nombre de sous-systèmes et le nombre de salariés impactés peut permettre à ce niveau d'éliminer une option de changement par rapport à une autre.

- *Période de Transition*

Si la période de transition pour la mise en place du changement est très importante et touche un nombre important de salariés qui puisse engager la sécurité du système ferroviaire. Cette évaluation

préalable de l'impact sur la sécurité ferroviaire de la période de transition peut permettre d'éliminer à ce stade les options les plus impactantes.

#### Environnement

- *L'importance des enjeux vulnérables exposés*

Un premier recensement des enjeux humains (zone urbaine, semi urbaine ou rurale), environnementaux (espaces naturels, rivières...) et patrimoniaux (zones d'habitation, monuments historiques) peut être effectué.

La ou les options impliquant un nombre trop important d'enjeux peuvent être éliminées à ce niveau.

#### Économie

- Le respect de l'interopérabilité

La première contrainte que doit respecter toute modification du système ferroviaire est de garantir le respect de l'interopérabilité. Si l'interopérabilité n'est pas respectée le changement proposé ne sera pas retenu. En effet une mesure non interopérable va à l'encontre du développement d'un réseau ferré transnational.

- *Le développement de l'inter modalité*

La politique sur l'intermodalité vise à limiter la croissance des transports routiers dans les 27 Etats membres de l'Union Européenne. Dans l'Union Européenne, elle est définie dans le Livre Blanc où sont clairement mentionnées la volonté d'un rééquilibrage des modes de transport au profit du rail, des voies maritimes et fluviales, du développement de l'intermodalité<sup>7</sup>, de la suppression des goulets d'étranglement et de l'élaboration d'un cadre stratégique pour la de changement du fret. Le Livre Blanc répond également à la stratégie de développement durable. L'augmentation de l'intermodalité favorise de plus la compétitivité du secteur ferroviaire.

Pour aller dans ce sens, L'ERA peut choisir d'exclure les options du changement qui pourrait induire des transferts vers le transport routier.

- *La charge administrative générée par le changement*

Chaque option de changement peut induire une charge administrative qui peut rendre l'option de changement trop contraignante pour les états membres devant mettre en œuvre le changement. Cette option peut donc être éliminée à ce stade.

#### Social

- *Emploi et marché du travail*

Les options de changement peuvent avoir des répercussions en dehors du système ferroviaire et peuvent conduire à un développement ou non du marché de l'emploi du fait par exemple du développement des infrastructures ferroviaires traversant le territoire de plusieurs états membres.

---

<sup>7</sup> L'intermodalité est le transport de marchandises par au moins deux modes de transport dans une seule et même chaîne de transport

Les options à ce stade pourront être ou non retenues par la création de nouveaux emplois qu'elles peuvent générer.

Les étapes a, b, c et d permettent donc d'aboutir à un ensemble d'options pour conduire le changement bien définies et satisfaisant un certain nombre de critères de pré-tri.

*e. Identification des acteurs pertinents au regard des options identifiées relatif au changement étudié*

En fonction de chaque option du changement, différents enjeux vulnérables peuvent être impactés. La présence de ces enjeux vulnérables implique nécessairement que des acteurs intéressés par ces enjeux seront impactés par les choix du changement à effectuer. Tels que présentés dans la première partie, ces acteurs peuvent être variés : sous-systèmes ferroviaire, collectivités, industriels présents sur le territoire, ...

Le recensement des enjeux vulnérables effectué en étape d (pré-tri des options de changements) est de nature à aider dans l'identification des acteurs potentiels. Il appartient à l'ERA de s'interroger sur la pertinence d'impliquer un ou plusieurs de ces acteurs dans son processus de décision.

Conformément aux orientations de la démarche qui ont été décrites à la phase 1, il est fortement préconisé de mettre en place une démarche collaborative entre, au moins, industriels (gestionnaire d'infrastructure, transporteurs, équipementiers) et représentants des Etats membres de manière à ce que les décisions prises répondent aussi bien aux contraintes (économiques, réglementaires, de sécurité, sociales, environnementales...) des industriels qu'aux contraintes d'aménagement du territoire de la Communauté Européenne.

Dans la mesure où l'ERA souhaite mener une démarche collaborative de ce type, il est souhaitable de prendre contact avec les acteurs qu'il juge pertinents dès cette étape afin de mieux prendre connaissance de leurs attentes et enjeux propres au regard de la décision à prendre.

**f. Évaluation des actions potentielles**

Les deux premières étapes nous ont permis de définir des options relatives à la mise en œuvre du changement. Il s'agit maintenant d'évaluer ces différentes actions potentielles au regard des différents critères de décision définis précédemment. Concrètement, la modélisation et l'opérationnalisation de chaque critère est basée sur l'utilisation d'indicateurs, permettant de mesurer l'impact de l'option envisagée pour un critère considéré.

L'ensemble des résultats des critères pour une même option est appelé performance de l'action potentielle. On obtient ainsi un tableau de performance à double entrée (figure 14), où les critères sont représentés en colonne et les actions en ligne : à la croisée de la ligne i et de la colonne j nous retrouvons la performance de l'action i sur le critère j. C'est à ce moment là qu'il est nécessaire de

valider le choix des critères effectués. Tel que défini dans le premier paragraphe de ce chapitre, la validation de l'ensemble des critères selon 2 aspects : validation par le décideur et validation axiomatique.

Critères Options	Sécurité			Economique			Social			Environnement		
	RI	RL	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Option #1												
Option #2												
...												

Figure 11: Tableau de performances des actions potentielles

#### *Zoom sur la méthode d'évaluation des risques*

La méthode d'évaluation des risques a pour objectif de renseigner les critères relatifs à la dimension sécurité, afin de pouvoir les comparer aux autres critères, dans l'étape suivante d'agrégation des données.

Tel que précisé précédemment, l'appréciation des risques dans le cadre de l'étude ERA passe par l'agrégation de sous-systèmes de natures diverses constituant les différentes options du changement étudié.

Par conséquent, il est intéressant de prendre en considération l'impact, en matière de sécurité, des différentes actions sur les différents acteurs pouvant être impactés aussi bien au sein du système ferroviaire qu'en dehors.

D'où la proposition de différents indicateurs de risques propre à chaque acteur et ses propres enjeux qui sont autant de formes d'agrégation possibles de sous-systèmes ferroviaires.

Dans le cadre de cette étude, deux indicateurs de risque sont proposés pour mener l'évaluation des options de changement et des choix d'aménagement du territoire ou du traitement d'un point singulier du système étudié:

- le risque local (RL),
- le risque intégral (RI).

### **Le risque local (RI)**

Le risque local est une mesure de l'aléa auquel est soumis un territoire, un point singulier du système étudié. L'objectif est de cartographier les risques générés, pour les employés, passagers et la société, par la ou les options traversant et/ou impactant le territoire d'intérêt, ou le point particulier étudié.

Les sous-systèmes ou portions de sous-système des option(s) susceptibles d'impacter le territoire d'intérêt ou le point particulier étudié sont identifiés. Le risque local en un point P (du territoire ou du système ferroviaire ou non ferroviaire) correspond alors à la somme des aléas induits par ces sous-systèmes au point P.

Chaque point particulier étudié est donc caractérisé par une probabilité d'atteinte par un ou des événements accidentels induit par le changement étudié, d'intensité supérieure à un seuil d'effet donné, générés par la (ou les) option(s) étudiée(s) (par exemple, l'impact d'une augmentation de vitesse des trains sur le niveau de sécurité des passages à niveau).

Cette probabilité est fonction de la *probabilité d'occurrence* de l'événement accidentel induit par le changement étudié, de l'*intensité des effets physiques* associés et de la *vulnérabilité générique* des catégories d'enjeux que l'on souhaite étudier vis-à-vis de cette intensité.

#### ***Intérêt d'un tel indicateur :***

Le risque local peut permettre de mettre en évidence des zones d'un territoire (ou les impacts sur un point singulier du système ferroviaire) soumises à des niveaux d'aléas différents (cartographie de l'aléa sur un territoire traversé ou sur le point singulier étudié par une ou plusieurs options). Il peut donc aider L'ERA à orienter une politique de développement du réseau ferré en conséquence (maîtrise de l'urbanisation, traitement des interfaces entre systèmes).

À ce titre, ce risque peut, par exemple intéresser un pays qui souhaite développer le réseau ferré sur son territoire et apprécier s'il peut être soumis aux effets induits par l'exploitation de différentes installations ou infrastructures de transport.

Il peut également intéresser les autorités sensibles à la réduction de la vulnérabilité des enjeux sur un territoire donné.

Il peut finalement intéresser un transporteur ferroviaire qui souhaiterait étudier l'aléa sur un territoire particulier de son itinéraire.

### **Le risque intégral (RI)**

Le risque intégral est une **mesure globale du risque** induit par une source de danger, la source de danger étant une option de changement ou plusieurs options, prises dans leur intégralité ou seulement en partie. Pour estimer le risque intégral, on « comptabilise » les enjeux susceptibles d'être impactés par l'ensemble des sources de dangers étudiée (enjeux humains -public, usagers, salariés-, enjeux environnementaux ou enjeux matériels) en les pondérant par les probabilités associées aux scénarios qui les impactent.

Le risque intégral est fonction de la *probabilité d'occurrence* des événements accidentels pouvant être générés par le changement étudié, de l'*intensité des effets physiques* associés, de la *répartition des enjeux* autour de la source de danger et de leur *vulnérabilité* vis-à-vis de l'intensité des effets produits.

Si la source de danger que l'on souhaite étudier est une option de changement dans son intégralité, tous les enjeux susceptibles d'être impactés par cette option de changement seront considérés. Le risque intégral correspondra alors à la somme des risques intégraux de chacun des sous-systèmes constituant l'option. Le risque intégral d'un sous-système ( $R_{\text{Sous-système}}$ ) étant estimé en ne retenant que les enjeux susceptibles d'être impactés par le sous-système considéré.

Si l'on s'intéresse uniquement au risque induit par une option (ou plusieurs options) au sein d'un territoire donné, le risque intégral est estimé en ne retenant que les parties de l'option ou des options traversant le territoire en question. Tous les enjeux susceptibles d'être impactés par ces parties d'option(s) sont considérés. Le risque intégral correspondra alors à la somme des risques intégraux des sous-systèmes (ou portion de sous-système) traversant le territoire.

***Intérêt d'un tel indicateur :***

La mesure d'un risque intégral peut intéresser l'ERA qui souhaite apprécier la solution de changement générant le moins de risque en considérant l'ensemble des enjeux qu'elle pourrait impacter. Il permet également aux collectivités impactées par les différentes options de changement et aux autorités européennes de juger des solutions proposées par les industriels.

**g. Agrégation des données et prise de décision (8)**

A moins qu'une solution efficace n'émerge directement du tableau de performances, les actions peuvent difficilement être comparées de manière intuitive car elles seront meilleures si un ou plusieurs critères mais moins bonnes sur d'autres. De ce fait, des procédures ont été proposées de manière à permettre de comparer tout couple d'action sur la base de leurs performances sur l'ensemble des critères. Roy et Bouyssou (1986) distinguent deux types d'approches d'agrégation multicritère :

- *agrégation multicritère fondée sur un critère unique de synthèse*

Un critère de synthèse unique est construit de manière à définir une performance unique pour chaque action évaluée. Les différents acteurs sont amenés à définir des niveaux d'importance relative entre critères; exprimés généralement par des poids. Ces niveaux d'importances permettent de spécifier les rôles qu'une partie prenante souhaite voir jouer aux différents critères, rôles qui contribueront à constituer la forme du critère unique de synthèse. Ainsi, le critère de synthèse est

construit sur la base d'une somme pondérée de performance des actions sur chaque critère et des poids accordées à chacun de ces critères.

Exemple de procédures : MAUT (Multi Attribute Utility Theory), AHP, MACBETH

- *Agrégation multicritère fondée sur des systèmes relationnels de préférence*

Les actions sont comparées paires par paires. Ainsi, pour chaque paire d'actions (a, b), les critères sont considérés comme des votants qui s'expriment, en fonction des performances de a et b, en faveur ou contre l'assertion « *a n'est pas pire que b* ». Pour exemple, si la performance de a est meilleure que b sur le critère k, celui-ci votera en faveur de l'assertion en question. On dit que le critère k est en concordance avec l'assertion en question. Dans le cas contraire, il est dit en discordance avec cette assertion. Ainsi, pour chaque paire d'actions, chaque critère attribue un coefficient de concordance et un coefficient de discordance (compris entre 0 et 1) qui expriment son niveau d'accord ou de désaccord avec l'assertion en question. Si une majorité représentative de critères juge que l'assertion en question est vraie et qu'aucune discordance n'est révélée, celle-ci sera validée.

Exemple de procédures : ELECTRE IS, II, III, IV et ELECTRE Tri, PROMETHEE I, II ou III.

Les contextes décisionnels dans lesquels le principe énoncé ci-dessus peut être appliqué sont très variés. Pour exemple, un décideur peut avoir comme objectif d'identifier la ou les meilleures options ; un autre décideur peut avoir comme objectif de ranger les options de la meilleure à la moins bonne. Enfin, un décideur peut s'intéresser à affecter les différentes options qui se présentent à lui à des classes prédéfinies ; un exemple de ces classes pouvant être les classes « options acceptées », « options rejetées » et « options en liste d'attente ».

Dans le cadre de cette étude, l'objectif est de désigner les meilleures solutions de changements au regard de différentes dimensions. Par conséquent, nous ne nous intéresserons qu'à un type particulier des méthodes ELECTRE, à savoir la méthode ELECTRE III.

L'application de la méthodologie ELECTRE présentée ci-dessus offre les avantages suivants :

- *Couplage de données qualitatives et quantitatives.* La méthodologie ELECTRE offre l'avantage, particulièrement appréciable dans le cas de l'ERA, de pouvoir agréger des données qualitatives et quantitatives au sein d'un cadre scientifique rigoureux et valide.
- *Possibilité de paramétrer la méthode en fonction des attentes des décideurs.* Les différents paramètres de préférences présentés ci-dessus (seuil de préférence, de veto et poids intra critères) constituent autant de possibilité de tenir compte des attentes spécifiques de différents décideurs. A ce titre, la méthodologie ELECTRE est susceptible de mieux répondre aux attentes des décideurs comparativement à l'approche graphique.
- *La méthodologie ELECTRE comme outil de concertation.* La détermination des différents paramètres d'entrée présentés en amont constituent autant de sujets de concertation possibles

entre acteurs. De ce fait, ELECTRE est une méthodologie de travail adaptée aux contextes multi acteurs.

Face à ces avantages, un inconvénient important de la méthodologie ELECTRE est qu'elle s'avère plus difficile à mettre en place car nécessitant des compétences particulières en aide à la décision multicritère.

#### **h. Validation de la décision**

Chaque procédure d'agrégation doit être clôturée par une validation avec le décideur.

Cette étape vise à vérifier que l'action choisie comme étant la meilleure ne va pas à l'encontre de l'intuition du décideur. Pour exemple, si la procédure d'agrégation distingue une solution qui, au préalable, était considérée comme mauvaise par l'ERA, cela implique que ses préférences et souhaits n'ont pas été convenablement pris en compte dans la procédure d'agrégation.

Une révision des critères ou/et des paramètres d'entrée présentés ci-dessus peut s'avérer nécessaire.

La décision doit de plus être analysé au regard des contraintes de l'étude définies au départ, telles que la transparence et la robustesse de la décision et le respect des enjeux de chaque acteurs pris en compte au départ.

### **3. Aspect critique**

Un processus d'aide à la décision a pour but d'assister le décideur en lui donnant un autre éclairage sur son problème, au regard des dimensions qui l'intéressent. Cette démarche nécessite l'acquisition et l'interprétation de données correctes et en quantités. Dans le cadre de cette étude, plusieurs aspects sont des facteurs limitant l'efficacité du processus, notamment pour évaluer les risques introduits par un changement dans le système ferroviaire

#### **a. Le caractère rare, incertain ou inaccessible des données quantitatives**

Estimer le risque c'est estimer la probabilité et les conséquences d'un événement non souhaité.

L'estimation de la probabilité se base sur une combinaison de données spécifiques relatives à chaque sous-système ferroviaire pouvant être impacté par le changement proposé qui compose le système ferroviaire et de données statistiques génériques issues du retour d'expérience sur des systèmes comparables ou sur le sous-système lui-même (fréquence d'accident, trafic, type de wagon, d'infrastructure....).

Il est à noter que si les données quantitatives spécifiques à chaque sous-système étaient disponibles et certaines, elles pourraient être suffisantes pour estimer le risque de l'ensemble de l'impact du changement sur l'ensemble des sous-systèmes constituant le système ferroviaire.

Or, ces données, qu'elles soient génériques ou spécifiques à un sous-système, sont souvent difficilement accessibles, voire, dans certains cas, inaccessibles. Elles sont aussi empreintes de fortes incertitudes.

Ainsi, nous pouvons remarquer par exemple l'absence de données nationales, voire européennes précises sur les flux de matières dangereuses par famille de danger sur réseau ferré européen intéressant un territoire bien précis. Seules des données génériques sont au mieux accessibles. Il en est de même concernant l'accidentologie sur le réseau ferré européen, seules des données génériques de l'accidentologie propre au réseau ferré européen au mieux sont accessibles. Ces données étant génériques, leur applicabilité dans un cas bien précis demeure sujette à des incertitudes importantes.

### **b. Approche qualitative versus approche quantitative**

La mise en place d'une démarche quantitative est séduisante, notamment par l'intérêt de pouvoir disposer d'indicateurs :

- comparables d'un sous-système à l'autre, comparables d'une option de changement à l'autre,
- pouvant être agrégés en utilisant simplement des opérateurs mathématiques logiques.

Elle implique cependant de disposer de l'ensemble des données d'entrée nécessaires à la construction des indicateurs retenus. Cette étape de collecte des données est l'écueil principal de la démarche quantitative.

En effet, la collecte de ces données est une étape coûteuse qui nécessite beaucoup d'investissement lorsque l'organisation de la collecte n'est pas déjà mise en place. Ainsi, il n'est pas toujours aisé de récupérer les données nécessaires à la construction des indicateurs retenus pour l'ensemble des sous-systèmes que l'on souhaite étudier.

De plus, dans la mesure où les événements étudiés sont des événements rares (comme par exemple : le peu d'accidents impliquant des marchandises dangereuses sur le territoire français), les données à disposition pour caractériser le risque sont pauvres. Les indicateurs construits sont donc susceptibles d'être peu robustes (forte incertitude). Les niveaux d'incertitude seront d'autant plus importants que les données collectées sont pauvres. Tel sera le cas pour les territoires peu à risque ou pour des territoires ayant fait l'objet d'une période de collecte de données courte. Ainsi en fonction de ces critères, l'approche quantitative pourra conduire à comparer, à agréger des indicateurs de risque de niveaux d'incertitude différents.

Enfin, les méthodes de collecte mises en place peuvent être différentes le long du territoire étudié, différentes en fonction des sous-systèmes. Ainsi, le critère d'enregistrement des informations pourra varier d'un point du territoire à l'autre créant une hétérogénéité dans les données collectées.

Une question sous-jacente à ce premier constat concernant les limites de l'estimation quantitative est : Est-ce que l'on pourrait se suffire d'une estimation purement qualitative ?

Cette question était une des remarques des différents acteurs que nous avons rencontrés qui était celle d'une méthode d'estimation purement qualitative d'une option basée sur des indicateurs de risques simples, facilement accessibles.

Nous avons pris en compte cette attente, en faisant le constat suivant concernant les limites d'une approche purement qualitative.

L'utilisation d'une approche purement qualitative montre rapidement ses limites. Si, pour un type de sous-système donné, il est possible de trouver des critères qualitatifs pertinents, et si ces critères peuvent être comparés entre sous-système de même nature, les difficultés surviennent dès lors que l'on travaille sur des combinaisons de sous-systèmes, de type différent, et de « poids » différent d'une option à l'autre. Dans la mesure où seuls des indicateurs quantitatifs ont pu être identifiés dans le cadre de l'étude pour caractériser ce poids, seule une démarche combinée d'indicateurs quantitatifs et qualitatifs peut être proposée.

**Remarque :** La combinaison de données quantitatives génériques et de données qualitatives demeure pertinente tant que ces données sont complémentaires, et donc non redondantes. Ainsi, si l'ERA dispose de données quantitatives représentatives et propres à une option de changement particulière, le recours à des données qualitatives complémentaires pourrait ne pas être nécessaire. Toutefois avant de faire ce choix, il est important de s'assurer de la robustesse des données quantitatives utilisées.

Néanmoins, avec le retour des entretiens, il semble extrêmement rare qu'un acteur du système ferroviaire puisse disposer de telles données.

De manière générale, les données, quel que soit le domaine étudié, donnent toujours lieu à débat quant à la représentativité, même dans les secteurs où les données sont nombreuses (aéronautique, nucléaire, offshore pétrolier), il y a toujours un biais quant à l'utilisation de bases de données.

Si l'addition des chiffres et leur comparaison sont toujours mathématiquement possibles, il est cependant nécessaire d'effectuer ces opérations en ayant conscience de leurs limites.

Chaque étude devra donc clairement faire apparaître l'origine des données et les limites de leur utilisation dans le cadre d'une estimation de risques. L'objectif sera ainsi d'avoir un regard critique vis-à-vis des indicateurs quantitatifs retenus et vis-à-vis des agrégations ou comparaisons effectuées.

### c. Validation méthodologique de l'étude

Toute conception de méthode support d'aide à la décision nécessite une validation méthodologique a posteriori. Le premier objectif est de vérifier la bonne structure et cohérence de la méthode, au regard des besoins définis au début de l'étude et des principes scientifiques du champ de la décision.

Cette étape a pour second objectif de tester la robustesse de la méthode, en termes d'efficacité des résultats, flexibilité envers les différentes problématiques à aborder, performances en termes de

ressources utilisées. Il s'agit de détecter et de supprimer les incohérences intrinsèques, erreur de raisonnement et d'utilisation de données.

Dans le cadre de cette étude, un applicatif test cherchera à apporter la preuve de cette efficacité opérationnelle. Le déroulement sera basé sur une mise en situation autour d'un changement type, impactant la sécurité du système ferroviaire. Le but sera donc d'élaborer une problématique fictive correspondant à la réalité du terrain. Cette formulation mettra à l'épreuve les différents critères de significativité, la modélisation d'actions potentielles, l'agrégation des données et la prise et validation de la décision.

## Conclusion

La prise de décision n'est pas une action ponctuelle qui se déroule sur un moment précis. Elle est plutôt le résultat d'un processus qui peut s'avérer long, complexe, et nécessitant de multiples choix intermédiaires. En tant qu'entité Européenne, l'Agence Européenne de sécurité ferroviaire doit se positionner sur changements impactant la sécurité du système ferroviaire. Ces changements sont très sensibles. Ils peuvent en effet engendrer des conséquences dramatiques, en cas de refus du changement, et à l'inverse, être perçus comme contre compétitif, en cas d'adoption de mesures trop contraignantes. Le nombre important d'acteurs ferroviaires européens imposent d'autres contraintes à l'Agence, en termes de transparence et d'acceptabilité des décisions.

Dans le but de s'assurer de l'efficacité et de l'acceptabilité de ses recommandations, opinions ou conseils, l'ERA a choisi de se doter d'un processus d'aide à la décision. Ce processus a pour avantage de s'appuyer sur un raisonnement clair, structuré, bâti avec la participation des différents acteurs du milieu, et intégrant les différents enjeux et données dans la construction de la décision. Ce processus permet de plus une séparation claire entre le temps de l'analyse experte des données et la prise de décision. La méthode développée ici cherche à construire différentes options potentielles en réponse à une problématique de changement. Ces options sont ensuite comparées au regard de différents critères de décision, balayant les dimensions sécurité, économique, sociale et environnementale. Le temps de l'analyse s'arrête et vient le temps de la prise de décision, où l'Agence européenne, décide de se positionner en choisissant une des différentes options étudiées.

Ce rapport a décrit une synthèse de la méthodologie suivie pour la conception de ce processus d'aide à la décision. Dans le but de valider la robustesse et l'efficacité de ce processus, un exemple applicatif sera mis en œuvre.

Enfin, ce processus d'aide à la décision a été construit pour aider le décideur, une Agence Européenne, à construire et défendre ses positions. Les contraintes principales étaient réglementaires, au regard de *L'impact assessment guideline*, règlement auquel sont soumis toutes les entités décisionnelles européennes, ainsi que les contraintes particulières inhérentes au milieu ferroviaire. Au regard du haut niveau organisationnel de l'ERA au sein de système européen, et la diversité des thématiques balayés lors de la prise de décision (sécurité, économique, environnement et social), il apparaît que cette méthode pourrait être transposable à d'autres entités équivalente. Il serait intéressant, à l'avenir d'adapter cette méthode d'aide à la décision, à d'autres modes de transports européens, ou autre secteur industriel en général.

## Bibliographie

1. **European Parliament and the Council.** *Directive 2008/57/EC of the 17 June 2008, on the interoperability of the rail system within the Community (Recast).* s.l. : Official Journal n° 191 of 18/07/2008 p1-45. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).
2. —. *Directive 2004/49/EC of the 29 April 2004, on the safety of the Community's railway and amending Council Directive 95/18/EC and Directive 2001/14/EC.* s.l. : Official Journal n° 164 of 30/04/2004 p44-113. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).
3. —. *Regulation n° 881/2004 of 29 April 2004 establishing an European Railway Agency (Agency regulation).* s.l. : Official Journal n° 164 of 30/04/2004 p1-43. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).
4. **European Council.** *Directive 91/440/EEC of the 29 July 1991, on the development of the Community's railway.* s.l. : Official Journal n° L237 of 24/08/1991 p25 - 28. Available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .
5. **European Commission.** *Impact assessment guidelines. SEC(2009)92.* 2009. p. 50.
6. **ROY B, BOYSSOU D.** *Aide multicritère à la décision : méthodes et cas.* Paris : Economica, 1993.
7. **FRIEDBERG.** *Le pouvoir et la règle : dynamique de l'action organisée.* s.l. : du Seuil, 1993.
8. **MAZRI, Chabane.** *Apport méthodologique pour la structuration de processus de décision publique en contexte participatif.* 2007. p. 393.

## Table des figures

Figure 1 : cartographie des acteurs ferroviaires .....	18
Figure 2 : tableau de synthèse des entretiens.....	21
Figure 3 : modélisation d'un problème .....	24
Figure 4 : modélisation d'un processus d'aide à la décision .....	27
Figure 5 : Validation axiomatique .....	29
Figure 6 : Structure et déroulement générique d'une démarche d'aide à la décision.....	31
Figure 7: Structure et déroulement générique d'une démarche d'aide à la décision.....	31
Figure 8: Arbres de construction des critères.....	32
Figure 9: critères économiques .....	33
Figure 10: critères sécurité .....	36
Figure 14: Tableau de performances des actions potentielles .....	42

## Glossaire

EC : European Community / Communauté Européenne  
ERA : European Railway agency / Agence Ferroviaire Européenne  
MS : Member State / Etat Membre  
NSA : National Safety Authority / Autorité Nationale de sécurité  
NIB : National Investigation Bureau / Bureau d'enquête national  
EA : European Association / Associations européennes  
IM : Infrastructure Manager / Gestionnaire d'infrastructure  
RU : Railway Undertaking / Entreprise ferroviaire  
OTIF : Intergovernmental Organization for International Carriage by Rail  
UIC : International Union of Railway  
UNIFE : Union of the Railway Industries  
CER : Community of European Railway and Infrastructures Companies  
EIM : European Infrastructures Managers  
UITP : International Association of Public Transport  
UIP : International Union of Private Wagons  
UIRR : International Union of Combined Road-Rail Transport Companies  
ERFA : European Rail Freight Federation  
ETF : European Transport Federation  
ALE : Autonomen Lokomotivführer-Gewerkschaften Europas  
EPTTOLA : European Passengers Train and Traction operating Lessors' Association  
AEIF : European Association for Railway Interoperability  
MSC : Common Safety Methods / Méthodes communes de sécurité  
OSC : Common Safety Objectives / Objectifs communs de sécurité  
TSI : Technical Specifications of Interoperability / Spécifications techniques d'interopérabilité  
SMS : Safety Management System / Système de management de la sécurité

## Annexes

### Liste des annexes

Numéro	Désignation	Nombre de pages
I	Réglementation européenne du secteur ferroviaire	3
II	Méthodes de sécurité communes	13
III	Fiches méthode : analyse des risques et évaluation de la performance humaine	30
IV	Guide d'entretien	3
V	Liste des organismes rencontrés	2
VI	Tableaux de synthèse des entretiens CONFIDENTIEL	8
VII	Leçons apprises CONFIDENTIEL	8
VIII	Identification des sous-systèmes ferroviaires	2
IX	Liste des documents analysés	7



## Annexe n° I

### Synthèse de la réglementation européenne

#### Développement du système ferroviaire européen

#### **1991: la directive 91/440 relative au développement de chemins de fer communautaires**

Elle s'est concrétisée en premier lieu par la directive 91/440/CEE du 29 juillet 1991 qui enjoignait aux États-membres de normaliser la situation des entreprises ferroviaires sur quatre points:

- assainir leur situation financière pour les rendre compétitives, notamment en réduisant leur endettement;
- les rendre indépendantes de l'État en établissant une comptabilité propre à ces entreprises;
- en ouvrant les réseaux aux entreprises ferroviaires des autres États-membres dans certains secteurs (transport combiné et transport international de marchandises).
- En séparant la gestion de l'infrastructure ferroviaire de celle de l'exploitation des services de transport, au moins sur le plan comptable, de manière à garantir une plus grande transparence dans l'utilisation des fonds publics.

#### **1995: les directives sur les licences et la répartition des sillons**

Deux directives nouvelles sont adoptées le 19 juin 1995.

- **La directive 95/18/CE** fixe les critères d'attribution des licences aux entreprises ferroviaires européennes.
- **La directive 95/19/CE** définit les conditions de répartition des capacités d'infrastructure ferroviaire.

#### **1996: un premier Livre Blanc**

Intitulé *Une stratégie pour revitaliser les chemins de fer communautaires*, ce premier document ferroviaire paru le 30 juillet 1996 annonçait une nouvelle stratégie législative de l'Union européenne. Au lieu de directives éparpillées au fil des ans, dorénavant les directives seront proposées **par paquet**.

#### **1998: le premier paquet dit « Infrastructure »**

Il s'agit de trois nouvelles directives adoptées par le Conseil européen le 26 février 2001. Ce paquet s'inspirait des insuffisances de la directive 91/440 et du consensus des décideurs sur l'analyse du Livre Blanc du 30 juillet 1996 *"Une stratégie pour revitaliser les chemins de fer communautaires"*:

- **La directive 2001/12/CE** modifie la directive 91/440/CEE : *Cette directive prévoit l'ouverture de l'accès au réseau transeuropéen de fret ferroviaire (RTEFF), et dans ce but, prévoit des mesures pour éviter toute discrimination dans l'accès à l'infrastructure. Elle impose non seulement la séparation des entités assurant l'exploitation des services ferroviaires de celles chargées de gérer l'infrastructure, mais aussi que les fonctions de répartition des capacités ferroviaires, de perception des redevances d'usage de l'infrastructure et de délivrance des licences soient assurées par des organismes indépendants. Elle impose en outre la séparation au moins comptables des activités de transport de voyageurs et de marchandises.*
- **La directive 2001/13/CE** modifie la directive 95/18/CE. *Elle définit les conditions d'attribution des licences permettant l'exploitation de services de fret ferroviaire sur le RTEFF.*
- **La directive 2001/14/CE** remplace la directive 95/19/CE. *Elle organise la répartition des capacités ferroviaires, la tarification des « sillons » et la certification en matière de sécurité.*

## **2001 : le second Livre Blanc**

Intitulé *La politique européenne des transports à l'horizon 2010: l'heure des choix*, ce document comportait un bilan de la situation ferroviaire à cette date et annonçait une nouvelle salve de mesures complémentaires. L'Union Européenne accélère le processus législatif alors que se profile pour mai 2004 un considérable élargissement vers 10 nouveaux membres, principalement à l'Est.

Pour faire circuler des trains dans cette Europe agrandie, il était nécessaire d'accélérer le processus d'interopérabilité et d'y adjoindre un volet "sécurité". Cet ensemble assez vaste nécessitait un pilotage communautaire au travers d'une Agence Ferroviaire assurant l'expertise et l'impartialité vis-à-vis de tous les acteurs du rail.

## **2004 : le second paquet ferroviaire**

Il s'agit d'un ensemble de cinq mesures, adopté en avril 2004 par la Commission Européenne, qui font suite à la publication du Livre Blanc de 2001 évoqué précédemment. Ce paquet avait notamment pour but de préciser une ouverture plus grande du marché fret, prévue in fine pour 2007.

- **Règlement 881/2004:** *Règlement instituant une l'Agence ferroviaire européenne.*
- **Directive 2004/49/CE :** *Directive relative à la sécurité ferroviaire : Mise en place et gestion de la sécurité (amélioration de la sécurité, ISC, MSC, OSC, système de gestion de la sécurité), certification et agrément en matière de sécurité, autorité de sécurité nationale, enquêtes sur les accidents et incidents.*
- **Directive 2004/50/CE :** *modifiant la directive 96/48/CE du Conseil relative à l'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse et la directive 2001/16/CE du Parlement européen et du Conseil relative à l'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen conventionnel.*
- **Directive 2004/51/CE :** *Modification de la directive 91/440/CEE : Développement des chemins de fer communautaires.*

## 2004 : le troisième paquet ferroviaire

Ce troisième paquet fut avant tout une exigence non pas de la Commission, mais du Parlement européen (PE), qui souhaitait un complément de garanties avant de voter le second paquet. La Commission s'exécuta donc rapidement - sans "Livre Blanc" préalable -, et présenta lesdites "garanties" sous forme d'un troisième paquet, le 3 mars 2004. Satisfait, le PE a ensuite adopté le 2e paquet le mois suivant, en avril 2004.

A noter que la Commission estimait qu'après l'adoption de ce 3e paquet, le cadre réglementaire du secteur ferroviaire serait complet, ce qui n'excluait pas d'autres ajustements dans le futur, en fonction des difficultés apparues sur le terrain.

Ce dernier paquet comprend :

- **Directive 2005/47/CE** : *concernant l'accord entre la Communauté Européenne du rail (CER) et la Fédération européenne des travailleurs des transports (ETF) sur certains aspects des conditions d'utilisation des travailleurs mobiles effectuant des services d'interopérabilité transfrontalière dans le secteur ferroviaire.*
- **Directive 2007/58/CE** : *modifiant la directive 91/440/CEE du Conseil relative au développement de chemins de fer communautaires et la directive 2001/14/CE concernant la répartition des capacités d'infrastructure ferroviaire et la tarification de l'infrastructure ferroviaire (l'ouverture du marché pour les services ferroviaires internationaux de transport de voyageurs à l'intérieur de la Communauté).*
- **Directive 2007/59/CE** : *relative à la certification des conducteurs de train assurant la conduite de locomotives et de trains sur le système ferroviaire dans la Communauté.*
- **Directive 2008/57/CE** : *relative à l'interopérabilité du système ferroviaire au sein de la Communauté : refonte de la directive 2004/50/CE.*
- **Directive 2008/68/CE** : *relative au transport intérieur des marchandises dangereuses.*
- **Directive 2008/110/CE** : *Directive sur la sécurité des chemins de fer : modifiant la directive 2004/49/CE concernant la sécurité des chemins de fer communautaires.*
- **Règlement 1370/2007** : *relatif à la qualité des services ferroviaires.*
- **Règlement 1371/2007** : *relatif aux droits et obligations des voyageurs.*

## Annexe n° II

### Synthèse de la réglementation européenne

#### Méthodes de sécurité communes

#### **MSC : évaluation des risques**

##### **Présentation**

La MSC a pour objectif de faciliter l'accès au marché des services de transport ferroviaire et permet la reconnaissance mutuelle des résultats de l'évaluation des risques. Elle est requise par l'article 9 de la Directive 2004/49/CE, qui prévoit explicitement l'élaboration d'une approche harmonisée pour l'appréciation des risques, et par l'article 15 de la Directive 2008/57/CE sur l'interopérabilité, qui identifie notamment la nécessité d'une intégration sûre des sous-systèmes structurels avant l'autorisation de leur mise en service.

La MSC évaluation des risques est fondée sur des méthodes déjà existantes dans les Etats membres, permettant ainsi de maintenir les hauts niveaux de sécurité. Elle a également défini un processus harmonisé d'appréciation des risques inspiré des méthodes existantes et des normes européennes.

Cette MSC est appliquée par le proposant, à tout changement considéré comme significatif. Celle-ci spécifie uniquement les exigences à respecter, sans indiquer la manière dont elles doivent l'être. Le processus suivi est un processus de gestion itératif. Il repose sur 3 étapes :

- a) Identification systématique des dangers, en fonction de la définition du système évalué, des mesures de sécurité associées et des exigences de sécurité qui en résultent
- b) L'analyse et l'évaluation des risques
- c) La démonstration de la conformité du système par rapport aux exigences de sécurité identifiées.

##### **Changement significatif**

Un changement significatif est défini comme toute modification technique, organisationnelle ou opérationnelle, ayant une incidence potentielle sur la sécurité du système ferroviaire.

*Règlement 353/2009/CE  
article (4)*

S'il n'existe pas de règle nationale notifiée visant à déterminer si un changement est significatif ou non dans un État Membre, la personne chargée de mettre en œuvre le changement doit en premier lieu prendre en compte l'incidence potentielle du changement sur la sécurité du système ferroviaire.

2 contrôles sont nécessaires pour évaluer le caractère significatif d'un changement :

*Règlement 353/2009/CE  
article (4)*

Le premier contrôle de sécurité vise à déterminer si le changement à une incidence sur la sécurité. Si c'est le cas, les autres critères de l'article 4 peuvent être utilisés pour déterminer si le changement est significatif ou non :

**La conséquence d'une défaillance** : le scénario réaliste le plus défavorable en cas de défaillance du système évalué, compte tenu de l'existence de mesures de sécurité en dehors du système.

**L'innovation** utilisée dans la mise en œuvre du changement, il s'agit tant de ce qui est innovant dans le secteur ferroviaire que de ce qui est nouveau uniquement pour l'organisation mettant en œuvre le changement.

**La complexité** du changement.

**Le suivi** : l'impossibilité de suivre le changement mis en œuvre tout au long du cycle de vie du système et de prendre des mesures adéquates.

**La réversibilité** : l'impossibilité de rétablir le système tel qu'il existait avant le changement.

**L'additionnalité** : l'évaluation de l'importance du changement en tenant compte de toutes les modifications liées à la sécurité qui ont été apportées récemment au système évalué et qui n'ont pas été considérées comme significative.

*Guide d'application du  
règlement MSC #1  
article (4) [G1]*

Le proposant (*Entreprise ferroviaire ou gestionnaire d'infrastructure ou entité adjudicatrice, selon la directive 2004/49/CE*) doit analyser, sur avis d'expert (*personne possédant la compétence, la connaissance et l'expérience nécessaire*), tous les critères précédents pour évaluer l'importance du changement, mais il peut prendre sa décision sur la base d'un seul critère.

Cette évaluation doit déboucher sur l'une des 3 conclusions suivantes :

*Règlement 353/2009/CE attendu (9)* Dans le premier cas, le changement n'est pas considéré comme significatif et le proposant doit le mettre en œuvre en appliquant sa propre méthode de sécurité.

Dans le deuxième cas, le changement est considéré comme significatif et le proposant doit le mettre en œuvre en appliquant la méthode de sécurité commune, sans qu'une intervention spécifique de l'autorité de sécurité soit nécessaire.

Dans le troisième cas, le changement est considéré significatif mais des dispositions communautaires exigent une intervention spécifique de l'autorité de sureté concernée, telle qu'une nouvelle autorisation de mise en service d'un véhicule, une révision/actualisation du certificat de sécurité d'une entreprise ferroviaire ou du gestionnaire d'infrastructure.

#### Exemples :

##### *Changement non significatif :*

Pas de conséquences catastrophiques,  
Manque d'innovation,  
Faible complexité,  
Facilité de suivi,  
Réversibilité du système,  
Pas d'additionnalité.

##### *Changement significatif :*

**Conséquence** : modification du système de freinage : *la défaillance du système peut avoir des conséquences catastrophiques du point de vue de la sécurité.*

**Innovation** : mise en place de nouveaux tracés, de nouveaux horaires : *risque de passage de signaux de danger, de vitesse trop élevée.*

**Complexité** : passage d'un système analogique à numérique, de communication par exemple.

**Suivi** : modification de procédures opérationnelles

**Réversibilité** : modification technique d'un composant de sous système.

**Additionnalité** : l'augmentation successive de la vitesse d'une voie par tranche de 5 km/h. *Une seule augmentation ne constitue pas un changement significatif, mais plusieurs augmentations successives sont significatives.*

## Identification et classification des dangers

Selon la nature du système à analyser, différentes méthodes peuvent être utilisées pour l'identification des dangers : méthode empirique (liste de dangers), méthode créative (AMDEC, HazOp). (Voir fiches des méthodes principalement utilisées dans le milieu industriel).

Dans la mesure du possible, les dangers seront exprimés au même niveau de détail.

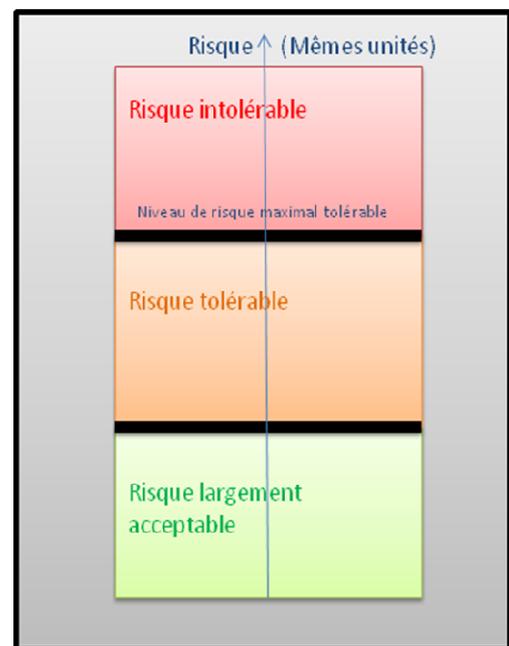
L'analyse et l'évaluation des risques sont appliquées selon un ordre de priorité, en commençant par les dangers les plus importants.

## Acceptation des risques

Les risques identifiés sont classés en 3 zones :

Un risque associé à un danger peut être considéré comme largement acceptable si le risque est inférieur à un certain pourcentage (x%, valeur de x basée sur des bonnes pratiques, expertise) du risque maximum tolérable pour ce type de danger, ou si le préjudice associé est tellement minime qu'il n'est pas raisonnable de mettre en œuvre une mesure de sécurité pour le contrer.

A l'inverse, la contribution de tous les dangers associés à des risques largement acceptables ne peut pas dépasser une certaine proportion (y%, valeur de y dépendant des critères d'acceptation des risques applicable au système) du risque global au niveau du système.



L'acceptabilité des risques du système évalué est mesurée au moyen des principes d'acceptation des risques suivants :

- a) L'application des codes de pratiques
- b) Une comparaison avec des systèmes de référence
- c) Une estimation du risque explicite

Les codes de pratique doivent répondre aux exigences suivantes : être largement reconnus dans le domaine ferroviaire (ou être justifiés et reconnus acceptable pour l'organisme d'évaluation), présenter un lien avec la maîtrise des dangers pris en compte dans le système évalué, être accessibles publiquement pour tous les acteurs désireux de les utiliser. Par

exemple : spécifications techniques d'interopérabilité, règles nationales notifiées, normes internationales...

Tout système de référence doit remplir les exigences suivantes : il a été prouvé qu'il présente un niveau acceptable de sécurité lors de son utilisation et il pourrait encore être accepté dans l'Etat membre où la modification doit être introduite. Ses fonctions et interfaces, conditions opérationnelles et environnementales sont semblables à celles du système évalué.

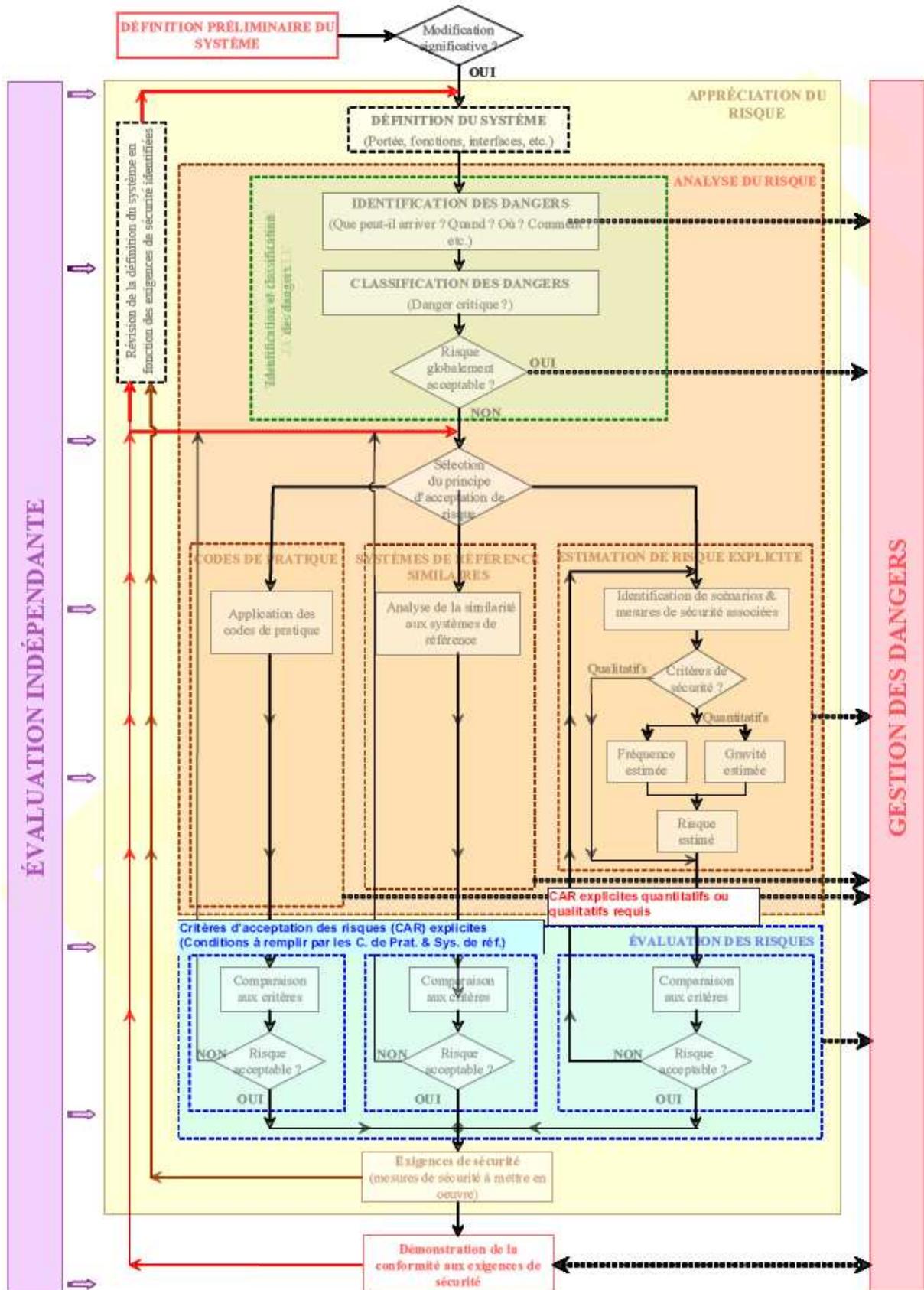
Le respect des exigences des 2 principes d'acceptation des risques précédents garanti implicitement la validation des critères d'acceptation des risques correspondant.

Lorsque les dangers ne sont pas couverts par l'un des 2 principes d'acceptation des risques précédents, le proposant doit démontrer l'acceptabilité des risques par l'estimation et l'évaluation des risques explicites.

Les risques découlant sont estimés, soit qualitativement, soit quantitativement, compte tenu des mesures de sécurité existante. L'acceptabilité des risques estimés est évaluée au moyen de critères d'acceptation soit dérivés des exigences juridiques de la législation européenne ou fondés sur celle-ci, soit mentionnés dans les règles nationales notifiées. En fonction du critère d'acceptation des risques, l'acceptabilité du risque peut être évaluée soit séparément pour chaque danger associé, soit globalement pour la combinaison de tous les dangers pris en compte dans l'estimation des risques explicites. Si le risque n'est pas acceptable, des mesures de sécurité complémentaires sont identifiées et mises en œuvre afin de ramener le risque à un niveau acceptable.

*Cas particulier des systèmes techniques* : lorsque les dangers sont dus à des défaillances de systèmes techniques non couverts par des codes de pratique ou par le recours à un système de référence, le risque ne doit pas être réduit davantage si le taux de défaillance est inférieur ou égal à  $10^{-9}$  par heure d'exploitation (norme CENELEC SIL niveau 4).

## Processus d'évaluation des risques



## *MSC : évaluation et réalisation des objectifs de sécurité*

### **Présentation**

Les niveaux de sécurité du système ferroviaire communautaire sont généralement élevés, notamment en comparaison avec celui des transports routiers. Compte tenu des progrès techniques et scientifiques, il convient d'améliorer encore la sécurité, pour autant que cela soit raisonnablement réalisable et compte tenu de la compétitivité du mode de transport ferroviaire. La Directive 2004/49/CE (Directive sécurité ferroviaire), arrête la création d'objectifs communs de sécurité (OSC), pour veiller au maintien d'un niveau de sécurité élevé et, lorsque cela est nécessaire et raisonnablement réalisable, à l'amélioration de ce niveau.

*Les OSC définissent les niveaux de sécurité qui doivent être au moins atteints par les différentes parties du système ferroviaire et le système dans son ensemble dans chaque Etat membre, exprimé sous forme de critères d'acceptation des risques suivants :*

*a/ les risques individuels auxquels sont exposés les passagers, le personnel des contractants, les utilisateurs des passages à niveau et autres... y compris les personnes non autorisés se trouvant sur les installations ferroviaires.*

*b/ les risques pour la société.*

Les OSC sont élaborés par l'Agence ferroviaire européenne et adoptés par la Commission Européenne. Ils sont révisés à intervalles réguliers, en tenant compte de l'évolution générale de la sécurité ferroviaire. Chaque projet d'OSC est accompagné d'un calendrier de mis en œuvre (tenant compte de la nature et de l'ampleur des investissements à réaliser), et d'une évaluation des coûts et avantages estimés, indiquant leurs conséquences vraisemblables pour tous les opérateurs et acteurs économiques concernés (notamment les effets éventuels sur les Spécifications Techniques d'Interopérabilité), ainsi que les répercussions en terme d'acceptation des risques par l'opinion (l'évaluation des coûts et avantages estimés des OSC se limitent aux Etats membres dont les Valeurs Nationales de Référence VNR, pour l'une quelconque des catégories de risque, sont supérieurs aux OSC correspondant).

## **Construction**

Pour que les performances actuelles en matière de sécurité du système ne soient réduites dans aucun Etat membre, une première série d'objectifs de sécurité communs est introduite, fondée sur un examen des objectifs existants et des performances en matière de sécurité, pour chaque catégorie de risques définie, des systèmes ferroviaires dans les Etats membres. Ces références sont appelées « valeurs nationales de référence ».

Pour chaque catégorie de risques, lorsque les VNR ont été calculées pour chaque Etat membre, une valeur est attribuée à l'OSC correspondant, égale à la plus faible des valeurs suivantes :

- a) La valeur de la plus haute VNR de tous les Etats membres.
- b) La valeur égale à 10 fois la valeur européenne moyenne du risque auquel la VNR en question se rapporte.

La seconde série d'OSC est basée sur les enseignements tirés de la première série et de leur mise en œuvre. Ils reflètent tout domaine prioritaire dans lequel la sécurité doit être renforcée.

### Unité de mesure des VNR et des OSC

<u>Catégorie de risque</u>	<u>Unités de mesure</u>	<u>Base d'étalonnage</u>
1 Passager	1.1 Nombre de MBGP subies par les passagers par an, en raison d'accidents graves/nombre de train de voyageurs-km par an	Train de voyageurs-km par an
	1.2 Nombre de MBGP subies par les passagers par an, en raison d'accidents graves/nombre de voyageurs-km par an	Voyageurs-km par an
2 Personnel	Nombre de MBGP subies par le personnel par an, en raison d'accidents graves/nombre de train-km par an	Train-km par an
3 Utilisateurs des passages à niveau	3.1 Nombre de MBGP subies par les utilisateurs par an, en raison d'accidents graves/nombre de train-km par an	Train-km par an
	3.2 Nombre de MBGP subies par les utilisateurs par an, en raison d'accidents graves/[Nombre train-km par an*Nombre de passages à niveau]/voie-km]	(Train-km par an*Nombre de passages à niveau)/voie-km
4 Autres	Nombre annuel de MBGP subies par des personnes appartenant à la catégorie « autres »/Nombre de train-km par an	Train-km par an
5 Personnes non autorisées se trouvant sur les installations ferroviaires.	Nombre de MBGP subies par des personnes non autorisées se trouvant sur les installations ferroviaires par an, en raison d'accidents graves/[Nombre train-km par an*Nombre de passages à niveau]/voie-km]	Train-km par an
6 Ensemble de la société	Nombre total de MBGP par an, en raison d'accidents graves/Nombre de train-km par an.	Train-km par an

MBGP : morts et blessures graves pondérées (1 mort pour 10 blessés graves).

### Evaluation de la réalisation des VNR et OSC

L'évaluation de la réalisation de la VNR et de l'OSC, pour chaque Etat membre et pour chacune des catégories de risque, est effectuée annuellement par l'Agence ferroviaire européenne, en prenant en considération les 4 dernières années (5 ans à partir de 2012).

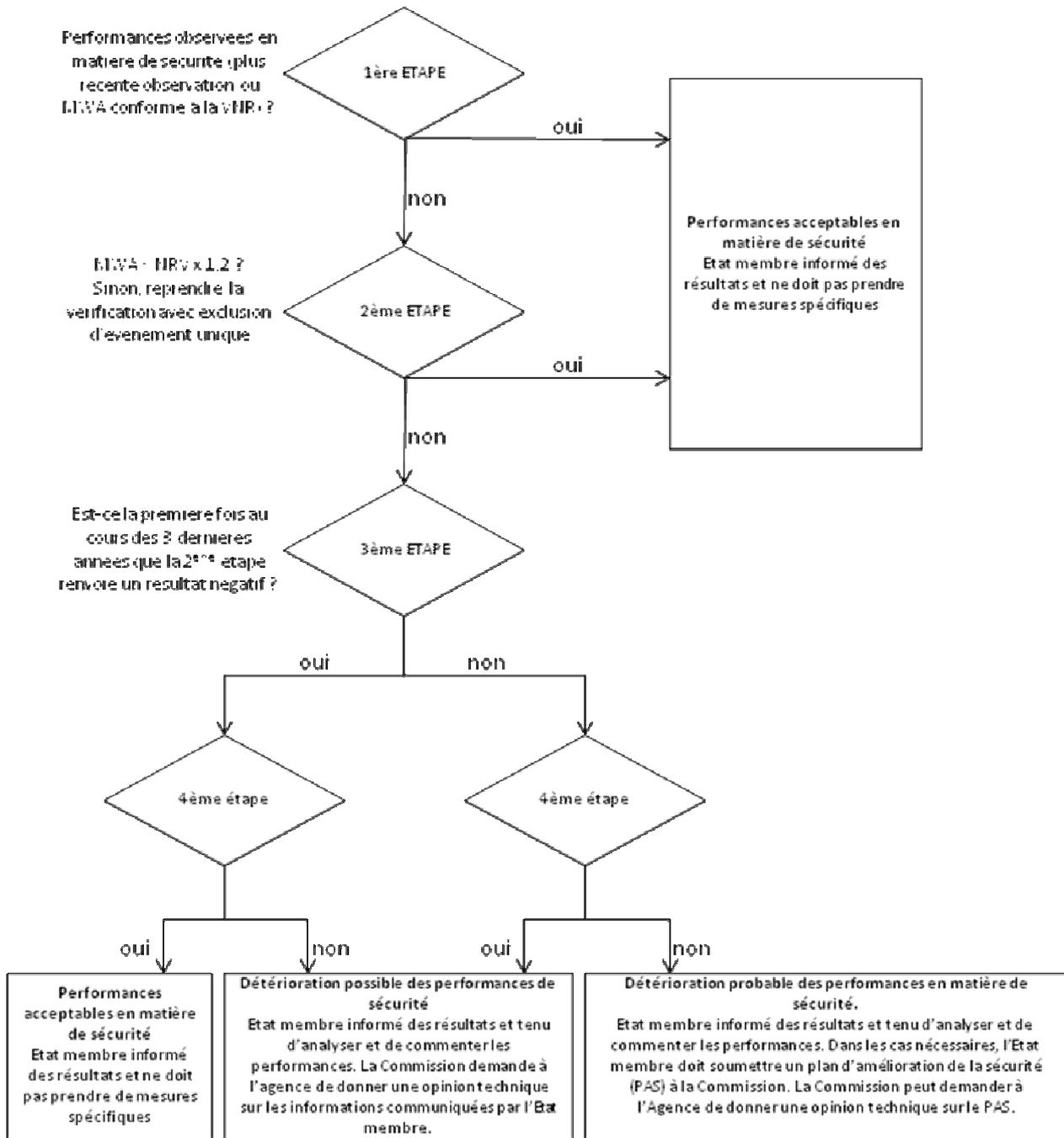
2 principes s'appliquent à l'évaluation de la réalisation des VNR et OSC :

- a) Pour chaque Etat membre et pour chacune des catégories de risques dont la VNR respective est égale ou inférieure à l'OSC correspondant, la réalisation de la VNR implique automatiquement la réalisation de l'OSC. L'évaluation de la réalisation de la VNR est effectuée conformément à la procédure décrite dans l'appendice 2 de la Décision 2009/460/CE) (diagramme suivant), et la VNR représente le niveau maximal acceptable auquel elle fait référence.
- b) Pour chaque Etat membre et pour chacune des catégories de risques dont la VNR respective est supérieure à l'OSC correspondant, l'OSC représente le niveau maximal acceptable du risque auquel il se rapporte. L'évaluation de la réalisation de l'OSC est effectuée conformément aux exigences découlant de l'analyse d'impact et du calendrier de mise en œuvre de l'OSC.

Les résultats de l'évaluation de la réalisation des VNR et OSC sont classés comme suit :

- a) Performance acceptables en matière de sécurité.
- b) Détérioration possible des performances en matière de sécurité.
- c) Détérioration probable des performances en matière de sécurité.

## Organigramme décisionnel de la méthode d'évaluation de la réalisation des VNR et des OSC



MWA : moyenne pondérée mobile (pour l'évaluation annuelle de la réalisation des VNR).

## ***Bibliographie***

### **Framework**

- EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL. *Directive 2004/49/EC of 29 April 2004, on safety of the Community's railway and amending Council Directive 95/18/EC on the licensing of railway undertakings and Directive 2001/14/EC on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification (Railway Safety Directive)* [on-line]. Official Journal n° 164 of 30/04/2004 p.44 – 113. Available on <[www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu)> (seen on March 2009).
- EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL. *Directive 2008/57/EC of 17 June 2008, on the interoperability of the rail system within the Community (Recast)* [on-line]. Official Journal n° 191 of 18/7/2008 p.1 – 45. Available on <[www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu)> (seen on March 2009).
- EUROPEAN COMMISSION. *Directive 2009/149/EC of 27 November 2009, amending Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the Council as regards Common Safety Indicators and common methods to calculate accident cost* [on-line]. Official Journal n° 313 of 28/11/2009 p. 65 – 74. Available on <[www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu)> (seen on March 2009).
- EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL. *Regulation (EC) n° 91/2003 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on rail transport statistics* [on-line]. Official Journal n° 14 of 21/01/2003 p.1 – 15. Available on <[www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu)> (seen on March 2009).

### **CSM: Risk evaluation and assessment**

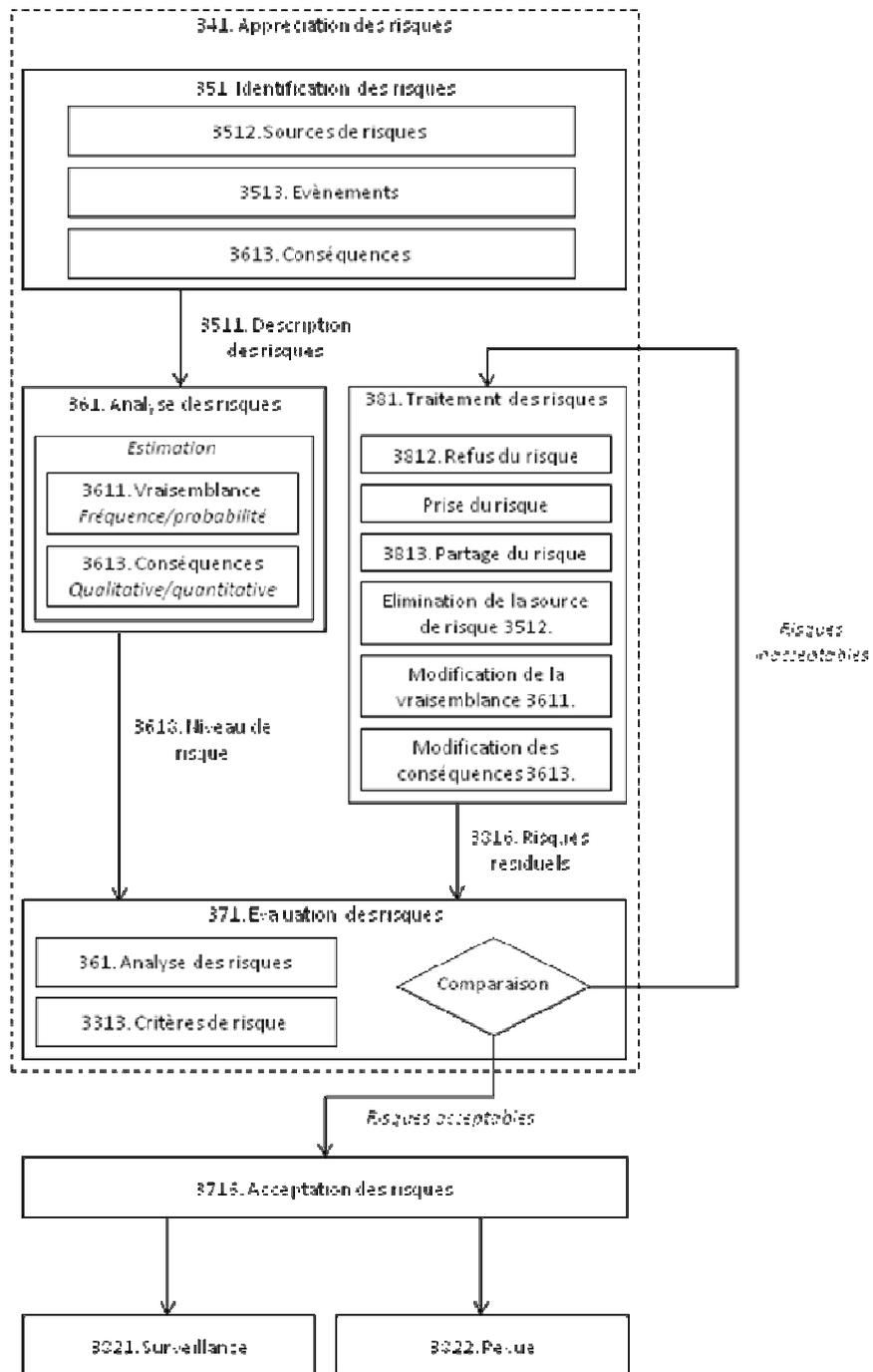
- EUROPEAN COMMISSION. *Commission Regulation (EC) n° 352/2009 of 24 April 2009 on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to in Article 6(3)(a) of Directive 2004/49/EC of the European Parliament and the Council* [on-line]. Official Journal n° 108 of 20/04/2009 p.4 – 19. Available on <[www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu)> (seen on March 2009).
- EUROPEAN RAILWAY AGENCY. *Recommendation on the first set of Common Safety Methods*. ERA-REC-02-2007-SAF, ERA, 2007, 20p.
- EUROPEAN RAILWAY AGENCY. *Dissemination of the Commission regulation on common safety methods (CSM) on risk evaluation and risk assessment*. ERA presentation, 2009, 174p.

- EUROPEAN RAILWAY AGENCY. *Guide for the application of the Commission Regulation on the adoption of a common Safety method on risk evaluation and assessment as referred to in article 6(3) (a) of the railway safety directive.* ERA/GUI/01-2008/SAF, v1.1, 2009, 54p.
- EUROPEAN RAILWAY AGENCY. *Collection of examples of risk assessment and of some possible tools supporting the CSM.* ERA/GUI/02-2008/SAF, v1.1, 2009, 114p.

### **CSM: Assessment and achievement of safety targets**

- EUROPEAN COMMISSION. *Commission Decision of 5 June 2009 on the adoption of a common safety method for assessment of achievement of safety targets, as referred to in Article 6 of Directive 2004/49/EC of the European Parliament and the Council* [on-line]. Official Journal n° 150 of 13/06/2009 p.11 – 19. Available on <[www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu)> (seen on March 2009).
- ETABLISSEMENT PUBLIC DE SECURITE FERROVIAIRE. *Rapport sur la sécurité du réseau ferré national 2008.* EPSF. Alliance Partenaires Graphiques. 2009. 59p. ISSN n° : 1967-0656.

Analyse des risques



Processus d'appréciation des risques  
ISO/GUIDE 73:2009

**Historique**

L'AMDEC a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960. Son utilisation se limitait au début à des études de fiabilité sur le matériel. Elle fut expérimentée dans le domaine ferroviaire pour la première fois par la RATP.

**Domaine d'application :**

L'AMDEC est systématiquement utilisée dans toutes les industries à risques (chimie, pétrochimie, nucléaire...). Installations simples.

**Principe :**

L'AMDE permet une analyse préventive de la sûreté de fonctionnement. C'est une méthode inductive d'analyse des risques dysfonctionnels basée sur l'établissement de relations de cause à effet. Elle s'appuie sur l'identification des modes de défaillance des composants d'un système (qualitatif). L'AMDE est couplée à une étude quantitative de criticité C mesurant l'importance du risque liée à chaque effet selon 3 critères: fréquence d'apparition (F), gravité (G), détection(D).

**Déroulement :**

- 1/ Initialisation : qui définit le périmètre de l'étude.
- 2/ Préparation : collecte des données, analyse fonctionnelle.
- 3/ Identification des modes de défaillance.
- 4/ Evaluation et hiérarchisation des modes de défaillance (selon F, G et D).
- 5/ Recherche d'actions préventives.
- 6/ Mis en œuvre des solutions.
- 7/ Contrôle d'efficacité et bouclage.

Tableau de synthèse :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Equipement Repère	Fonctions, états	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effet local	Effet final	Moyens de détection	Dispositions compensatoires	P	G	Remarques
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

**Avantages :**

Outil précis d'analyse systématique.  
Grande Efficacité.

**Limites :**

Etude coûteuse.  
Volume important d'informations à traiter.

**Sources :**

- INERIS. *Ω7, Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.*
- ENPC. *AMDEC et ses applications.* [www.enpc.fr](http://www.enpc.fr)

# Analyse préliminaire des risques

## APR

### Historique

L'analyse préliminaire des risques (Dangers) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires. Elle est utilisée depuis dans de nombreuses autres industries.

### Domaine d'application :

Elle est utilisée depuis dans de nombreuses autres industries : spatiale, armement, chimie, transport...  
L'Union des Industries Chimiques recommande son utilisation en France depuis la fin des années 1980.

### Principe :

But : mettre en évidence et étudier les dysfonctionnements susceptibles d'apparaître du fait de l'existence de fonctions et/ou d'éléments dangereux du système.

Mis en œuvre : nouvelle installation ou installation existante. Réalisation en groupe de travail.

### Déroulement :

- 1/ Identification des éléments dangereux du système (check-list, Rex, description du système,...).
- 2/ Identification des situations de danger.
- 3/ Détermination des causes et conséquences de chaque situation de dangers, et les sécurités existantes.
- 4/ Propositions d'amélioration.

Tableau de synthèse :

Fonction ou système :						Date :	
1	2	3	4	5	6	7	8
N°	Produit ou équipement	Situation de danger	Causes	Conséquences	Sécurités existantes	Propositions d'amélioration	Observations
...	...	...	...	...	...	...	...

### Avantages :

Examen rapide des situations dangereuses.  
Economique.  
Ne nécessite pas un niveau de description très détaillé du système.

### Limites :

Simplisme : L'efficacité de l'analyse repose sur la cohérence du contenu des colonnes.  
Couverture insuffisante pour les scénarios d'ordre multiple ou installations complexes.

### Sources :

- INERIS. *Ω7, Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.*

# A Risk Assessment Methodology for Industries : ARAMIS

## Historique

ARAMIS est un projet Européen de recherche réalisé entre janvier 2002 et décembre 2004. L'objectif du projet était de développer une nouvelle méthodologie d'évaluation des risques répondant aux exigences de la directive Seveso II et constituant une solution alternative aux approches purement déterministes ou purement probabilistes de l'évaluation des risques alors en vigueur en Europe.

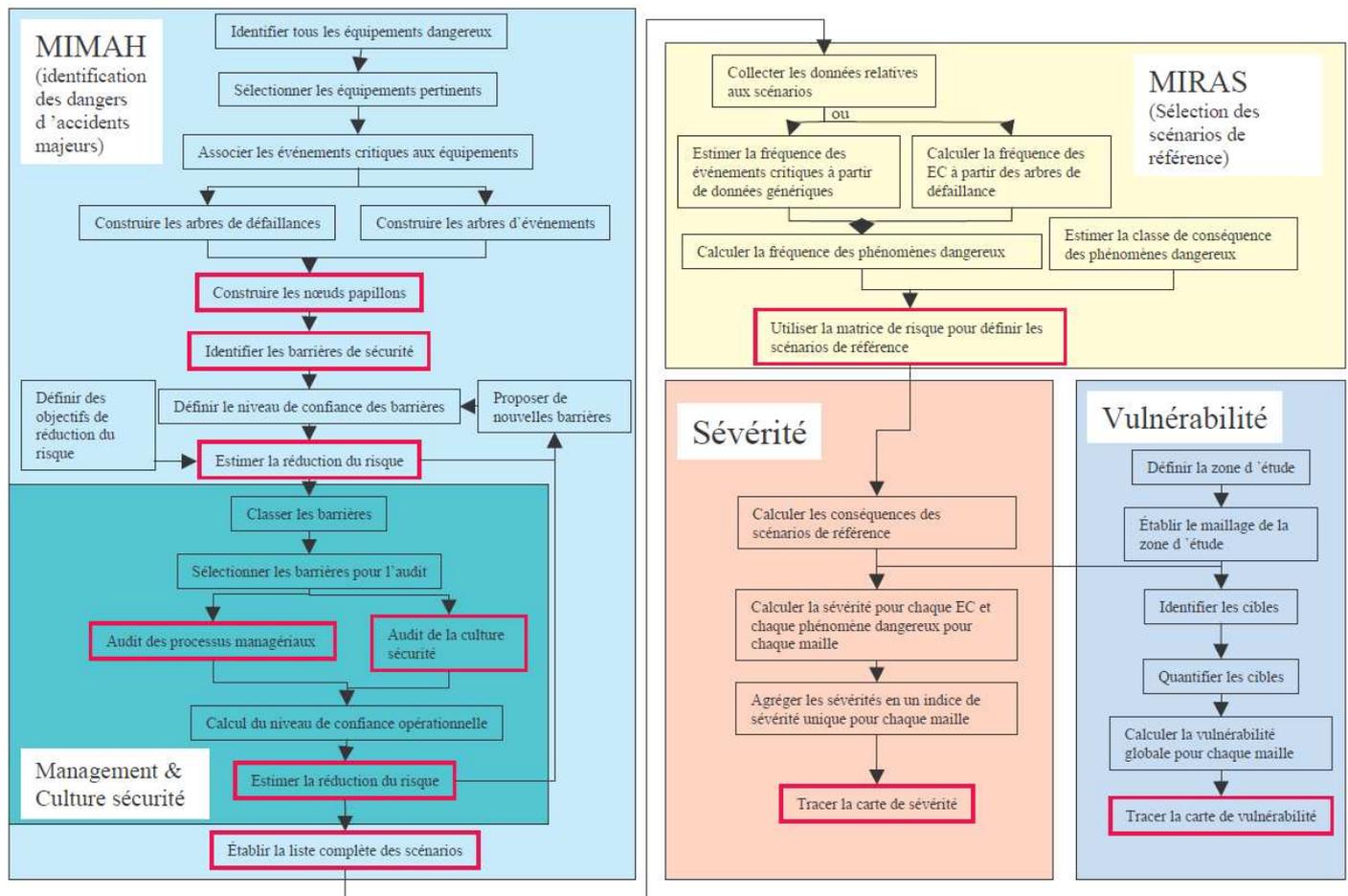
**Domaine d'application :** Industries des procédés soumises à SEVESO.

**Principe :** La méthode ARAMIS est basée sur une évaluation séparée l'aléa et de la vulnérabilité, une évaluation des performances des barrières de sécurité et des performances de l'organisation.

## Déroulement :

- 1/ Identification des scénarios potentiels d'accident majeur (méthode MIMAH)
- 2/ Identification des barrières de sécurité et évaluation de leurs performance (norme CEI 61508 et 61511)
- 3/ Evaluation de l'efficacité du management et de son influence sur les performances des barrières de sécurité
- 4/ Identification des scénarios de référence (méthode MIRAS)
- 5/ Estimation et cartographie de la sévérité des scénarios de référence (nœud papillon)
- 6/ Cartographie de la vulnérabilité

## Synoptique de la méthode ARAMIS



## Avantages :

Outil complet d'évaluation des risques.  
Adaptation aux directives Européennes Seveso.  
Grande Efficacité.

## Limites :

Etude coûteuse.  
Nécessite des connaissances particulières des outils utilisés (nœud papillon).

## Hazard Operability

### HazOp

#### Historique

L'HazOp fut inventée en 1965 en Grande Bretagne par la société Imperial Chemical Industries (ICI).

#### Domaine d'application :

L'HazOp est utilisée dans différents secteurs d'activité utilisant des procédés thermo-hydrauliques.

#### Principe :

La méthode HazOp (centrée procédé) est sensiblement similaire à l'AMDE (centrée composant). La méthode repose sur la conjonction systématique de mots-clés (Pas de – Plus de – Moins de...) à des paramètres associés au système étudié (pression, débit, concentration, température...). MOT CLE + PARAMETRE = DERIVE.

La méthode peut être couplée à une estimation de la criticité (tel AMDE+C).

#### Déroulement:

- 1/ Analyse du système
- 2/ Choix du paramètre et mot-clé
- 3/ Validation de la dérive
- 4/ Identification des causes et conséquences de la dérive
- 5/ Etude des sécurités existantes
- 6/ Propositions d'amélioration

Tableau de synthèse :

Date :								
Ligne ou équipement :								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Mot clé	Paramètre	Causes	Conséquences	Détection	Sécurités existantes	Propositions d'amélioration	Dispositions compensatoires
...	...	...	...	...	...	...	...	...

#### Avantages :

Outil précis d'analyse systématique.  
Grande Efficacité pour les systèmes thermo-hydrauliques.

#### Limites :

Ne permet pas la combinaison simultanée de plusieurs défaillances.  
Mis en œuvre difficile selon la complexité du système.  
Quantité importante de données à traiter.

#### Sources :

- INERIS. *Ω7, Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.*
- ROYER, Michel. *HAZOP, une méthode d'analyse des risques.* <[www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr)>



# Layer Of Protection Analysis

## LOPA

### **Historique**

La méthode LOPA (analyse des niveaux de protection) a été développée à la fin des années 1990 par la CCPS (Center for Chemical Process Safety).

### **Domaine d'application :**

Industries des procédés, évaluation des barrières.

### **Principe :**

C'est une méthode orientée barrière au même titre qu'ARAMIS. Les premières étapes sont assez comparables, en termes de principes généraux, même si de nombreuses différences subsistent au niveau des détails des deux méthodes. En revanche, LOPA ne prévoit pas de représentation cartographique de la sévérité et de la vulnérabilité. La méthode LOPA se décompose en 6 étapes.

### **Déroulement :**

- 1/ Etablissement des critères de sélection des scénarios à évaluer (sont considérés que les scénarios significatifs en termes de conséquences).
- 2/ Développement des scénarios d'accident (AMDEC, HazOp, nœud papillon).
- 3/ Identification des fréquences d'évènements initiateurs (données internes, Rex, littérature).
- 4/ Identification des dispositifs de sécurité et de leurs probabilités de défaillance à la demande (Norme 61508 SIL).
- 5/ Estimation du risque (matrices de décision).
- 6/ Evaluation du risque par rapport aux critères d'acceptabilité

Critères d'acceptabilité : 4 catégories :

- grille de criticité (FxG) comportant une limite d'acceptabilité ;
- critère quantitatif portant sur le niveau de conséquence du scénario ;
- nombre de dispositifs de sécurité indépendants nécessaires pour considérer qu'un scénario est maîtrisé ;
- critère de risque cumulé maximum pour un site/procédé).

### **Avantages :**

Mise en valeur des barrières.  
Performance dans l'évaluation des risques.

### **Limites :**

Peu applicable pour les scénarios à combinaison de défaillances.

### **Sources :**

- INERIS. *Ω7, Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.*

# Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risques

## MOSAR

**Historique :** La méthode MOSAR a été développée au CEA en 2003 par Pierre PERILHON.

**Domaine d'application :** principalement le domaine nucléaire, tous types d'industries.

### Principe :

La méthode MOSAR est une méthode intégrée qui permet d'analyser les risques sur un site de manière progressive. Elle repose sur le modèle MADS (Méthodologie d'analyse du dysfonctionnement des Systèmes). La méthode MOSAR met particulièrement l'accent sur l'enchaînement des processus de danger entre systèmes composant une installation et est donc particulièrement adaptée à l'étude des synergies d'accident ou des effets dominos. MOSAR est constituée de 2 modules plus ou moins indépendants : A : analyse préliminaire des risques ; B : analyse détaillée des scénarios identifiés.

### Déroulement :

Module A : analyse macroscopique

- Modélisation de l'installation, identification des sources de danger (check-list, modèle MADS)
- Identification des dangers, construction des scénarios d'accident (boîte noire, arbre d'évènement)
- Evaluation des risques (qualitative ou quantitative)
- Négociation des objectifs de prévention (matrice de criticité).
- Définition des barrières de sécurité

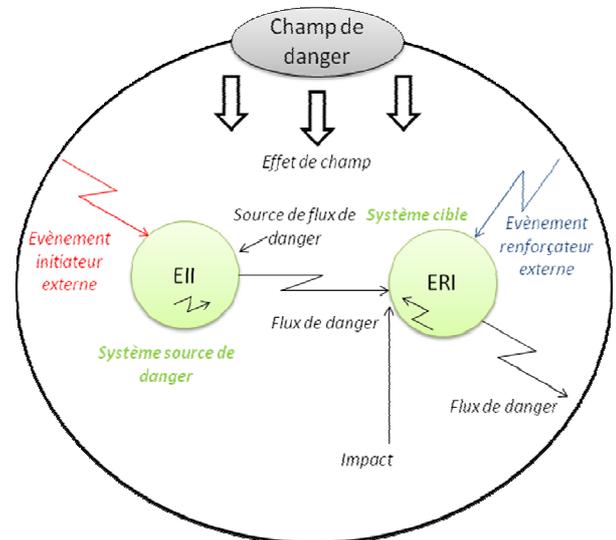
Module B : analyse microscopique

- Identification des risques de dysfonctionnement (AMDEC, HazOp)
- Evaluation des risques (arbre de défaillances)
- Négociation des objectifs de prévention (matrice de criticité)
- Affinage des moyens de prévention
- Gestion des risques

### Modèle MADS du processus de danger :

EII : Evènement initiateur interne

ERI : Evènement renforçateur Interne



### Avantages :

Outil adaptatif au système : général / précis.  
Etude d'interactions entre sous-systèmes.

### Limites :

Difficulté à modéliser le système.  
Etude fastidieuse pour un système entier.

### Sources :

INERIS. *Ω7, Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.*

PERILHON, Pierre. *Méthode organisée et systémique d'analyse des risques.* Prev'info : [www.previnfo.net](http://www.previnfo.net)

# Nœud papillon

## Historique

Le nœud papillon a été développé par Royal Dutch / Shell Group après la catastrophe de Piper Alpha (1988).

## Domaine d'application :

Le nœud papillon est une approche de type arborescente largement utilisée dans les pays européens qui possèdent une approche probabiliste de la gestion des risques. Le nœud papillon est utilisé dans tous les types de secteurs industriels.

## Principe :

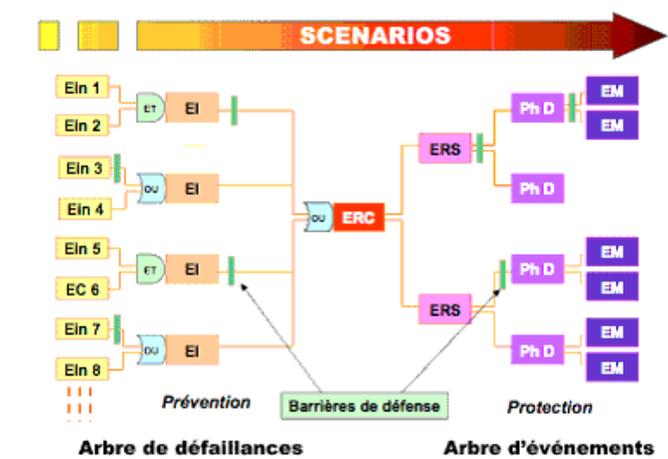
Le nœud papillon est un outil qui combine arbre de défaillances et arbre d'évènements (adaptation INERIS). Le point central du nœud papillon, appelé ici Evènement redouté central, désigne généralement une perte de confinement ou d'intégrité physique. La partie gauche s'apparente à un arbre de défaillance s'attachant à identifier les causes, et la partie droite à un arbre d'évènement s'attachant à déterminer les conséquences.

## Déroulement :

Preliminaire : connaissance du système

- 1/ Première analyse des risques (APR, HazOp)
- 2/ Elaboration du nœud papillon
- 3/ Exploitation du nœud papillon

## Nœud papillon :



## Avantages :

Visualisation concrète des scénarios d'accidents, des causes aux conséquences.  
Mise en valeur de l'action des barrières.  
Outil de communication efficace.

## Limites :

Mise en œuvre nécessitant un haut niveau de connaissance du système.  
Peut devenir graphiquement assez lourd.

## Sources :

- INERIS. *Ω7, Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.*

## Analyse Quantitative des Risques

### QRA

#### **Historique**

L'analyse quantitative des risques a été mise au point par Tim BEDFORD en 2001, initialement pour le domaine des transports et du nucléaire.

#### **Domaine d'application :**

Tous types d'industrie à risques.

#### **Principe :**

L'objectif de la méthode est d'évaluer la probabilité de dommages causés par un accident potentiel. Il s'agit d'une part de calculer la probabilité qu'un individu, à un emplacement donné, meurt des effets de l'accident, qualifié de risque individuel et, d'autre part, la fraction de la population susceptible de mourir des effets de l'accident et la fréquence associée, qualifiée de risque sociétal. Les résultats sont généralement représentés sous forme de courbe *Fréquence/gravité* pour le risque sociétal ou de courbes *iso risque* pour le risque individuel.

#### **Déroulement :**

- 1/ Sélection des installations pour le QRA : calcul de l'indicateur A dépendant de la quantité de Matières Dangereuses, type d'équipement...
- 2/ Définition des événements redoutés centraux (perte de confinement) (données statistiques).
- 3/ Modélisation de l'intensité du phénomène (dispersion, effets thermiques, explosion classique)
- 4/ Modélisation de l'exposition et des dommages (conversion des intensités de phénomène dangereux en probabilité de mort d'un individu exposé et en fraction de population tuée).
- 5/ Calcul et présentation des résultats (estimation du risque individuel et sociétal),(courbe F/G et iso risque)
- 6/ Mis en œuvre des solutions.
- 7/ Contrôle d'efficacité et bouclage.

#### **Avantages :**

Définition d'un risque acceptable en termes de probabilité de mortalité.  
Prise en compte des enjeux externes.

#### **Limites :**

Pas de prise en compte explicite des barrières.  
Faible démonstration de la maîtrise des risques.

#### **Sources :**

- INERIS. *Ω7, Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.*

## What - If

### **Historique**

### **Domaine d'application :**

Tous types d'installations simples, systèmes techniques.

### **Principe:**

La méthode What-If est une méthode dérivée de l'HazOp. Elle suit donc globalement la même procédure. Elle prévoit cependant une analyse moins profonde des événements, se contentant d'en considérer les conséquences sans en examiner les causes, et prévoit les actions d'améliorations. La génération des dérives est fondée sur une succession de question de la forme : « Que (what) se passe t il si (if) tel paramètre ou le comportement de tel composant est différent de celui normalement attendu ? ». L'identification des paramètres et des composants est libre.

### **Déroulement :**

- 1/ Analyse du système
- 2/ Génération d'une dérive
- 3/ Etude des conséquences
- 4/ Proposition d'amélioration

Tableau de synthèse :

Que se passe t il si ...?	Réponse	Probabilité Vraisemblance	Conséquences	Recommandations
...	...	...	...	...

### **Avantages :**

Moins fastidieuse que la méthode HazOp.

### **Limites :**

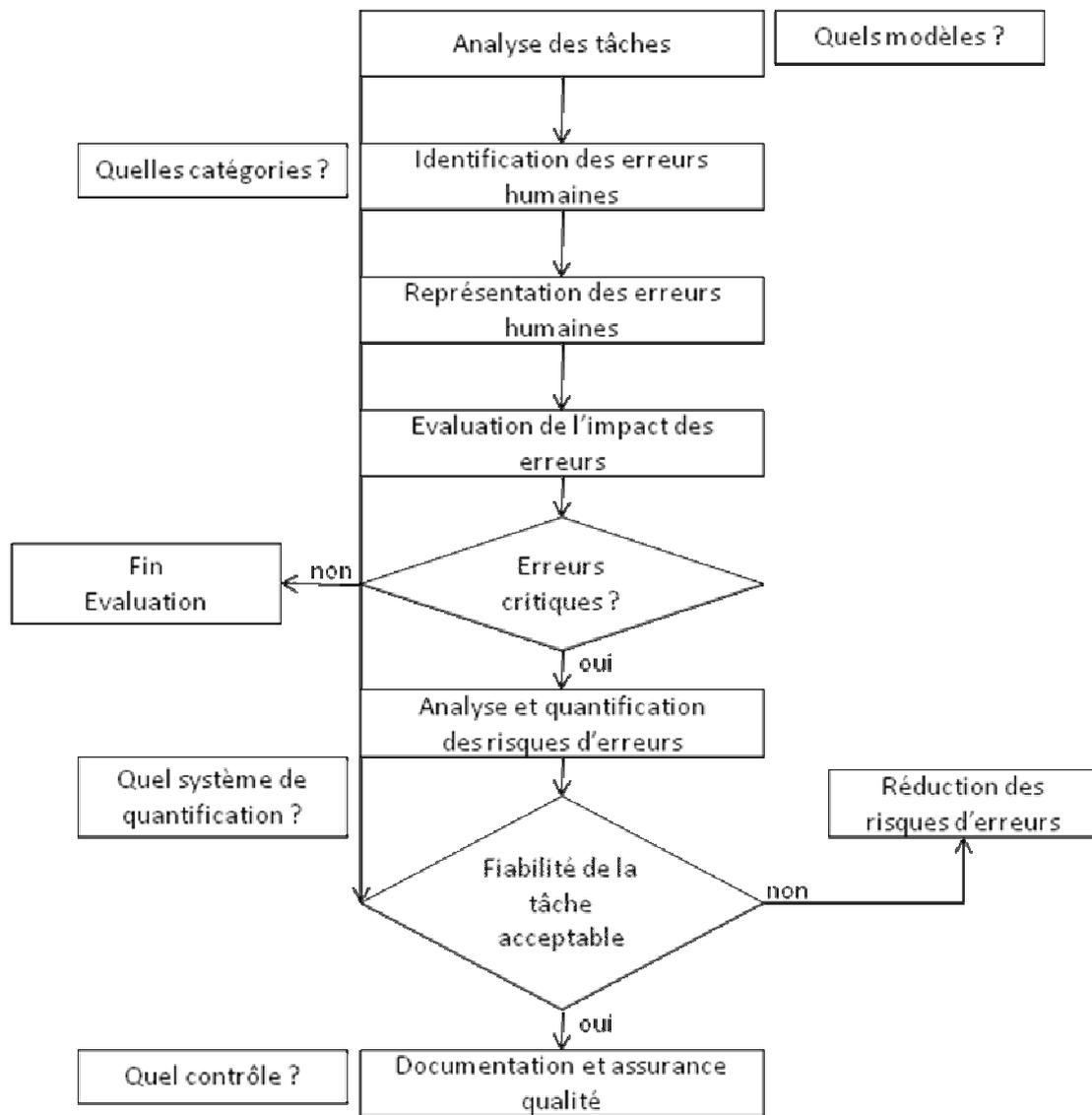
Nécessite une équipe de travail expérimentée.  
Profondeur d'analyse limitée.

### **Sources :**

- INERIS. *Ω7, Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.*

Fiche méthode

Evaluation de la performance humaine



## A Technique for Human Event Analysis

*Technique d'analyse des évènements d'erreur humaine*

### ATHEANA

**Historique :** Les études de cette méthodologie ont été réalisées et financées par la Commission de normalisation nucléaire américaine. La méthode repose sur une modélisation de l'interaction Homme / Système.

**Domaine d'application :**

Industrie nucléaire et plus larges domaines (pour l'industrie nucléaire, ATHEANA est une partie de l'étude probabiliste de sûreté PSA / PRA). Méthode de seconde génération.

**Principe :**

ATHEANA permet d'identifier et de définir, pour chaque évènement de défaillance humaine, les actions dangereuses (omissions et actions inappropriées) et les contextes conduisant aux erreurs associées (les conditions de la centrale, les facteurs de performance ou conditions humaines). La méthode intègre les erreurs d'omission et de commission. L'estimation des probabilités d'erreurs humaines pour les évènements est basée sur la construction d'un modèle probabiliste.

**Déroulement : procédure itérative**

- 1/ Identification des actions humaines à évaluer (description des équipements, des opérations, des organisations et du fonctionnement du système).
- 2/ Définition des évènements d'erreurs humaines pertinents conduisant à l'échec des actions humaines identifiées (avis d'experts).
- 3/ Détermination des probabilités d'échec pour les évènements d'erreurs humaines identifiés, y compris les actions de rattrapage (modèle PRA).

**Avantages :**

La méthode permet l'intégration du facteur humain dans l'étude globale de sûreté PSA.  
Concept simple et clair.  
ATHEANA prend en compte l'aspect contextuel détaillé et global incluant les facteurs de performance et les conditions de la centrale pour connaître les différents niveaux de causes et effets.  
Méthode flexible par le jugement d'expert.  
Méthode qualitative et quantitative de la fiabilité humaine.

**Limites :**

Nécessite des études supplémentaires pour l'extension aux domaines autres que nucléaire.  
Comme l'étude fait partie de l'étude PSA / PRA, l'analyse des erreurs humaines est limitée par les séquences prédéfinies des scénarios PSA / PRA. Il est possible que certaines erreurs ne soient pas traitées.  
ATHEANA suppose que les conditions de la centrale et les facteurs de performance influencent fortement les erreurs humaines, donc cette méthode demande des ressources importantes pour bien connaître le contexte.

**Sources :**

- INERIS. *Etat de l'art des méthodes d'évaluation probabilistes de la fiabilité humaine*. Rapport d'étude n° DRA-10-11793-01257A.2010.
- HEALTH and SAFETY EXECUTIVE. *Review of human reliability assessment methods*. RR679, Health and safety laboratory. 2009.

# Cognitive Reliability and Error Analysis Method

*Méthode d'analyse des erreurs cognitives et de la fiabilité humaine*

## CREAM

**Historique :** Cette méthode a été développée par Hollnagel en 1998.

**Domaine d'application :** Industrie nucléaire et plus larges domaines. Méthode de seconde génération.

### **Principe :**

CREAM est une méthode d'identification, d'analyse et de quantification des erreurs cognitives. Elle permet d'identifier les missions, les actions ou les activités de travail qui sollicitent ou dépendent de la cognition humaine, de déterminer les conditions où la fiabilité cognitive est faible, de fournir une estimation des conséquences de la performance humaine sur la sûreté du système, et de développer et spécifier les modifications ou recommandations qui améliorent ces conditions, afin d'augmenter la fiabilité de la cognition et réduire le risque. L'hypothèse basique de CREAM est que la performance humaine est le résultat de l'utilisation contrôlée des compétences adaptées aux exigences de la situation, plutôt que le résultat d'une séquence prédéterminée de réponse à l'évènement. La méthode est basée sur le modèle de cognition « Contextual Control Model COCOM ».

La méthode comporte 2 modules « la méthode basique » et « la méthode étendue ».

### **Déroulement : méthode basique**

- 1/ Construction des séquences d'évènements ou analyse de la tâche (analyse hiérarchisée de la tâche, arbre d'évènements).
- 2/ Evaluation des conditions de performance communes (tables de valeurs).
- 3/ Détermination des modes de contrôle probables, donc la probabilité d'échec de l'action (tables de valeurs).

### **Déroulement : méthode étendue**

- 1/ Elaboration d'un profil d'exigences cognitives de la tâche (tableau de données).
- 2/ Identification des défaillances des fonctions cognitives (tableau de données).
- 3/ Détermination de la probabilité d'échec de l'action spécifique (tableau de valeurs).

### **Avantages :**

Cette méthode focalise sur les erreurs cognitives, elle est donc très adaptée pour les tâches complexes. Méthode potentiellement exhaustive, structurée et systématique pour l'identification et la quantification des erreurs. La méthode peut être utilisée de manière proactive pour prédire les erreurs potentielles et de manière rétrospective pour analyser les erreurs survenues.

### **Sources :**

- INERIS. *Etat de l'art des méthodes d'évaluation probabilistes de la fiabilité humaine*. Rapport d'étude n° DRA-10-11793-01257A.2010.
- HEALTH and SAFETY EXECUTIVE. *Review of human reliability assessment methods*. RR679, Health and safety laboratory. 2009.

### **Limites :**

Méthode qui peut paraître compliquée, forte consommatrice en ressources, et qui exige des connaissances dans le domaine des facteurs humains et de l'ergonomie cognitive. La méthode ne propose pas de mesures d'amélioration.

## Human Cognitive Reliability

*Fiabilité cognitive humaine*

### HCR

**Historique :** Cette méthode est une forme de l'approche TRC (time reliability correlation), développée par Wreathall et Hall en 1982. Cette méthode est initialement destinée à l'usage dans la quantification des actions humaines post-initiateur (par exemple, les actions menées par la salle de contrôle, associées aux procédures d'opérations d'urgence et d'anomalies).

**Domaine d'application :**

Industrie nucléaire. Méthode de première génération.

**Principe :**

TRC s'applique aux actions menées par les opérateurs intervenant dans une séquence postérieure à l'occurrence d'un événement initiateur. Le modèle de corrélation temporelle TRC de la méthode HCR suppose que dans les tâches de diagnostic, la probabilité de non réponse dans une situation d'urgence est fortement influencée par le temps disponible pour réaliser le diagnostic. Ce délai de réponse est lié aux différents types de comportements cognitifs de Rasmussen : habilité, règles, connaissances.

**Déroulement : procédure itérative**

- 1/ Etude de la mission afin d'évaluer le type de comportement cognitif prédominant et les facteurs de performances (tables de valeurs).
- 2/ Collecte des valeurs de  $t$  : temps nécessaire à la réalisation du diagnostic (simulations).
- 3/ Estimation du temps de réponse médian.
- 4/ Estimation du temps de réponse ajusté par les facteurs de performance.
- 5/ Détermination de la probabilité d'absence de réponse après une analyse du comportement cognitif dominant la tâche. (Distribution de Weibull paramétrée selon table de valeurs).

**Avantages :**

La méthode peut être adaptée pour estimer la probabilité d'échec des missions réalisées dans des situations d'urgence.

**Limites :**

Pas d'identification des erreurs de diagnostic et des erreurs de réalisation d'une mauvaise réponse. Nécessite l'utilisation de simulateurs et d'experts pour collecter les données.  
On ne peut évaluer une mission complète (évaluation post-initiateur).

**Sources :**

- INERIS. *Etat de l'art des méthodes d'évaluation probabilistes de la fiabilité humaine*. Rapport d'étude n° DRA-10-11793-01257A.2010.

# Human Error Assessment and Reduction Technique

*Technique de prédiction du taux d'erreur humaine*

## HEART

### **Historique :**

Cette méthode a été développée par Williams en 1985.

### **Domaine d'application :**

Nucléaire et industrie chimique. Méthode générique de première génération.

### **Principe :**

HEART permet de déterminer la probabilité d'occurrence des erreurs. C'est une technique d'identification et de quantification des erreurs humaines. Elle traite seulement les erreurs ayant un impact significatif sur le système. La méthode utilise ses propres données de fiabilité et le facteur d'effets pour les conditions conduisant aux erreurs.

### **Déroulement :**

- 1/ Détermination des tâches ou scénarios à considérer.
- 2/ Analyse hiérarchisée des tâches pour les tâches ou scénarios considérés (technique HTA).
- 3/ Conduite d'une procédure de screening HEART ou revue HEART (identification des classes, sources et intensité des erreurs humaines à l'aide de check-list).
- 4/ Evaluation de la probabilité nominale d'échec des tâches (utilisation d'un tableau de valeur correspondant à des tâches génériques).
- 5/ Identification des conditions conduisant aux erreurs (utilisation d'un tableau de valeur).
- 6/ Evaluation de la pondération estimée W (de chaque condition conduisant aux erreurs).
- 7/ Calcul de la probabilité d'échec de la tâche (utilisation d'une formulation mathématique).
- 8/ Identification de mesures correctives (utilisation du tableau de mesures génériques ou avis spécifique).
- 9/ Documentation (formalisation de l'étude).

### **Avantages :**

Rapide et simple à utiliser, demande une formation minimale.  
Chaque condition conduisant aux erreurs est associée à une mesure corrective.  
Production d'un résultat quantitatif.

### **Limites :**

Guide d'utilisation parfois limité.  
Méthode générale et simpliste, elle ne traite pas en détails les différents types d'erreurs.

### **Sources :**

- INERIS. *Etat de l'art des méthodes d'évaluation probabilistes de la fiabilité humaine*. Rapport d'étude n° DRA-10-11793-01257A.2010.
- HEALTH and SAFETY EXECUTIVE. *Review of human reliability assessment methods*. RR679, Health and safety laboratory. 2009.

# Méthode d'Evaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sûreté

## MERMOS

**Historique :** Cette méthode a été développée par Le BOT et al. Pour eDF en 1998. C'est une méthode HRA, développée en améliorant les méthodes de la première génération en intégrant le retour d'expérience de l'observation sur simulateur de conduite accidentelle.

**Domaine d'application :** Méthode de référence eDF pour l'analyse de la conduite après la survenance de l'initiateur.

**Principe :**

Cette méthode vise à intégrer les facteurs humains et l'impact de l'organisation et management dans les études probabilistes de sûreté EPS niveau 1. Le but de MERMOS est d'évaluer les probabilités d'échec d'un système de conduite, constitué de l'ensemble opérateurs/procédures/interface HM. La méthode considère seulement les opérations intervenant pendant les quatre premières heures après l'incident initiateur, car elle suppose que l'équipe d'intervention d'urgence doit contrôler la situation avant quatre heures. MERMOS s'intéresse à l'erreur individuelle, ainsi qu'à la mise en échec du système de conduite. Elle considère la défaillance comme l'inadéquation fonctionnelle du système de conduite à une situation particulière, et prend en compte un certain nombre d'hypothèses : la défaillance peut survenir selon plusieurs scénarios d'échec indépendants, l'erreur humaine n'est pas prédominante, les redondances sont pris en compte au sein du système de conduite, la conduite du système dans le temps est décrite au moyen du concept de CICA (configuration importante de la conduite accidentelle), c'est le contexte qui détermine les conditions d'émergence de CICA.

**Déroulement :**

**Avantages :**

Les données de fiabilité sont basées principalement sur des observations sur simulateur de tranche nucléaire et sur des jugements d'experts.

Méthode globale d'appréciation des risques du système intégrant l'ensemble des éléments tels que les équipements, les procédures, l'organisation et les facteurs humains.

**Limites :**

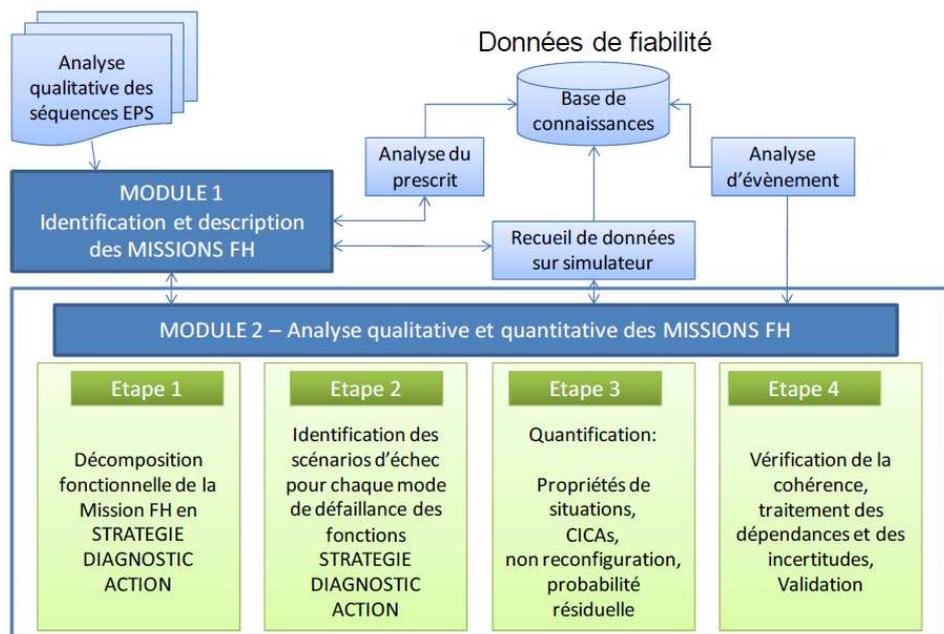
Peu d'informations disponibles sur la méthode et ses applications. Méthode spécialisée eDF.

Nécessite l'utilisation de ressources importantes en temps et en moyens.

La méthode ne présente pas d'outils de représentations des scénarios.

**Sources :**

- INERIS. *Etat de l'art des méthodes d'évaluation probabilistes de la fiabilité humaine*. Rapport d'étude n° DRA-10-11793-01257A.2010.



- HEALTH and SAFETY EXECUTIVE. *Review of human reliability assessment methods*. RR679, Health and safety laboratory. 2009.

## Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité OMEGA 20

**Historique :** Cette méthode a été développée par R. PERINET et E. MICHE, pour l'institution INERIS, en 2006, dans le cadre d'un programme d'études et de recherches, intitulé « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs », financé par le Ministère chargé de l'écologie et du développement Durable.

**Domaine d'application :**

Générique.

**Principe :**

La démarche comprend d'abord une analyse qualitative de la situation de travail, dans le but de sélectionner la barrière (selon 3 critères : indépendance, efficacité, temps de réponse). La barrière sélectionnée est évaluée pour sa contribution à la réduction des risques d'accidents, à travers le critère du niveau de confiance.

**Déroulement : procédure itérative**

- 1/ Analyse préalable : décomposition fonctionnelle et collecte des données utiles pour l'évaluation (groupe d'experts, modèle détection / diagnostic / action).
- 2/ Sélection de la barrière suivant 3 critères minimaux : indépendance, efficacité, temps de réaction.
- 3/ Attribution d'un niveau de confiance (table de choix).

*Correspondance entre niveau de confiance, probabilité de défaillance et facteur de réduction du risque.*

PFD Probabilité de défaillance	NC Niveau de confiance	Facteur de réduction du risque
$10^{-3} < \text{PFD} < 10^{-2}$	2	100
$10^{-2} < \text{PFD} < 10^{-1}$	1	10
$\text{PFD} > 10^{-1}$	0	1

**Avantages :**

Méthode simple, rapide à mettre en œuvre.  
Possibilité d'agrégation des barrières.

**Limites :**

Méthode semi quantitative d'évaluation de la performance humaine.  
Nécessite le concours d'experts en facteurs humains.

**Sources :**

- INERIS. *Etat de l'art des méthodes d'évaluation probabilistes de la fiabilité humaine*. Rapport d'étude n° DRA-10-11793-01257A.2010.

## Success Likelihood Index Method

Méthode d'indice de la probabilité de réussite

### SLIM

**Historique :** Cette méthode a été développée par Embrey (1983) pour la commission réglementaire américaine, à propos du domaine nucléaire.

**Domaine d'application :**

Industrie nucléaire et chimique. Méthode de première génération.

**Principe :**

SLIM est une méthode d'évaluation de la probabilité d'erreur humaine, basée sur un ensemble de procédures mises en œuvre par des experts. SLIM est fondée sur l'hypothèse que la probabilité d'échec liée à l'exécution de l'action dépend d'une combinaison de facteurs de performance qui incluent les caractéristiques de l'individu, de l'environnement, et de la tâche. Elle suppose que l'expert est capable d'évaluer l'importance relative de chaque facteur de performance, en fonction de ses conséquences (positives ou négatives) sur la tâche.

L'indice de probabilité de réussite est une quantité, estimée par jugement d'experts, d'effets des facteurs de performance sur la probabilité de réussite de la tâche, en cours d'examen.

**Déroulement :**

- 1/ Choix du groupe d'experts
- 2/ Définition des situations et scénarios de défaillances (selon 3 types : scénarios basés sur la mis en œuvre d'habilités, de règles, et de connaissances).
- 3/ Choix des facteurs de performance (sélection par le groupe d'experts. Ces facteurs sont liés à l'individu, à l'environnement et à la tâche : qualité des procédures, complexité de la tâche, formation...)
- 4/ Attribution de notes R sur l'adéquation du facteur de performance vis-à-vis de la tâche (pour chaque tâche, une valeur R entre 1 et 9 est attribuée pour chaque facteur de performance par le groupe d'experts).
- 5/ Explication du point idéal
- 6/ Vérification de l'indépendance (de chaque facteur de performance)
- 7/ Détermination du poids W des facteurs de performance (chaque poids est différent selon la tâche).
- 8/ calcul des index de succès (équation mathématique).
- 9/ Conversion de l'index SLI en probabilité de réussite de la tâche (équation mathématique).

**Avantages :**

Bon rapport coût / bénéfiques de l'évaluation. Méthode cohérente et rigoureuse.

Méthode flexible qui permet d'évaluer la probabilité des actions humaines non génériques (pas de décomposition de tâches, telle que THERP).

**Limites :**

Résultats fortement dépendant de la qualité d'expertise. Choix arbitraire des facteurs de performance.

Mathématisation nécessitant le concours d'experts.

**Sources :**

- INERIS. *Etat de l'art des méthodes d'évaluation probabilistes de la fiabilité humaine*. Rapport d'étude n° DRA-10-11793-01257A.2010.

- **Technica Empirica Stima Errori Operatori**
  - *Technique empirique d'estimation de l'erreur humaine*
  - **TESEO**

**Historique :** Cette méthode a été développée par Bello et Colombari pour la société pétrolière Italienne ENI en 1980, à partir de données issues d'entretiens, recueillies dans des installations pétrochimiques. Elle est également appliquée aux centrales nucléaires.

**Domaine d'application :**

Générique. Méthode de première génération.

**Principe :**

TESEO estime la probabilité d'erreur P(E) en fonction linéaire de cinq facteurs K1 (type d'activité lié à la complexité de l'action), K2 (facteur temporaire lié au temps disponible), K3 (compétence de l'opérateur), K4 (facteur d'anxiété dépendant de la gravité de la situation), K5 (facteur ergonomique : environnement, conditions de travail).

Les valeurs pour chaque facteur sont déterminés à partir de table prédéfinies empiriquement en fonction des caractéristiques supposées connues de la tâche et de l'opérateur humain.

**Déroulement : procédure itérative**

- 1/ Estimation des facteurs K1 à K5 (table de valeurs)
- 2/ Calcul de la probabilité d'erreur P(E).
- $P(E) = K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5$ .

<b>Coefficient K1 : complexité de l'action</b>	
Type de tâche (complexité de l'action)	K1
Simple, routinière	0,001
Requiert l'attention mais routinière	0,01
Non routinière	0,1

<b>Coefficient K2 : facteur d'exigence temporelle</b>		
Temps disponible (minutes)	K2	
	Tâche routinière	Tâche non routinière
2	10,0	
3		10,0
10	1,0	
20	0,5	
30		1,0
45		0,3
60		0,1

**Avantages :**

Méthode simple, convenable pour une estimation grossière de la fiabilité humaine, utile dans les phases d'études de faisabilité ou de design.

Pertinence dans le cadre d'une comparaison de situation, non dans la recherche absolue d'une valeur de probabilité.

<b>Coefficient K3 : facteur de compétence</b>	
Compétence de l'opérateur	K3
Expert bien entraîné	0,5
Connaissances et formations moyennes	1,0
Peu de connaissances et formations	3,0

<b>Coefficient K4 : facteur émotionnel</b>	
Niveau émotionnel	K4
Situation d'urgence grave	3
Situation d'urgence moyenne	2
Situation normale	1

<b>Coefficient K5 : facteur ergonomique de travail</b>	
Facteur ergonomique de l'environnement	K5
Excellent climat, excellentes interfaces	0,7
Bon climat, bons interfaces	1,0
Climat moyen, interfaces moyennes	3,0
Climat moyen, mauvaises interfaces	7,0
Mauvais climat, mauvaises interfaces	10,0

**Limites :**

Pas de justification des facteurs de pondération. Valeurs de K2 incomplètes. Estimation fortement subjective. Méthode non rigoureuse (P(E) peut dépasser 100%). L'application de la méthode ne donne pas d'éléments pour réduire les risques d'erreurs humaines.

- **Sources :** INERIS. *Etat de l'art des méthodes d'évaluation probabilistes de la fiabilité humaine*. Rapport d'étude n° DRA-10-11793-01257A.2010.

# Technique for Human Error Rate Prediction

Technique de prédiction du taux d'erreur humaine

## THERP

**Historique :** Cette méthode a été développée par SWAIN, psychologue travaillant pour l'armée américaine, en 1963.

### Domaine d'application :

THERP est une méthode d'identification, de modélisation et de quantification des événements dangereux dus aux erreurs humaines dans les études probabilistes de sûreté pour le contexte nucléaire. Elle a ensuite été appliquée dans plusieurs domaines tels que le offshore et le médical. Méthode de première génération.

### Principe :

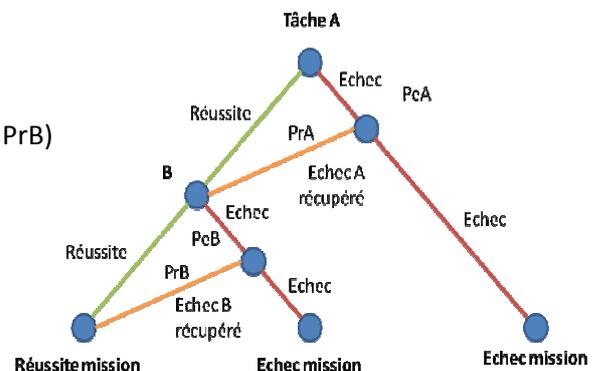
THERP est basée sur une identification des erreurs humaines, des facteurs de performance (facteurs externes vis-à-vis de l'individu, facteurs internes vis-à-vis de l'individu et facteurs de stress et d'expérience) et de leurs effets, à l'aide d'une analyse des tâches par une équipe multidisciplinaire animée par un expert du facteur humain. La décomposition d'une tâche donnée est présentée sous forme d'un arbre d'évènements. Les branches représentent des décisions binaires qui contraignent le choix entre l'action correcte et l'action incorrecte (erreur). Chaque branche représente une combinaison d'activités humaine associées à des facteurs de performance, et des probabilités.

### Déroulement : procédure itérative

- 1/ Définition des défaillances du système à considérer (analyse des tâches, identification des erreurs et estimation des probabilités selon les 27 tableaux fournis)
- 2/ Estimation de la probabilité de la mission humaine globale (arbre d'évènements avec erreurs et rattrapages, estimation des probabilités).
- 3/ Détermination des effets d'erreurs humaines sur le système ou procédé.
- 4/ Recommandations de modifications du système, recalcul de la probabilité de défaillance du système.

### Exemple d'arbre d'évènements :

$$P(\text{échec mission}) = PeA \times (1 - PrA) + [1 - PeA \times (1 - PrA)] \times PeB \times (1 - PrB)$$



### Avantages :

Méthode performante, principe simple et facile à utiliser. Prise en compte des modes de récupération en cas d'erreur. Représentation graphique claire. Méthode de calcul rigoureuse.

### Limites :

Nécessite des ressources importantes, de l'expertise. Pas de traitement des fautes de diagnostic. Présentation difficile en cas de multiples modes d'échec différents.

### Sources :

- INERIS. *Etat de l'art des méthodes d'évaluation probabilistes de la fiabilité humaine*. Rapport d'étude n° DRA-10-11793-01257A.2010.

- HEALTH and SAFETY EXECUTIVE. *Review of human reliability assessment methods*. RR679, Health and safety laboratory. 2009

## Annexe n° IV

## Guide d'entretien

<u>Chapter</u>	<u>Question</u>	<u>Expected answer</u>	<u>Answer</u>
1a	What are the motivations that can lead to identify a need of change in the system regarding its safety specifications ?		
1b	Which kinds of inputs are considered to build up such a motivation ?	<p>Internal occurring or recurring incident / accident</p> <p>External occurring or recurring incident / accident</p> <p>New guidelines, best practices, norms...</p> <p>Regulatory evolution</p> <p>Positions</p> <p>Internal motivations</p> <p>Others</p>	
1c	Which kind of changes have you experienced ?	<p>Introduction of an innovative safety function</p> <p>Replacement/renewal/updating of existing safety function</p> <p>Safety-related changes in relation with new or amended Technical Specification of Interoperability (TSI)</p> <p>Safety-related change in case of multi-national agreements</p>	

## Annexe n° IV

## Guide d'entretien

1d	What is the internal procedure / organization dedicated to adress these changes ?	Description of the procedure Internal / External stakeholders involved in the procedure Description of the interactions Procedural / organzational specificities regarding the categories of changes experienced before	
1e	What evaluation / assessment approaches are used to assess the opportunity of the change?		
1f	What criteria are considered to validate the opportunity of change ?		
1g	Is safety considered systematically in all kind of changes ? How ?		
2a	Description of the risk assessment approaches actually carried out	Risk assessment mainlines Hazard management process Independant assessment Interface management Safety documentation	
2b	Benefits and limits of those various approaches	Scope of the validity of the approaches Ressources needed Main advantages and inconvenients management of uncertainties	

## Annexe n° IV

## Guide d'entretien

3a	What are the aspects considered when assessing acceptability of change from a safety point of view ?	Principle Methods Standards Norms Others criticality matrix	
3b	Can you please indicate comparative advantages versus disadvantages of these methods or approaches ?	Ressources needed Output validity	
	Can you please indicate relative interest of each method in relation of each type of change or safety-related situation ?	Relevance Limits Restrictions	
3c	What other dimensions / criteria are considered for such decision ?	Economic, social, social... Context elements	
3d	Description of the decision procedure / process	Description of procedure Description of interactions Main stakeholders	
3e	What do you do to improve the acceptance of your decision outside your organization ?		
	What do you do to improve the transparency of your decision process ?		
	What do you do to improve the robustness of your decisions ?		
	What do you do to evaluate achievement of objective ?		

## Annexe n° V

## Liste des organismes rencontrés

*Acteurs ferroviaires*

Country	Stakeholder	Type
France	DGITM	MS (Ministry)
	EPSF	NSA
	RFF	IM
	SNCF S&F/SFR	RU
	BEATT	NIB
UK	Dft	MS (Ministry)
	ORR	NSA
	RSSB	Technical Experts
Germany	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	MS (Ministry)
	EBA	NSA
Spain	MF-DGIF	NSA
Poland	PKP CARGO	NSA
International	UIC	UA
Czech Republic	DUCR	NSA
Hungary	NKH	NSA
Nederland	IVW	NSA

*Acteurs non ferroviaires*

Country	Organism	Type
EU	EASA European Aviation Safety Agency	Agency
EU	EMSA European Maritime Safety Agency	Agency
NL	RIVM The National Institute for Public Health and the Environment	MSR-TDG
FR	DGPR/SRT/SDRA	Technical Expert
UK	HSE Hazardous installations Chemical industries	Technical Expert
DE	TDG-UI33	MSR-TDG
EU	Joint Research Center	MSR-TDG

## Annexe n° VIII

## Identification des sous-systèmes ferroviaires

Le tableau suivant reprend les différents sous- systèmes du système ferroviaire européen, décrits dans l'annexe II de la Directive n° 2008\_57\_CE, relative à l'interopérabilité du système ferroviaire au sein de la Communauté.

Désignation	Description
Infrastructures	La voie courante, les appareils de voies, les ouvrages d'art (ponts, tunnels, etc....), les infrastructures associées dans les gares (quai, zones d'accès, en incluant les besoins des personnes à mobilité réduite, etc....), les équipements de sécurité et de protection.
Energie	Le système d'électrification, y compris le matériel aérien et les parties embarquées du dispositif de mesure de la consommation électrique.
Contrôle-Commande et signalisation	Tous les équipements nécessaires pour assurer la sécurité, la commande et le contrôle des mouvements des trains autorisés à circuler sur le réseau.
Exploitation et gestion du trafic	Les procédures et les équipements associés permettant d'assurer une exploitation cohérente des différents sous-systèmes structurels, tant lors du fonctionnement normal que lors des fonctionnements dégradés, y compris notamment la formation et la conduite des trains, la planification et la gestion du trafic. Les qualifications professionnelles exigibles pour la réalisation de services transfrontaliers.
Application télématiques	I/ Les applications au service des passagers, y compris les systèmes d'information des passagers avant et pendant le voyage, les systèmes de réservation, les systèmes de paiement, la gestion des bagages, la gestion des correspondances entre trains et avec d'autres modes de transport. II/ Les applications au service du fret, y compris les systèmes d'information (suivi en temps réel de la marchandise et des trains), les systèmes de triage et d'affectation, les systèmes de réservation, de paiement et de facturation, la gestion des correspondances avec d'autres modes de transport, la production des documents électroniques d'accompagnement.

Matériel roulant	La structure, le système de commande et de contrôle de l'ensemble des équipements du train, les dispositifs de captage de courant, les équipements de traction et de transformation de l'énergie, de freinage, d'accouplement, les organes de roulement (bogies, essieux, etc....) et la suspension, les portes, les interfaces Homme/machine (conducteur, personnel à bord, passagers, en incluant les besoins des personnes à mobilité réduite), les dispositifs de sécurité passifs ou actifs, les dispositifs nécessaires à la santé des passagers et du personnel à bord.
Entretien	Les procédures, les équipements associés, les installations logistiques d'entretien, les réserves permettant d'assurer les opérations d'entretien correctif et préventif à caractère obligatoire prévues pour assurer l'interopérabilité du système ferroviaire et garantir les performances nécessaires.

## Annexe n° IV

### Liste des documents analysés

**AFNOR. 2001.** *Railway application: Communication, signalling and processing systems - Software for Railway control and protection systems.* [ed.] UTE. Saint Denis la plaine : s.n., 2001. p. 110. ISBN: 0-580-37584-6.

— **2003.** *Railway application: Communication, signalling, and processing systems. Safety related electronic system for signalling.* Saint Denis la Plaine : UTE, 2003. p. 110. ISBN: 0-580-41-814-6.

— **1999.** *Railway applications: specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS).* [ed.] UTE. Saint Denis la Plaine : s.n., 1999. p. 76. Vol. Part 1. ISBN: 0-580-694-9.

**Assemblée Nationale de France.** *Arrêté du 18 avril 2005, portant création du service technique de la sécurité des transports ferroviaires.* s.l. : Journal Officiel n° 92 du 20/04/2005. available on [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).

— *Arrêté du 19 février 2007, relatif à la sécurité et à l'interopérabilité du système ferroviaire.* s.l. : Journal Officiel n° 48 du 26/02/2008. available on [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).

— *Arrêté du 24 décembre 2007, portant approbation des règles de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les gares.* s.l. : Journal Officiel n° 2 du 03/01/2008. available on [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).

— *Arrêté du 30 Juillet 2008, relatif à la publication et à la mise en oeuvre des spécifications techniques d'interopérabilité concernant les personnes à mobilité réduite, la sécurité des tunnels ferroviaires, le contrôle commande et la signalisation.* s.l. : Journal Officiel n°180 du 03/08/2008 . available on [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).

— *Arrêté du 31 décembre 2007 relatif aux autorisations de réalisation et de mise en exploitation commerciale de systèmes ou sous-systèmes de transport ferroviaire nouveaux ou substantiellement modifiés.* s.l. : Journal Officiel n° 1 du 01/01/2008. available on [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).

— *Arrêté du 8 novembre 2006 fixant les exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels de plus de 500 mètres du réseau transeuropéen.* s.l. : Journal Officiel n° 262 du 10/11/2006. [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).

— *Décret n° 2005-101 du 10 février 2005, modifiant le décret n° 2003-194 du 7 mars 2003 concernant l'utilisation du réseau ferré national.* s.l. : Journal officiel n° 10 du 10 mars 2005. available on [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).

—. Décret n° 2006-1279 du 10 octobre 2006, concernant la sécurité et l'interopérabilité ferroviaire. s.l. : Journal Officiel n° 244 du 20/10/2006 . available on [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).

—. Décret n° 2006-369 du 28 mars 2006, concernant les statuts et missions de l'autorité nationale de sécurité "Etablissement Public de sécurité ferroviaire". s.l. : Journal Officiel n° 75 du 29/03/2006. available on [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).

—. Loi n° 2002-3 du 3 janvier 2002, relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport, aux enquêtes techniques et au stockage souterrain de gaz naturel, d'hydrocarbures et de produits chimiques. s.l. : Journal Officiel n° 3 du 04/01/2002. available on [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr) .

—. Loi n° 97-235 du 13 juillet 1997, établissant l'institution publique "Réseaux ferré de France". s.l. : Journal Officiel n° 39 du 15/02/1997. available on [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).

**B DEBRAY, S CHAUMETTE, S DESCOURIERE, V TROMMETER. 2006.** *Omega 7: méthodes d'analyse des risques générés par une installation manuelle.* 2006. p. 119.

**BARPI.** *Fiche n° 4225: déraillement d'un train transportant des hydrocarbures, le 13 janvier 1993, La Voulte sur Rhône Ardèche FRANCE.* p. 4.

—. *Fiche n°2438: déraillement d'un train transportant des hydrocarbures, 03/12/90, Chavanay Loire FRANCE.* p. 5.

—. *Résultat de recherche d'accidents. Mot clé "ferroviaire".* p. 13.

**BOITEUX, Marcel. 2001.** *Transport : choix des investissements et coûts des nuisances.* 2001. p. 323.

**Conseil Général des Ponts et Chaussées. 2008.** *Avis du CGPC sur le system de contrôle de vitesse par balise KVB.* 2008. p. 14.

**Der Norske Veritas. 2010.** *Final report - risk acceptance criteria for technical system and operational procedures.* 2010. p. 76.

**DESFRAY, Pierre. 2002.** *La sécurité, philosophie et convergences.* 2002. p. 7.

**2009.** *DIRECTIVE 2009/149/CE du 27 novembre 2009 modifiant la directive 2004/49/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les indicateurs de sécurité communs et les méthodes communes de calcul du coût des accidents.* 2009. p. 10. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

**DOSNE, René. 2010.** *Déraillement explosif en Italie.* [ed.] Face au risque n° 460. 2010. ISSN n°: 0014-6269.

**European Commission. 2006.** *Better regulation - simply explained.* Luxembourg : Office for official publications of the european Communities, 2006. p. 20. ISBN: 92-79-02465-5.

—. *Decision 2008/217/EC of the 20 December 2007, concerning a technical specification of interoperability relating to the infrastructure sub-system of the trans european high speed rail system.* s.l. : Official Journal n° 77 of the 19/03/2008 p1-105. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Decision 2008/860/EC of the 7 November 2006, concerning a technical specification of interoperability relating to the control command and signaling sub-system of the trans european high*

*speed rail system*. s.l. : Official Journal n° 342 of the 07/12/2006 p1-165. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

—. *Decision n° 2006/679/EC of the 28 March 2006, concerning the technical specification of interoperability relating to the control command and signaling sub-system of the trans european conventional rail system*. s.l. : Official Journal n° 284 of 16/10/2006 p1-176. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Decision n° 2006/861/EC of the 28 July 2006, concerning the technical specification of interoperability relating to the subsystem rolling-stock freight wagons of the trans european conventional rail system*. s.l. : Official Journal n° 344 of the 08/12/2006 p1-467. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

—. *Decision n° 2006/920/EC of the 11 August 2006, concerning a technical specification of interoperability relating to the sub-system Traffic Operation and Management of the trans-european conventional rail system*. s.l. : Official Journal n° 359 of the 18/12/2006 p1-160. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Decision n° 2007/3371/EC of the 13 December 2007, concerning a framework mandate to the European Railway agency for the performance of certain activities under Directive 96/48/EC and 2001/16/EC*. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Decision n° 2008/163/EC of the 20 December 2007, concerning the technical specification of interoperability relating to safety in railway tunnels in the trans european conventional and high speed rail system*. s.l. : Official Journal n° 64 of 07/03/2008 p1-71. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

—. *Decision n° 2008/164/EC of the 21 December 2007, concerning the technical specification of interoperability relating to persons with reduced mobility in the trans european conventional and high speed rail system*. s.l. : Official Journal n° 64 of the 07/03/2008 p72-207. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Decision n° 2008/231/EC of the first February 2008, concerning the technical specification of interoperability relating to the operation sub-system of the trans-european high speed rail system adopted referred to in article 6(1) of Directive 96/48/EC*. s.l. : Official Journal n° 84 of 26/03/2008 p1-131. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

—. *Decision n° 2008/232/EC of the 21 February 2008, concerning a technical specification of interoperability relating to the rolling stock sub-system of the trans-european high speed rail system*. s.l. : Official Journal n° 84 of 26/03/2008 p132-392. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Decision n° 2008/284/EC of the 6 March 2008, concerning a technical specification for interoperability relating to the energy sub-system of the trans-European high-speed rail system*. s.l. : Official Journal n° 104 of 14/04/2008 p1-79. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

—. *Decision n° 2008/386/EC of 23 April 2008, modifying Annex A to Decision 2006/679/EC and Annex A to Decision 91/440/EC*. s.l. : Official Journal n° 136 of 24/05/2008 p11-17. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

—. *Directive 2009/149/EC of 27 November 2009, amending Directive 2004/49/EC as regards Common Safety Indicators and common methods to calculate accident cost.* s.l. : Official Journal n° 313 of 28/11/2009 p65-74. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. **2009.** *Impact assessment guidelines.* SEC(2009)92. 2009. p. 50.

—. **2004.** *Report D2.7.1 Standards and best practice SAMRAIL.* 2004. p. 137.

**European Council.** *Directive 2005/47/EC of the 18 July 2005, on the agreement between the Community of European Railway (CER) and the European Transport Workers' Federation (ETF) on certain aspects of the working conditions of mobile workers.* s.l. : Official Journal n° 195 of 27/07/2005 p15-17. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

—. *Directive 91/440/EEC of the 29 July 1991, on the development of the Community's railway.* s.l. : Official Journal n° L237 of 24/08/1991 p25 - 28. Available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

**European Parliament and the Council.** *Directive 2001/14/EC of 26 February 2001, on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification.* s.l. : Official Journal n° L75 of 15/03/2001 p29-46. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Directive 2001/12/EC of the 26 February 2001, amending Council Directive 91/440/EEC on the development of the Community's railway.* s.l. : Official Journal n° L75 of the 15/03/2001 p1-25. Available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Directive 2001/13/EC of 26 February 2001 amending Council Directive 95/18/EC on the licensing of railway undertakings.* s.l. : Official Journal n° L75 of 15/03/2001 p.26-28. Available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Directive 2004/49/EC of the 29 April 2004, on the safety of the Community's railway and amending Council Directive 95/18/EC and Directive 2001/14/EC.* s.l. : Official Journal n° 164 of 30/04/2004 p44-113. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Directive 2004/50/EC of the 29 April 2004, amending Council Directive 96/48/EC and Directive 2001/16/EC.* s.l. : Official Journal n° 164 of 30/04/2004 p164-172. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu)

—. *Directive 2004/51/EC of the 29 April 2004, amending Council Directive 91/440/EEC on the development of the Community's railway.* s.l. : Official Journal n° 164 of 30/04/2004 p164-172. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

—. *Directive 2007/57/EC of 23 October 2007, on the certification of train drivers operating locomotives and trains on the railway system in the Community.* s.l. : Official Journal n° 315 of 03/12/2007 p51-78. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

—. *Directive 2007/58/EC of 23 October 2007, amending Council Directive 91/440/EEC and Directive 2001/14/EC.* s.l. : Official Journal n° 315 of 03/12/2007 p44-50. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

— *Directive 2008/110/EC of the 16 December 2008, amending Directive 2004/49/EC on safety on the Community's railway (Railway safety directive)*. s.l. : Official Journal n° 345 of 23/12/2008 p62-67. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

— *Directive 2008/57/EC of the 17 June 2008, on the interoperability of the rail system within the Community (Recast)*. s.l. : Official Journal n° 191 of 18/07/2008 p1-45. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

— *Directive 2008/68/EC of the 24 September 2008, on the inland transport of dangerous goods*. s.l. : Official Journal n° 260 of 30/08/2008 p13-58. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu) .

— *Regulation n° 1370/2007 of 23 October 2007, on public passenger transport services by rail and by road repealing Council Regulations n° 1191/69 and n° 1107/70*. s.l. : Official Journal n° 315 of 03/12/2007 p1-13. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

— *Regulation n° 1371/2007 of 23 October 2007 on rail passenger's rights and obligations*. s.l. : Official Journal n° 315 of 03/12/2007 p14-41. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

— *Regulation n° 881/2004 of 29 April 2004 establishing an European Railway Agency (Agency regulation)*. s.l. : Official Journal n° 164 of 30/04/2004 p1-43. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

— *Regulation n° 91/2003/EC of the 16 December 2003 on rail transport statistic*. s.l. : Official Journal n° 14 of the 21/01/2003 p1-15. available on [www.eurlex.europa.eu](http://www.eurlex.europa.eu).

**European Railway Agency. 2009.** *Agency position paper on the development of a common safety framework for preparation of safety related agency positions*. 2009. p. 11.

— **2009.** *Collection of examples of risk assessment and of some possible tool supporting the CSM*. 2009. p. 114.

— **2009.** *Dissemination of the Commission regulation on CSM on risk evaluation and risk assessment*. 2009. p. 174.

— **2009.** *Guide for application of the Commission Regulation on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to article 6 of the railway safety directive*. 2009. p. 54.

— **2009.** *Impact assessment on the use of Derailment detection device*. 2009. p. 111.

— **2007.** *Methodology guideline for economic evaluation*. 2007. p. 31.

— **2007.** *Recommandation on the first set of CSM*. 2007. p. 20.

— **2009.** *Recommandation on the provision proposed by the RID committee of experts requiring the use of derailment detection device*. 2009. p. 4.

**GROH, Thomas. 2005.** *Analyse coûts bénéfiques du règlement européen durcissant les conditions de transport maritime d'hydrocarbure*. 2005. p. 38.

**HC BLAKSTAD, J HOVDEN, R ROSNESS. 2010.** *Reverse invention: an inductive bottom up strategy for safety rule development. A case study of safety rule modifications in the Norwegian railway system.* 2010. p. 12.

**IDDIR, Olivier.** *Principes d'évaluation de la probabilité de défaillance des mesures de maîtrise des risques.* p. 18.

**International Electronical Commission. 1998.** *Functional safety of electrical/electronic/programmable safety related systems.* First. Geneva : IEC, 1998. p. 115. Vol. Part 1. ISBN: 2-8318-4575-0.

**Julie BELL, Justin HOLROYD. 2009.** *Review of human reliability assessment methods.* 2009. p. 78.

**Kim JAEWHAN, Jung WONDEA, Jang SEUNG-CHEOL, Wang JONG-BAE.** *A case of study for the selection of railway Human reliability analysis method.* p. 4.

**Lorenzo VAN WIJK, Richard TAYLOR, John MAY. 2008.** *Cultural and organisational factors leading to major events.* Bristol : s.n., 2008.

**Manchester Metropolitan University. 2008.** *A good practice for managing the wheel rail interface of light rail and tramway system.* 2008. p. 17.

**Mohamed DOGUI, Habib HADJ-MABROUK. 1999.** *Approche d'intégration des facteurs humains dans la sécurité des transports ferroviaires guidés: projet Facthus.* 1999. p. 17.

**Nils ROSMULLER, Giampiero BEROGGI. 2004.** *Group decision making in infrastructure safety planning.* 2004.

**OTIF.** *Appendix Cof the convention concerning International Carriage by rail (COTIF) - regulation concerning the International carriage of dangerous good by rail RID.*

— **1999.** *Convention concerning International Carriage by rail of 9 May 1980 in the version of the protocol of modification of 3 June 1999.* Vilnius : s.n., 1999. p. 118. ISBN: 0-742-403-12.

— **2006.** *Generic Guidelines for the calculation of the risk inherent in the carriage of dangerous goods by rail.* 2006. p. 22.

**PERINET, Romuald. 2009.** *Assistance de l'INERIS auprès de l'ANDRA concernant la rédaction d'un cahier des charges pour l'intégration des facteurs humains dans le cadre du remplacement d'automates programmables.* 2009. p. 10.

— **2010.** *Opération A: Constitution d'outils d'aide à l'application de l'omega 20.* 2010. p. 25.

**RSSB. 2009.** *Safety decision programme, the route to "taking safe decisions".* 2009. p. 31.

— **2008.** *Understanding Human Factors: a guide for the railway industry.* 2008. ISBN n°: 978-0-9551435-3-3.

**S. CAPO, Sylvain CHAUMETTE, Jean Christophe LE COZE, E. PRATS. 2006.** *Omega 20, démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité.* 2006. p. 45.

**SAATY, Thomas. 1984.** *Décider face à la complexité: une approche analytique multicritères de l'aide à la décision.* 1984. p. 231. ISBN: 2-7101-0491-1.

**SCHARLING, Alain. 1999.** *Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritères.* 1999. p. 304. ISBN: 2-88074-073-8.

**STRMTG. 2006.** *Guide d'application: systèmes de transport public guidés urbains de personnes, principe GAME, méthodologie de démonstration.* 2006. p. 14.

**TEA, Celine. 2009.** *Retour d'expérience et données subjectives: quel système d'information pour la gestion des risques? le cas de la sécurité des transports ferroviaires.* 2009. p. 270.

**The Railway Company RWC.** *Manuel de management de la sécurité de la Railway company.* p. 39.

**TREICH, Nicolas. 2005.** *L'analyse coût bénéfice de la prévention des risques.* 2005. p. 51.

— **2008.** *L'analyse coûts bénéfices, 10 questions.* 2008. p. 19.

**TSOUKIAS, Alexis. 2003.** *From Decision theory to decision aiding methodology.* 2003. p. 37.

— **2003.** *On the concept of decision aiding process.* 2003. p. 26.

**V DE DIANOUS, A VALLEE, F PRATS, N RODRIGUES, D HOURTOULOU. 2004.** *ARAMIS, développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs.* 2004. p. 106.

**Valérie MEUNIER, Eric MARDSEN. 2009.** *L'analyse coûts bénéfices, guide méthodologique.* 2009. p. 55.