

Ecole doctorale Gestion des Risques  
Industriels et Environnement

*Mémoire de magister*

# Diagnostic et surveillance du procédé industriel lié au GNL – étude de cas GL1Z-

**Présenté par** M. KHALDI Mustapha  
**Dirigé par** Dr. K. BOUAMRANE  
Dr. Kh. GUENACHI

**Membres du jury**  
Président : Pr Y.Khatir, Univ Oran  
Examineur : Dr A.Belkhatir, Paris 1-13, France  
Examineur : Pr H.Haffaf, Univ Oran  
Membre Invité : Mr hm.Benachenhou, Directeur HSE,  
Activité Aval Gr Sonatrach  
Directeur de mémoire : Dr K.Bouamrane, Univ Oran  
Co-Directeur de mémoire : Dr K.Guenachi, Univ Oran

**Année Universitaire 2010/2011**

# SOMMAIRE

Sommaire.....	01
Introduction générale.....	02
Chapitre I : Le contexte scientifique de l'Etude.....	05
I.1- L'industrie du GNL.....	05
I.2- La catégorie du danger liée à l'utilisation du GNL.....	07
I.3- Le diagnostic.....	10
I.4- La surveillance.....	12
Chapitre II : Le cadre réglementaire et le retour d'expérience .....	14
II.1- Le cadre réglementaire.....	14
II.2- La conformité du complexe GL1Z aux prescriptions réglementaires.....	16
II.3- Le retour d'expérience.....	17
Chapitre III : Les méthodes d'analyse du risque.....	26
III.1- Généralité .....	26
III.2- Les différentes méthodes d'analyse du risque .....	26
III.3- La sûreté de fonctionnement .....	35
III.2- La présentation de la méthode MADS-MOSAR.....	38
Chapitre IV : Présentation du système étudié.....	43
IV.1- La situation géographique du complexe GL1Z.....	43
IV.2- La fonction du complexe GL1Z .....	45
IV.3- La présentation du complexe GL1Z.....	45
IV.4- La description du procédé .....	47
Chapitre V : L'application de la méthode sur le système étudié.....	52
V.1- Modélisation du système et décomposition en sous-systèmes.....	52
V.2- 1ère étape du module A : identification des sources de danger.....	55
V.3- 2ème étape du module A : identification des scénarios de danger.....	63
V.4- 3ème étape du module A : évaluation des scénarios de risques.....	83
V.5- 4ème étape du module A : Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios.....	89
V.6- 5ème étape du module A : Définition des moyens de prévention et de protection et qualification de ces moyens.....	94
Conclusion.....	97
Bibliographies.....	99
Annexe.....	101

## *Introduction générale*

A l'heure actuelle, il existe plusieurs communautés de recherche, telles que celle de l'automatique, de la productique, de l'intelligence artificielle, qui s'intéressent au domaine de la supervision, et plus particulièrement, au diagnostic, dans le but principal d'assister les opérateurs dans la gestion des événements anormaux. La littérature sur le diagnostic de défaillances dans les processus industriels est diversifiée, s'étendant dès méthodes analytiques à l'intelligence artificielle et aux méthodes statistiques. Du point de vue de la modélisation, des méthodes de diagnostic ont besoin de modèles précis du processus, de modèles semi-quantitatifs ou de modèles qualitatifs. Par ailleurs, d'autres méthodes n'utilisent aucune forme de modèle, et s'appuient seulement sur les données historiques du processus.

Par conséquent, dans le domaine de l'automatique et de la supervision des processus, la conception et l'utilisation des modèles mathématiques précis pour la détection et le diagnostic sont bien connues. Mais, dans beaucoup de cas, la construction d'un tel modèle est difficile, de par la nature complexe ou non-linéaire du processus lui-même, des paramètres variables dans le temps ou du manque de données disponibles. Dans la pratique, il a été démontré que, dans ce cas, l'opérateur humain peut fournir une meilleure supervision en utilisant sa propre connaissance et son expérience pour assurer le bon fonctionnement du processus, d'où l'exploitation des connaissances de l'expert sur la structure et le comportement du processus par diverses techniques.

Des développements au niveau des technologies de l'informatique et de l'automatisation sont nécessaires, l'automatisation est devenue de plus en plus importante pour optimiser la productivité en améliorant la maîtrise des processus industriels. Malheureusement, pour atteindre ses objectifs, l'automatisation a accru la complexité des processus et a changé la tâche de l'opérateur dont le rôle a évolué de la conduite à la supervision.

Désormais, il est devenu essentiel que l'opérateur puisse connaître, à tout instant, l'état de fonctionnement du processus. Pour cela, l'échange d'informations entre l'opérateur et le processus a été amélioré au travers des interfaces homme-machine. Mais au-delà de ces évolutions, il faut désormais être capable aussi de détecter un dysfonctionnement le plus rapidement possible, de l'isoler, d'en identifier la cause probable de façon à réduire leurs conséquences néfastes, et puis de proposer à l'opérateur des actions correctives.

Des nos jours, l'implémentation des systèmes automatisés suppose la mise en place d'outils pour la supervision. La maîtrise d'un processus est indissociable de sa supervision pour aider les entreprises dans leur recherche permanente d'une meilleure productivité et qualité à moindre coût. Cette supervision permet, par ailleurs, aux entreprises de garantir et préserver la sécurité du personnel (opérateurs), la sûreté de fonctionnement des équipements, mais aussi de protéger l'environnement.

Dans ce contexte, de nombreuses approches ont été développées, en vue de la détection de défaillances et du diagnostic, par les différentes communautés de recherche en automatique, productique et intelligence artificielle. Les méthodes se différencient par rapport au type de connaissances a priori sur le processus qu'elles nécessitent. Ainsi elles peuvent être classées, de façon générale, comme des méthodes à base de modèles, à base de connaissances et des méthodes à base de données historiques. Les méthodes à base de modèles considèrent un modèle structurel du comportement du processus basé sur des principes physiques fondamentaux. Ces modèles peuvent être de type quantitatif, exprimés sous forme d'équations mathématiques ou bien de type qualitatif, exprimés par exemple sous forme de relations logiques. Les méthodes à base de connaissance exploitent les compétences, le raisonnement et les connaissances des experts sur le processus pour les transformer en règles, de manière à résoudre des problèmes spécifiques. Enfin, les méthodes à base de données cherchent à découvrir des informations, sous forme d'exemples type ou tendances, au sein des mesures venant des capteurs et des actionneurs, pouvant identifier le comportement du procédé. Ces méthodes comprennent, parmi d'autres, les méthodes d'apprentissage et de classification (ou reconnaissance de formes) [2].

Aujourd'hui, les statistiques industrielles estiment que le coût économique des situations anormales est autour des 20 milliards d'euros et ce, seulement, dans l'industrie pétrochimique. De ce fait, plusieurs initiatives de collaboration entre les industriels et les communautés de recherche scientifique visent aux développements d'outils pour améliorer la supervision des unités complexes. Une de ces initiatives est le Projet CHEM (Advance Decision Support System for chemical/petrochemical manufacturing processes). Le but principal de ce projet est de regrouper, à partir d'une intégration modulaire d'outils logiciels, des techniques de supervision et d'aide à la décision (SAD), pour la surveillance, l'analyse et l'interprétation des données, la détection et le diagnostic des événements, et le support aux opérateurs dans la prise de décisions dans l'industrie chimique et pétrochimique, développées par différentes équipes de recherche européennes. Cette intégration modulaire permet le choix et la combinaison des techniques (collaboration entre différentes méthodes) les plus appropriées, selon les connaissances disponibles du processus à superviser, afin de donner à l'opérateur des informations représentatives pour la prise de décisions [2].

L'idée principale était donc de développer et construire un système complet pour augmenter les possibilités d'une gestion à moindre risque et plus efficace des usines chimiques et pétrochimiques. Un tel outil a une portée extrêmement large, englobant la gestion d'information, la détection et le diagnostic des défaillances, la gestion des alarmes et l'optimisation.

La supervision de processus reste une tâche très importante qui est encore en grande partie une activité manuelle, exécutée par les opérateurs, notamment lorsqu'il s'agit de répondre aux événements anormaux. Cette activité, peut selon la nature et la criticité des anomalies ou dysfonctionnements, avoir un impact économique, environnemental et de sécurité plus ou moins significatif, non seulement au niveau des équipements mais aussi des opérateurs. D'autant plus que le fait de gérer une grande quantité d'information et d'avoir besoin d'agir vite peut mener les opérateurs à prendre des décisions incorrectes, dégradant encore plus la situation.

De ce fait, les systèmes de supervision qui intègrent les outils de surveillance, de détection et de diagnostic sont nécessaires afin de fournir à l'opérateur des critères suffisants pour la prise des décisions.

Notre travail se situe dans un contexte voisin puisqu'il porte sur le diagnostic et la surveillance du procédé lié au GNL <sup>[1]</sup>. Le procédé lié au GNL peut donc présenter des risques d'incendie, d'explosion et de pollution ; autant plus qu'à l'heure actuelle, nous vivons dans une société qui accepte de moins en moins des accidents, c'est pourquoi il est devenu important de comprendre et de limiter les risques en matière de l'industrie technologique.

Notre contribution consiste en une analyse des risques par une approche systémique. Nous appuyons sur les apports méthodologiques et les outils d'analyse qu'offre la science de danger. Nous proposons de comparer nos résultats avec ceux qui étaient jusque là appliqués au domaine du GNL pour la détermination de risques industriels. L'approche adoptée (MADS-MOSAR); se base d'une part sur une vision d'abord macroscopique pour inventorier les sources de vulnérabilités du système, complété par une analyse en vision microscopique du système afin d'assurer la sûreté de fonctionnement des équipements, de leur personnel (opérateurs), et de protéger l'environnement.

Notre travail se décline en cinq (05) chapitres :

Dans le premier chapitre nous abordons le contexte scientifique de l'étude, en donnant un aperçu sur l'industrie du GNL pour tous ses maillons de la chaîne, ainsi un listing des complexes de GNL en Algérie et en particulier le complexe GL1Z <sup>[2]</sup>, et pour bien définir le thème nous précisons dans quelle catégorie de risque se situe notre complexe et en donnant un tour d'horizon sur le diagnostic et la surveillance.

Dans le deuxième chapitre nous abordons une lecture de la réglementation applicable aux établissements classés dont le complexe GL1Z fait partie. Puis, nous donnons une analyse du retour d'expérience concernant le domaine du GNL à travers le monde en s'appuyant sur les causes communes des incidents.

Dans le troisième chapitre nous présentons les outils méthodologiques d'analyse dans le domaine du diagnostic et la surveillance ainsi que l'argumentaire scientifique du choix de l'outil méthodologique. Ce chapitre décrit la méthode MADS-MOSAR, son fonctionnement, ses objectifs ainsi que la définition de ses deux modules et en quoi ils consistent.

Le quatrième chapitre est dédié à la présentation du complexe GL1Z en précisant sa situation géographique, sa fonction principale, et ses différentes structures et zones.

Et nous terminons ce travail dans le cinquième chapitre par l'application de l'outil méthodologique, en commençant par la décomposition du système étudié en blocs fonctionnaires, puis nous identifions les sources de danger de chaque sous-système et les processus de danger (en tenant compte de tout les points de vu), nous pouvons ainsi générer des scénarios d'accidents possibles (en les représentant sous formes de boîtes noires), nous négocions les objectifs et l'hiérarchisation des scénarios pour délimiter le risque acceptable de l'inacceptable et enfin nous discutons sur les résultats obtenus par cette analyse pour voir si les mesures adoptées suffisent pour faire face aux incidents, prendre en charge les accidents et assurent la maîtrise de la situation en cas de crise ? Si non nous définissons des moyens de prévention et de protection et la qualification de ces moyens.

[1] GNL : Gaz Naturel Liquéfié.

[2] GL1Z : Complexe de liquéfaction de gaz naturel d'Arzew N° 1.

## *I/- Contexte scientifique de l'Etude*

### **I.1- L'industrie du GNL :**

L'industrie du GNL a depuis plusieurs décennies une excellente tradition en matière de sécurité. Ceci vaut pour tous les maillons de la chaîne du GNL, allant de la transformation au stockage et à la regazéification. Des terminaux GNL sont opérationnels près de zones urbanisées depuis plus de quarante ans, et aucun incident grave n'a été observé dans le domaine de la sécurité. Ces statistiques exceptionnelles sont dues aux propriétés du GNL, et notamment à la température très basse du liquide (-162 °C), ainsi qu'à l'évaporation et à la dispersion rapides du gaz naturel à son stade gazeux. De par la température particulièrement basse du GNL, un matériel et des isolants spéciaux extrêmement résistants sont utilisés. Dès que le GNL est redevenu gazeux, il se disperse rapidement et se dilue dans l'air. Le gaz naturel est plus léger que l'air. Ces propriétés du gaz naturel gazeux et les spécifications afférentes du matériel et du stockage ont donné lieu à l'établissement de normes de sécurité industrielle très strictes. L'ensemble des propriétés, matériel et normes utilisés sont à la source de l'excellent niveau de sécurité du GNL. Les exigences strictes de conception, de construction et de fonctionnement des installations de GNL, ainsi que leur étroite supervision par les compagnies et les autorités, font de l'industrie du GNL l'une des plus sûres du secteur énergétique. Stocké dans des réservoirs, le GNL ne peut pas exploser car il n'y a pas d'oxygène.

Le GNL est du gaz naturel liquéfié. Ce gaz est donc exactement le même que celui qui est extrait dans la mer du Nord. Sur les sites d'extraction du gaz ou à partir desquels le GNL est expédié, il est refroidi dans un vaste système de refroidissement (installations de liquéfaction) à très basse température (moins 162 degrés Celsius, moins 260 degrés Fahrenheit), il se condense et se liquéfie. Le gaz naturel est principalement composé de méthane (au moins 90 % habituellement) mais il peut également contenir d'infimes quantités d'éthane, de propane et d'hydrocarbures lourds. Durant le processus de liquéfaction, d'autres composants tels que l'oxygène, le dioxyde de carbone, le soufre et l'eau, disparaissent entièrement.

La liquéfaction du gaz naturel permet de réduire environ 600 fois son volume. Ceci facilite son stockage en grandes quantités et son transport par bateau sur de longues distances.

Le GNL est stocké dans de grands réservoirs isolants spécialement conçus à cet effet. Chacun de ces réservoirs, également dits «à intégrité totale», sont composés d'une cuve intérieure spéciale en acier nickelé (dont les parois font environ 80 cm d'épaisseur) et d'une cuve extérieure en béton. L'espace entre les parois des deux cuves est rempli d'une couche épaisse de matériel isolant spécial, grâce auquel presque aucune chaleur n'atteint la cuve intérieure. Mais même avec le meilleur isolant, la chaleur ambiante atteint toujours la cuve intérieure dans une certaine mesure. Cette très légère élévation de température entraîne la regazéification d'une infime quantité de GNL (environ 0,065 % par jour), qui est recueillie afin que rien ne se perde dans l'atmosphère. Le produit de cette évaporation est de nouveau condensé en GNL et remis dans le réservoir. Il peut également être employé au terminal en tant que combustible pour le chauffage du GNL.

Le GNL est employé depuis plus de cinquante ans (notamment aux Etats-Unis et au Japon). Grâce aux progrès technologiques, il peut à présent être produit, transporté et stocké à peu de frais, et le marché s'agrandit. Tout ceci fait du GNL une alternative de plus en plus intéressante pour le pétrole ou le gaz riche (le gaz naturel est transporté par pipeline à partir de ses sites d'extraction). Une autre raison pour laquelle l'importation de GNL est encore plus attrayante, est le besoin grandissant de diversifier l'approvisionnement énergétique. Les tankers de GNL peuvent être utilisés à partir et à destination d'un grand nombre de pays producteurs et consommateurs de GNL.

On trouve des terminaux GNL d'arrivée partout dans le monde et notamment au Japon, mais aussi en Corée, en Inde, aux États-Unis, en France, en Belgique, en Espagne, au Portugal, en Italie et en Turquie. En Europe, divers terminaux supplémentaires sont en cours de construction tandis que d'autres encore sont prévus pour pouvoir répondre à la demande croissante d'énergie propre. Le GNL suscite un vif intérêt dans de nombreux pays, soit en raison des moins grandes quantités de gaz riche disponibles (au Royaume-Uni, par exemple, mais aussi aux États-Unis), soit dans un désir d'accroître la sécurité de l'approvisionnement en gaz naturel.

Le GNL provient principalement de régions dans lesquelles de grandes quantités de gaz naturel ont été découvertes, telles que l'Afrique du Nord et le Moyen Orient. Parmi les pays producteurs de GNL se trouvent Trinidad, le Nigeria, l'Algérie, l'Égypte, Oman, Qatar, l'Indonésie, la Malaisie et l'Australie. La demande de GNL augmentant rapidement, le nombre de pays exportateurs ne fera qu'augmenter dans les années à venir.

En Algérie, quatre complexes de liquéfaction de gaz naturel sont implantés depuis 1961 (CAMEL), 1972 (GL1K), 1977 (GL1Z), 1981 (GL2Z). Le complexe GL1Z liquéfie le gaz naturel suivant le procédé **APCI** (**Air Product and Chemical Incorporated**) [ANNEXE-01-] où le GN entre avec une pression de 45 bars et une température de 28°C, puis il doit subir différents traitements conduisant à sa liquéfaction à une pression atmosphérique et une température de -163°C.

## I.2- La catégorie du danger liée à l'utilisation du GNL :

Le GNL est classé au niveau des dangers physico-chimiques (explosibilité, caractère comburant, inflammabilité) ; cette installation transforme, produit et stocke le gaz, et tous ses dérivés. Elle doit prévenir des risques d'incendie, d'explosion, de pollution marine et de pollution des sols ; de ce fait elle se situe dans la catégorie des risques technologiques majeurs (risques industriels).

"Un risque majeur, c'est la menace sur l'homme et son environnement direct, sur ses installations, la menace dont la gravité est telle que la société se trouve absolument dépassée par l'immensité du désastre" [21].

Un accident technologique peut provoquer trois types d'effets :

- **Les effets mécaniques** : une explosion provoque une onde de choc, à l'origine d'une brusque surpression.
- **Les effets thermiques** : ils sont liés à la combustion d'un produit, parfois accompagnée d'une explosion.
- **Les effets toxiques** : ils correspondent à l'inhalation, l'ingestion ou le contact avec la peau ou les muqueuses d'une substance irritante, nocive ou toxique. Sur la santé humaine, ces effets peuvent être immédiats (toxicité aiguë) ou sur le long terme (toxicité chroniques), et vont du bénin (substances irritantes) au mortel (substances toxiques).

La gravité d'un accident technologique se définit en tenant compte à la fois de la **gravité** de ses effets et de **l'espace affecté** par ces effets.

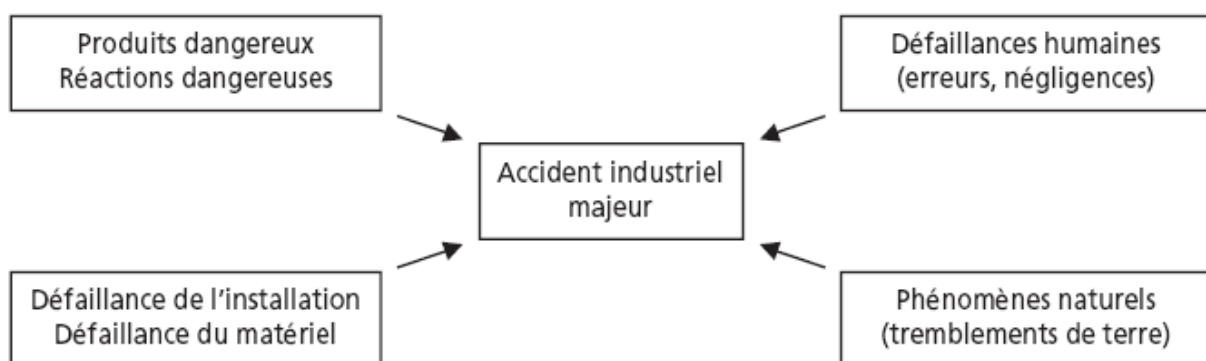


Figure 1 : D'où vient un accident industriel majeur ? [21]

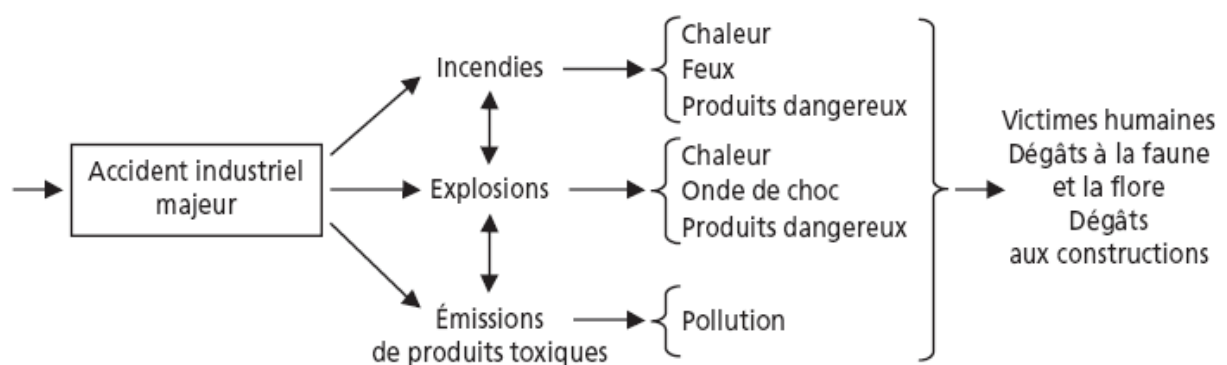


Figure 2 : Quelles sont les conséquences d'un accident industriel majeur ? [21]



Le risque majeur est défini par la possibilité de survenance d'une catastrophe pouvant perturber durablement les équilibres naturels et sociaux sur une large échelle. L'origine de ces catastrophes peut être naturelle, technologique ou conséquence de la non résolution pacifique de conflits socio-économiques, l'enjeu est alors : Humain, Economique et Technologique, Environnemental.

Dans le milieu de la recherche, il a pris la dimension d'un concept utilisé pour donner une signification à une chose, force ou circonstance qui représente un danger pour les gens ou à ce qu'ils considèrent important; cette représentation se fait en terme de probabilité qu'une conséquence donnée généralement néfaste pour la santé se produise dans des conditions particulière. L'émergence de la science du danger dès les années 90 a donné lieu à une terminologie précise, un vocabulaire Commun et partagé par une large communauté.

Le risque va dépendre de sa fréquence d'apparition (6 niveaux selon la norme EN1441) :

- Fréquent : le danger est constant.
- Probable : l'incident peut se produire au moins 1 fois.
- Occasionnel : l'incident pourra se produire au moins 1 fois.
- Rare : l'incident se produirait, peut-être, au plus 1 fois.
- Improbable : l'incident pourrait se produire mais il est inconnu.
- Incroyable : la survenance d'un incident est invraisemblable dans l'état des connaissances du moment.

Au niveau sociétal, il est apprécié en terme de niveau d'acceptabilité, donc à partir d'une confrontation de la fréquence d'apparition et du degré de gravité, on définit un degré d'acceptabilité du risque. Si ce degré d'acceptabilité donne l'apparence d'une donnée scientifiquement établie, ce n'est que par rapport à son appréciation statistique. En aucun cas, le degré d'acceptabilité ne tient compte des mécanismes de perception qu'en font les individus, pas plus que l'on ne peut apprécier les variabilités de perception qui se découvrent quand des progrès en matière de cognition des risques se mettent en place chez les acteurs confrontés au risque.

Certains auteurs estiment que la gestion du risque est un « processus qui détermine les actions et les mesures à prendre, permettant de contrôler ou d'éliminer le risque » [Cardinal,1989].

Ou encore un « processus d'intégration des résultats de l'évaluation du risque avec les données sociales, économiques, politiques et technologiques en sélectionnant l'option la plus appropriée du point de vue de la santé publique » [Rhains, 1993].

Ou comme étant « le choix et la mise en œuvre d'une stratégie de contrôle du risque, suivis de la surveillance et de l'évaluation de l'efficacité de cette stratégie ; le choix d'une stratégie en particulier peut être fondé sur l'étude des renseignements obtenus au cours de l'évaluation du risque » [CCME, 1996].

Chez les cyndiniens (2005), la gestion des risques comprend l'ensemble des démarches (scientifiques, techniques, organisationnelles, financières et de formation...) qui, en partant de l'analyse des risques, permet d'élaborer des « actions correctrices destinées à réduire les risques ».

Pour l'Organisation internationale de normalisation (ISO), la gestion des risques consiste à cerner, analyser, évaluer, traiter (maîtriser), surveiller, examiner et communiquer les risques. Ces activités peuvent être menées de façon systématique ou ponctuelle.

Toute activité économique entraîne des risques, que les gestionnaires décideurs doivent gérer et avant tout évaluer. Pour cela, il faut les identifier puis les réduire au minimum, assumer financièrement la charge de ceux qu'ils jugeront acceptables (en fonction de la taille et des capacités financières de l'institution), traiter par des tiers selon des processus d'externalisation les risques liés à certaines activités, et enfin en transférer certains auprès de professionnels de l'assurance qui assureront une garantie financière.

L'identification des risques passe aujourd'hui par la compréhension du cycle de gestion, qui intègre les partenaires amont et aval (clients et fournisseurs), mais aussi, dans un environnement en interaction complexe avec l'établissement, les autres parties prenantes (banques, société civile).

Notons cependant que le niveau d'acceptabilité est une notion qui varie suivant le lieu, l'époque. Par exemple, on accepte beaucoup plus facilement le risque lié à la conduite automobile (environ 4 000 morts par an sur les routes, en France, [d'après une déclaration de Jean-Michel BERRARD Préfet du Nord-Pas-de-Calais]), que le risque industriel qui est la cause de 700 décès par an dans ce même pays, «Le risque perçu est un construit social» [Richard Laganier].

### I.3- Le diagnostic :

Est le raisonnement menant à l'identification de la cause (l'origine) d'une défaillance, à partir des caractères relevés par des observations, des contrôles ou des tests.

Le mot provient du grec διάγνωση, *diágnosi*, à partir de δια-, *dia-*, par, à travers, séparation, distinction et γνώση, *gnósi*, la connaissance, le discernement ; il s'agit donc d'acquérir la connaissance à travers les signes observables. [wikipedia]

Le diagnostic d'un système matériel désigne toute méthode permettant de déterminer si une machine est défaillante ou non et de discriminer l'origine de la panne à partir des informations relevées par observation, contrôles et tests.

Cette méthode peut se présenter sous diverses natures et divers supports. Il peut s'agir :

- d'un algorithme de détection électronique ou informatique.
- d'un arbre de défaillance.
- d'un simple test visuel.

Le diagnostic établit un lien de cause à effet entre un symptôme observé et la défaillance qui est survenue, ses causes et ses conséquences. On distingue classiquement trois étapes.

- *Localisation* : détermine le sous système fonctionnel à l'origine de l'anomalie et progressivement affine cette détermination pour désigner l'organe ou dispositif élémentaire défectueux.
- *Identification* : détermine les causes qui ont engendré la défaillance constatée.
- *Explication* : justifie les conclusions du diagnostic

Le diagnostic se définit au sens large comme l'ensemble des trois tâches suivantes : détection de fautes, isolation de fautes et identification des fautes. C'est une composante primordiale dans de nombreux domaines applicatifs, par exemple pour la surveillance des installations industrielles.

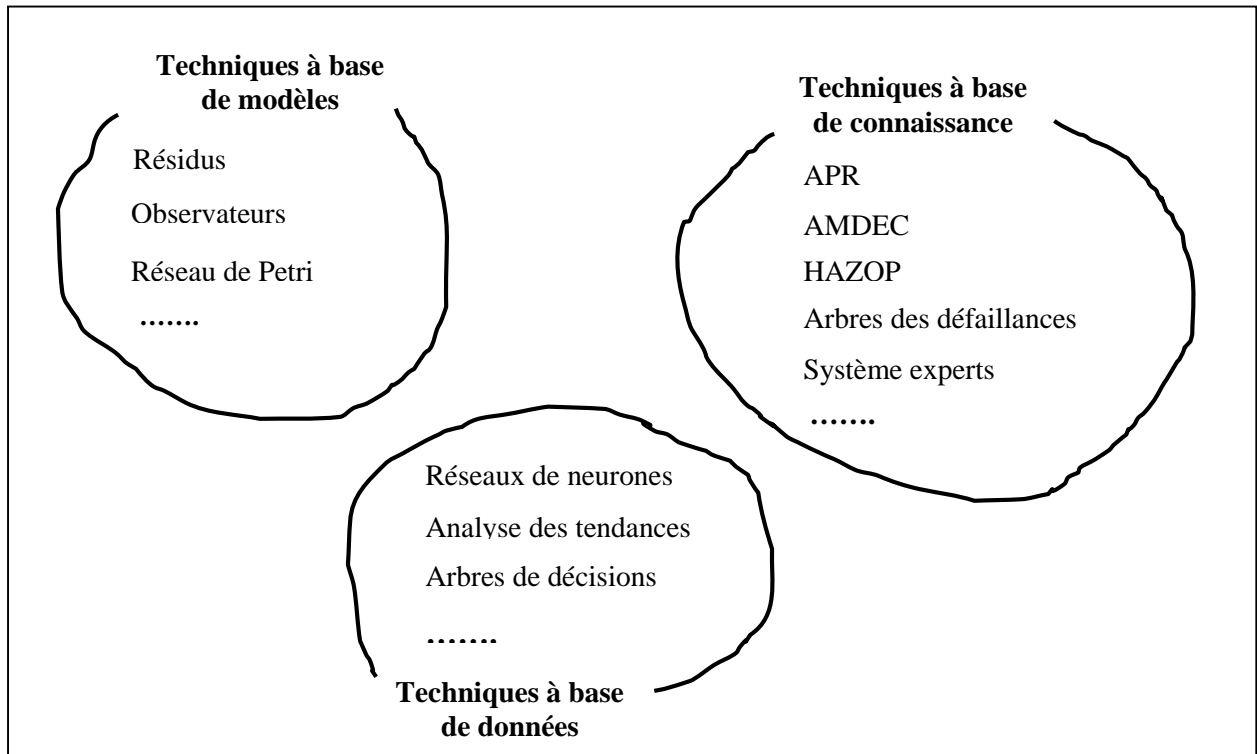
Le diagnostic est un thème de recherche fédérant différentes communautés scientifiques (Automatique, Informatique, Productique...), aujourd'hui au cœur des préoccupations industrielles.

Au sein de la communauté automatique du continu, le diagnostic se retrouve sous l'appellation « Fault detection and Isolation », regroupant à la fois la détection d'une déviation de comportement qui donne lieu à la génération d'un symptôme (fonction détection) et l'isolation de la défaillance qui mène à la localisation de l'élément responsable de cette défaillance (fonction diagnostic). Pour la communauté automatique des systèmes à événements discrets, à laquelle nous appartenons, le diagnostic se différencie bien de la détection de défaillance qui caractérise le fonctionnement du système comme normal ou anormal. Les défaillances auxquelles nous nous intéressons correspondent à des défaillances au niveau du système commandé.

Les activités de recherche que nous présentons ici, couvrent ces deux aspects détection et diagnostic.

De nombreuses méthodes sont à la base des travaux en diagnostic : **[Figure 3]**

1. Les approches à base de modèles, qui reposent sur des modèles quantitatifs basés sur les principes physiques fondamentaux ou qualitatifs basés sur la structure du système et les liens entre composants,
2. Les approches à base de connaissance, qui s'appuient sur les connaissances et les raisonnements experts,
3. Les approches à base de données, qui à partir de données historiques réalisent une extraction des caractéristiques.



**Figure 3 : méthodes et outils en diagnostic [13].**

## I.4- La surveillance :

Est un processus continu d'observation d'un système ou d'une partie d'un système en vue de s'assurer de son bon fonctionnement, en mesurant une ou plusieurs grandeurs du système et en comparant les résultats de ces mesures à des valeurs prescrites.

La surveillance est l'observation et l'enregistrement régulier des activités prenant place dans le cadre d'un projet ou programme. La surveillance s'effectue via une collecte routinière d'informations visant tous les aspects du système. La surveillance est l'acte de suivi, soit une vérification régulière des activités d'un système. C'est l'observation — une observation systématique et significative.

La surveillance est très importante durant la planification et l'exécution de projet. C'est comme regarder devant vous à bicyclette; vous pouvez ajuster votre trajectoire en chemin et vous assurer de demeurer sur la bonne voie.

La surveillance vous procure de l'information qui sera utile quand viendra le temps:

- D'analyser la situation du système;
- De déterminer si les ressources investies dans le système sont bien utilisées;
- D'identifier les problèmes auxquels le système fait face et de trouver les solutions pour y remédier;
- D'assurer que toutes les activités soient réalisées correctement, par les bonnes personnes et à temps;
- De récupérer et transférer les leçons apprises dans le cadre d'un système vers un autre;
- De déterminer si la manière dont le système a été planifié est la plus appropriée pour répondre au problème donné.

Comme nous l'avons évoqué, le nombre des mesures recueillies sur les processus et stockées a augmenté de façon considérable. En même temps, ces processus ont accru leur complexité et les systèmes de commande ont remplacé les ajustements manuels. Ceci afin de répondre aux demandes de qualité, aux contraintes environnementales, à la réduction des coûts de production et maintenance, tout en garantissant la sécurité des installations ainsi que celle des opérateurs humains. Face à cet incrément d'information, changeante et dynamique, l'opérateur humain a besoin de nouveaux outils qui l'aident dans sa tâche de surveillance du processus, pour en garantir le fonctionnement correct et réagir au cas où des événements anormaux se produisent.

La surveillance est responsable de l'acquisition des signaux en provenance des ressources et de la commande. Ces informations sont utilisées pour la reconstitution de l'état réel du système commandé et pour faire les inférences nécessaires afin de produire des informations supplémentaires pour dresser des historiques de fonctionnement. Les activités de la surveillance sont donc limitées aux fonctions relatives aux informations et n'ont pas une action directe sur le modèle ni sur le procédé. A priori, la surveillance a un rôle passif vis-à-vis de la commande. Parmi les fonctions de la surveillance nous trouvons donc, en plus de l'acquisition de données, la détection qui caractérise le fonctionnement du système de normal ou anormal.

Deux classes d'anomalies sont distinguées :

- La première regroupe les situations pour lesquelles le comportement du système devient anormal car les contraintes d'opération ne sont pas garanties;
- La deuxième regroupe les situations dans lesquelles le comportement est anormal par rapport à la loi de commande appliquée. Cette classe recouvre les anomalies de fabrication mise en évidence par des contrôles de qualité.

Le suivi fait partie aussi des fonctions de la surveillance. Cette fonction maintient en permanence un historique des traitements effectués, et une trace des événements que perçoit le système. La fonction diagnostic établit un lien de cause à effet entre un symptôme observé et la défaillance qui est survenue, ses causes et ses conséquences.

La fonction pronostic est également une fonction de surveillance qui a pour but de déterminer les conséquences d'une défaillance sur le fonctionnement futur du système. Il existe aussi des fonctions propres à la supervision :

- la reconfiguration qui agit sur le procédé en adaptant la configuration matérielle à la situation, ainsi que sur le système de commande en changeant la loi de commande,
- la décision, qui détermine l'état à atteindre pour le retour en opération normale et la séquence d'actions correctives à réaliser pour arriver à cet état.

Dans ces conditions, la supervision n'est plus un simple enchaînement des fonctions de surveillance (détection-diagnostic) et reconfiguration [Figure 4]. Des "modèles de surveillance" beaucoup plus complexes peuvent être mis en place en fonction du procédé considéré, du type de défaillances et également de la politique de production de l'entreprise.

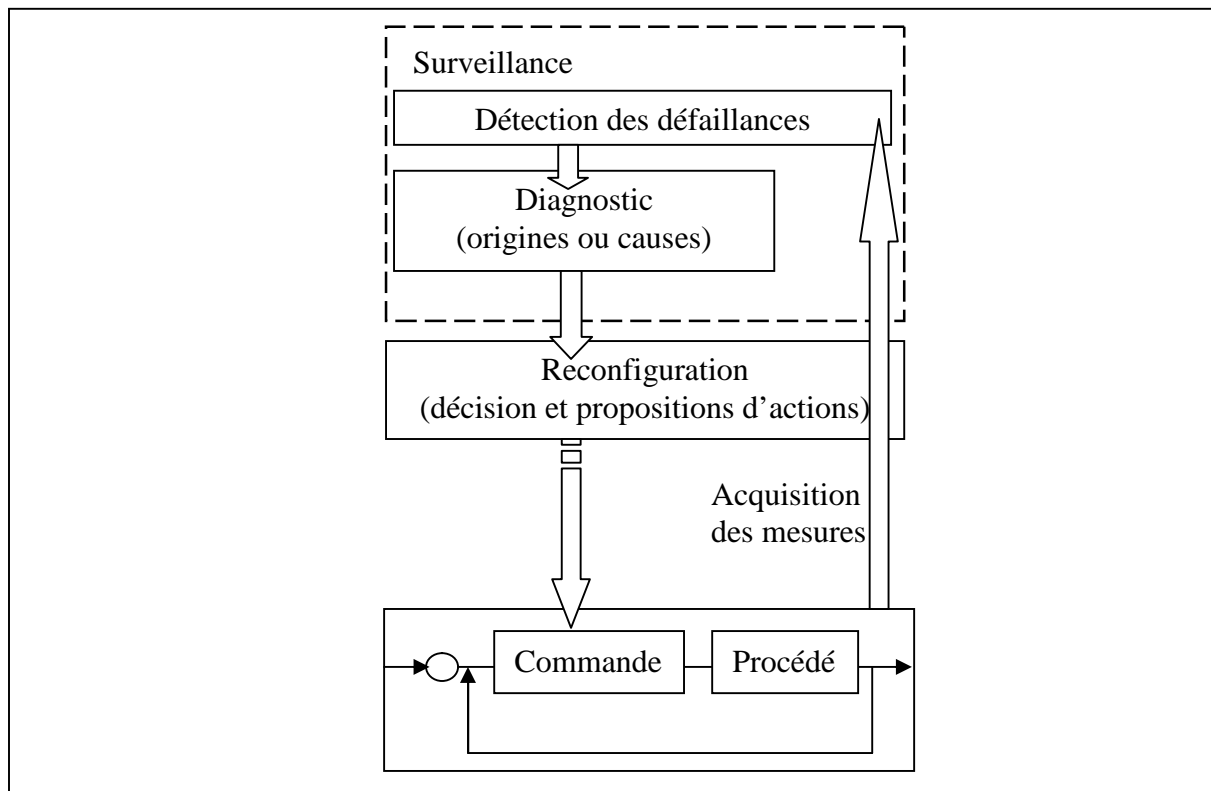


Figure 4 : Schéma général de supervision [2].

## *II/- Le cadre réglementaire & le retour d'expérience*

### **II.1- Le cadre réglementaire :**

#### **Réglementation algérienne :**

La réglementation algérienne dans le domaine de l'environnement, des risques, de l'hygiène et de la sécurité au travail et très pourvu, elle se rapproche d'une façon significative de la réglementation internationale, notamment européenne dans ces domaines.

Dans ce qui suit, on rapporte la réglementation applicable aux installations classées pour l'environnement, dont le complexe GL1Z fait partie.

- ✓ Loi n°88-07 du 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, la sécurité et la médecine au travail. Cette loi a pour objet les voies et les moyens ayant pour but d'assurer au travailleur les meilleures conditions en matière d'hygiène, de sécurité et de médecine au travail, et de désigner les personnes responsables et organismes employeurs chargés d'exécution des mesures prescrites. [ANNEXE01]
- ✓ Décret n°98-339 du 03 Novembre 1998 relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) définit la réglementation applicable aux installations classées et fixant leur nomenclature. [ANNEXE01]
- ✓ La loi N°03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. La présente loi a pour objet de définir les règles de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. [ANNEXE01]

Elle se fonde sur les principes généraux suivants :

- Le principe de préservation de la diversité biologique,
  - Le principe de non dégradation des ressources naturelles,
  - Le principe de substitution,
  - Le principe d'intégration
  - Le principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement
  - Le principe de précaution
  - Le principe du pollueur payeur
  - Le principe d'information et de participation [ANNEXE01]
- ✓ La circulaire R1 du 22 septembre 2003, qui identifie les installations soumises à déclaration, en conséquence assujettie à l'élaboration d'une étude d'impact avant exploitation et d'une étude de danger.  
Elle prévoit également, l'obligation par l'exploitant d'établir un plan d'organisation interne POI réalisé sur la base d'une étude de danger, et l'élaboration d'un plan particulier d'intervention PPI, qui se sera fait sur la base du POI par l'autorité territoriale compétente.
  - ✓ La loi N°04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

- ✓ Décret exécutif n° 06-198 du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement :  
En application des dispositions des articles 19, 23 et 24 de la loi n°03-10 du 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de définir la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement et notamment les régimes d'autorisation et de déclaration d'exploitation des établissements classés, leurs modalités de délivrance, de suspension et de retrait, ainsi que les conditions et modalités de leur contrôle.

### Réglementation internationale :

- ✓ La directive n°89/391/CEE du conseil des communautés européennes du 12 juin 1989, dite « directive cadre », définit les principes fondamentaux de la protection des travailleurs. Elle a placé l'évaluation des risques professionnels au sommet de la hiérarchie des principes généraux de prévention, lorsque les risques n'ont pas pu être évités à la source.  
Depuis 1991 tout chef d'entreprise est tenu de procéder à une évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs. Les bases réglementaires sont les lois et décret propres à chaque pays européen. [ANNEXE01]
- ✓ La directive n°96/82/CEE (Directive SEVESO II) du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses.  
Cette directive a pour objet la prévention des accidents majeurs impliquant des substances dangereuses et la limitation de leurs conséquences pour l'homme et l'environnement, afin d'assurer de façon cohérente et efficace des niveaux de protection élevés. [ANNEXE01]

### Normes internationales :

- ✓ Les normes internationales ont évolué dans un autre sens, car elles étaient préoccupées de certification, et ont plutôt progressé pas à pas. Le système ISO 9000 (qui existe depuis 1994) a donc servi de base à un système de gestion de l'environnement (ISO 14001, 1996), maintenant universellement reconnu comme la norme unique de gestion de l'environnement.
- ✓ ISO 14001 traite des pollutions accidentelles et continues, mais est peu orienté vers la gestion du risque.
- ✓ La gestion de la santé et de la sécurité n'a été codifiée que plus tard (2000) et a suivi le modèle ISO 14001 pour aboutir à la spécification OHSAS 18001.  
Les "normes" ISO 14001 et OHSAS 18001 sont construites sur le même plan, ce qui permet de rapprocher facilement les deux systèmes et de vérifier l'absence de zones grises ou d'omissions. Puisque le système de gestion est une méthode d'organisation de la pensée, des actions et des documents, le parallélisme strict des deux systèmes est un élément essentiel qui permet donc de gérer l'ensemble des questions HSE avec seulement ces deux systèmes, l'un plutôt orienté vers les effets accidentels, l'autre vers des effets continus. La santé au travail et l'hygiène industrielle se trouvent donc intégrées de façon logique dans le système de gestion de la sécurité.



## II.2- La conformité du complexe GL1Z aux prescriptions réglementaires :

Tableau 1 :

Réglementation	Désignation	Situation établissement		Commentaires
		Conforme : oui	Non conforme : non	
Réglementation applicable aux installations classées (IC) pour la protection de l'environnement	Décret n°98-339 du 03-11-1998	Oui		Le complexe GL1Z fait partie des installations classées pour la protection de l'environnement conformément à ce décret.
Réglementation relative à l'hygiène, la sécurité et la médecine au travail (Loi n°88-07 du 26-01-1988)	Article 01	Oui		Le complexe GL1Z est conforme à cette loi.
	Article 02	Oui		
	Article 03	Oui		
	Article 04	Oui		
	Article 05	Oui		
	Article 06	Oui		
	Article 07	Oui		
	Article 08	Oui		
	Article 09	Oui		
	Article 10	Oui		
	Article 11	Oui		
	Article 12	Oui		
	Article 13	Oui		
	Article 14	Oui		
	Article 15	Oui		
	Article 16	Oui		
	Article 17	Oui		
	Article 18	Oui		
Réglementation relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable	La loi N°03-10 du 19-07-2003	Oui		la conformité à cette loi du complexe GL1Z est relative.
	La circulaire R1 du 22-09-2003	Oui		
	La loi N°04-20 du 25-12-2004	Oui		
Normes	Iso 9000 (qualité)	Oui		Le complexe GL1Z est certifié.
	Iso 14001 (environnement)	Oui		
	OHSAS 18001 (santé et sécurité)	Oui		

### Synthèse :

Au vu de la lecture et analyse de la réglementation algérienne et des normes internationales, il ressort que le complexe GL1Z est Conforme au : décret n°98-339 du 03 Novembre 1998 , à la Loi n°88-07 du 26 janvier 1988 , à la loi N°03-10 du 19 juillet 2003 ainsi que la loi N°04-20 du 25 décembre 2004.

L'application de la méthode MADS- MOSAR nous permettra d'identifier les risques, les évaluer et de mettre des barrières en vu de leurs réductions.

Le retour d'expériences constituera pour les besoins de notre analyse une banque de données très importante.

### II.3- Retour d'expérience :

Les accidents majeurs survenus dans des installations de GNL à travers le monde sont listés comme suit :

- 1944, Cleveland, Ohio, Station d'écrêtement de pointe; 128 décès et plus de 200 blessés; Fuite de GNL et explosion dans les égouts de la ville. Cet accident s'est produit à cause de l'emploi de matériaux inadaptés au stockage de GNL et de l'absence de dispositif de rétention secondaire pouvant contenir 100 % des volumes.

#### Les enseignements tirés :

- Manque de connaissances.
- Équipements inappropriés.
- Matériaux inappropriés.
- Manque de maintenance correcte.
- Manque de système approprié de maîtrise des risques.

- 1966, Raunheim, Allemagne, Station GNL; 3 décès et 83 blessés; Inflammation d'un nuage de vapeur de GNL.

#### Les enseignements tirés :

- Supervision des travaux inappropriée.
- Consigne de travaux manquante ou peu claire, ou évaluation des risques non prise en compte dans les consignes de travaux.
- Manque de maintenance correcte.
- Manque de signalisations des dangers.
- Manque de système approprié de maîtrise des risques.

- 1973, Staten Island, New York, Station GNL; 40 décès; Effondrement du toit d'un réservoir pendant des opérations de nettoyage.

#### Les enseignements tirés :

- Préparation ou planning inadéquat avant de commencer les travaux.
- Supervision des travaux inappropriée.
- Manque de connaissances.
- Consigne de travaux manquante ou peu claire, ou évaluation des risques non prise en compte dans les consignes de travaux.
- Équipements inappropriés.
- Matériaux inappropriés.
- Manque de maintenance correcte.
- Manque de signalisations des dangers.
- Manque de système approprié de maîtrise des risques.

- 1979, Cove Point, Maryland, Terminal méthanier; 1 décès et 1 blessé grave; Fuite de GNL sur une pompe, migration et explosion dans une sous-station électrique, non équipée, à l'époque, de détection gaz.

### Les enseignements tirés :

- Supervision des travaux inappropriée.
- Consigne de travaux manquante ou peu claire, ou évaluation des risques non prise en compte dans les consignes de travaux.
- Équipements inappropriés.
- Manque de maintenance correcte.
- Manque de système approprié de maîtrise des risques.

• 2004, Skikda, Algérie, Usine de liquéfaction; 27 décès et 74 blessés; Explosions d'une chaudière et d'un nuage d'hydrocarbures en milieu obstrué conduisant à la destruction d'une partie de l'usine de GNL.

### Les enseignements tirés :

- Éducation ou formation inadéquate.
- Modification de méthode de travail faite sans autorisation ni identification appropriée des risques.
- Manque de connaissances.
- Système de management de la sécurité non respecté.
- Manque de système approprié de maîtrise des risques.

### **Synthèse :**

Le seul accident ayant conduit à des victimes dans la population est l'accident de Cleveland en 1944. Cet accident a été provoqué par l'utilisation de matériaux inadéquats dans les années 40, ce type de matériaux n'est plus utilisé. La catastrophe de Cleveland a eu un très grand retentissement sur l'emploi du GNL dont elle a complètement bloqué le développement pendant une quinzaine d'années. Il en a résulté une extrême prudence des compagnies et des administrations à l'égard du GNL qui a paradoxalement été bénéfique pour son développement ultérieur.

Depuis 1964, les accidents ayant conduit à des victimes sont :

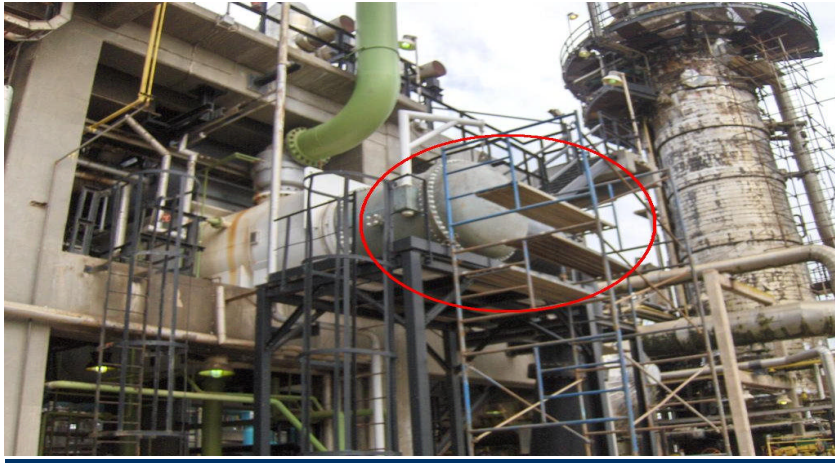
- soit des accidents liés à des activités de construction ou de maintenance lourde, comme l'accident de Staten Island en 1973.
- soit des accidents liés à l'exploitation et ayant conduit à des victimes parmi les opérateurs (Raunheim en 1966, Cove Point en 1979).

Depuis 1964, il n'y a eu aucune victime, ni aucun blessé dans la population à cause de l'industrie du GNL. Le seul accident ayant causé des dommages matériels en dehors du périmètre de l'installation est l'accident de Skikda (avec 27 décès et 74 blessés sur site), accident survenu sur une usine de liquéfaction ancienne, site beaucoup plus complexe qu'un terminal méthanier.

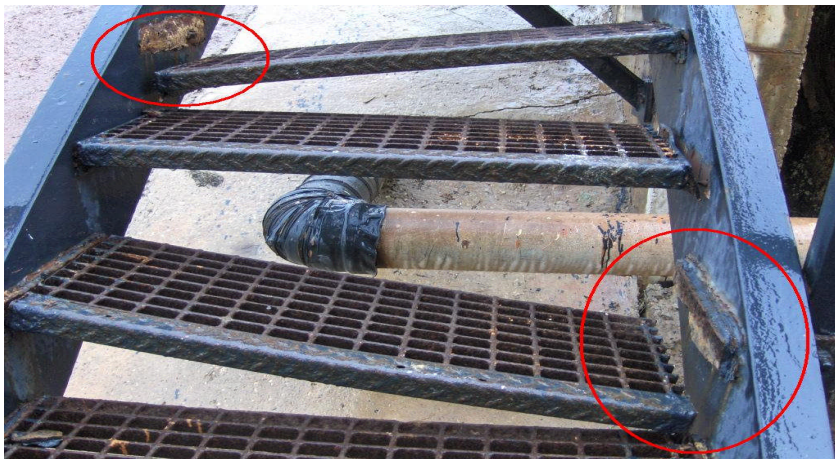
## II [Le cadre réglementaire & le retour d'expérience]

Mais l'existence de plusieurs anomalies comme l'indiquent les images suivantes, On peut dire qu'on n'est pas à l'abri d'un incident ou d'un accident voir même une catastrophe :

### ▣ Echafaudage sans garde -fou :



### ▣ On utilise toujours cet escalier !

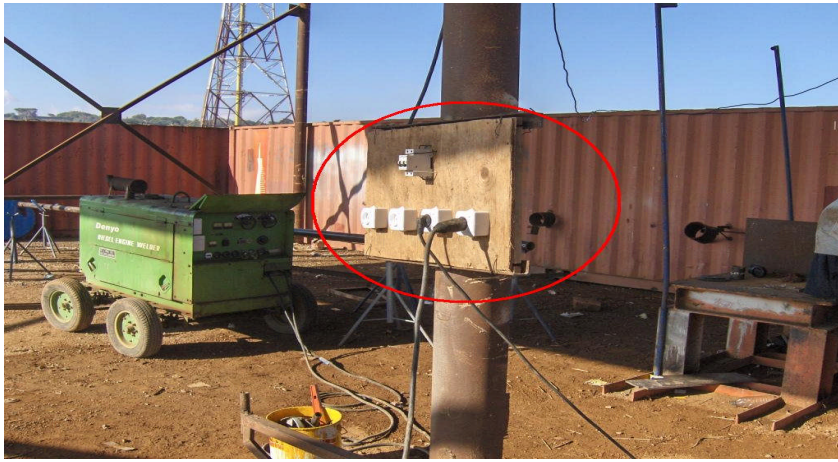


### ▣ Un chemin de câble dans cet état !



## II [Le cadre réglementaire & le retour d'expérience]

### ▣ Un bronchement de haute tension inadéquat !



### ▣ Conduite de GNL sans support !



### ▣ Moyen de récupération d'huile !



## II [Le cadre réglementaire & le retour d'expérience]

### ▣ Une telle utilisation de produits chimiques !



### ▣ Travailler avec ces moyens !



### ▣ Éteindre un feu avec cette manière !



Donc et avec l'existence de telles anomalies voici les conséquences :

Tableau 2 : quelques exemples d'incidents dans le complexe GL1Z durant l'année 2010.

DATE ET HEURE	AGE	Dep/ Sce.	FONCTION	ANC.	LIEU	CIRCONSTANCES D'ACCIDENT	NATURE & SIEGE DE LESIONS	NOMBRE JOURS ARRET
Lundi 04/01/10 à 9h 00	54 ans	G/ GE	Electricien	31 ans	J 235 M  T 400	- Lors de l'inspection visuelle du câble d'alimentation des pompes condensat, T 300, l'agent s'est glissé dans la fosse où se trouvaient de petits cailloux. Son pied gauche s'est plié par conséquence.  * Accident dû à l'état de propreté du lieu de travail ainsi qu'à l'état physique de la victime.	Entorse genou gauche.	3 jrs
Mardi 19/01/10 à 16h 05	49 ans	BOG/ ORG	Gestionnaire ADM PPL	29 ans	Arrêt des bus	- Pendant qu'il voulait monter dans le bus, l'agent a raté la première marche et a glissé par conséquence sur sa jambe gauche.  * Accident dû à l'état physique de la victime à un moment d'inattention.	Plaie Jambe gauche	Sans
Lundi 25/01/10 à 7h 05	53 ans	P/PU	Opérateur Polyvalent DCS	31 ans	Avenue B5, en face de la salle CCR	- En allant vers la salle CCR, l'agent voulait traverser la route, partiellement inondée, (forte pluies dans la nuit) perdit l'équilibre et tomba sur son visage.  * Accident dû à l'état du sol et aux conditions météorologiques.	Contusion Nez et Œil gauche.	Sans
Jeudi 28/01/10 à	27 ans	BOG/ ORG	Agent BOG	04 ans	Arrêt des bus	- En descendant du bus, l'agent voulait fermer la porte, alors que le chauffeur démarrait sans que l'agent puisse enlever sa main du poignet de la porte.  * Accident dû à un geste précipité de la part du chauffeur de bus.	Contusion Epaule droit et Cou	Sans
Jeudi 28/01/10 à 14h 45	44 ans	P/PF	Opérateur Polyvalent	23 ans	Appoints, NALCO, CCW, T 400.	- Pendant l'opération d'appoint NALCO, CCW, l'agent s'est vu projeté du produit sur sa main droite.  * Accident dû : - EPI (gants) en mauvaise état. - Conditions de travail.	Brûlures superficielles Main droite.	Sans

Suite du tableau2 :

DATE ET HEURE	AGE	Dep/ Sce.	FONCTION	ANC.	LIEU	CIRCONSTANCES D'ACCIDENT	NATURE & SIEGE DE LESIONS	NOMBRE JOURS ARRET
Dimanche 28/02/10 à 10h 55	45 ans	P/ PF	Opérateur	23 ans	Escalier à proximité de la D 307, T 300	- En faisant une ronde régulière, l'agent rata une marche de l'escalier qui mène au couloir zone chaudières T-300 et tomba par conséquence.  * L'état des lieux ne présente aucune anomalie pouvant générer un accident. Celui-ci est dû à l'inattention et à la routine.	Contusion Thorax, pied et poignet gauche	Sans
Dimanche 21/03/10 à 15h 30	18 ans	G/ GC	Apprenti Chaudronnier	1 mois	Trottoir Avenue B5 En face CCR	- Pendant qu'il marchait sur le trottoir, en face de la salle CCR, et en faisant un faux geste, l'agent s'est tordu la cheville gauche, récemment blessée en dehors du complexe.  * Accident dû à l'état physique de la victime qui n'est pas encore guérie de sa cheville. (Trottoir en question ne présente aucun défaut)	Entorse Cheville gauche	05 jrs
Jeudi 08/04/10 à 9h 00	27 ans	M/ MI	Magasinier	6 ans	Magasin Coopérative GLIZ	- Pendant qu'il pesait du sucre avec une balance à proximité d'une armoire C10 (porte d'un casier était ouverte), l'agent frappa involontairement l'armoire avec sa main et par conséquence les poids se trouvant dans le casier (stockage) se renversèrent sur sa poitrine  * Accident dû aux mauvaises conditions de travail (stockage de poids inadéquat)	Fracture d'une Cote, Thorax	17 (10+7) jrs
Dimanche 09/05/10 à 21h 00	29 ans	P/PF	Opérateur	2 ans	Section Décarbonation T200	En constatant que le niveau, LIC 204, commençait à monter, l'agent a voulu vidanger l'excès à travers la purge de la pompe de lavage, J 510, vers le puisard MEA, et ce par le biais d'un flexible à eau, ce dernier s'est détaché de la purge et la MEA s'est projetée sur son visage.  * Accident dû : - Système de vidange LV 204 non opérationnel. - Connexion et fixation du flexible - Au non port des EPI (Lunettes)	Ulcération conjonctivale  Yeux	Sans
Mardi 11/05/10 à 13h 55	17 ans	S/ APS	Secrétaire Apprentie	4 mois	Secrétariat APS	- En voulant chercher un dossier dans le casier inférieur de l'armoire, C4, la victime exerça une force pour le tirer, le casier en question avait des glissières détériorées, et par conséquence tomba sur son pied gauche.  * Accident dû à l'état dégradé de l'armoire.	Traumatisme Pied gauche	Sans



Suite du tableau2 :

DATE ET HEURE	AGE	Dep/ Sce.	FONCTION	ANC.	LIEU	CIRCONSTANCES D'ACCIDENT	NATURE & SIEGE DE LESIONS	NOMBRE JOURS ARRET
Dimanche 23/05/10 à 12h 30	20 ans	RT	Secrétaire Apprentie	1 ans	Escaliers ADM, menant à la cantine	- En descendant les escaliers ADM qui mènent à la cantine, la victime s'est tordue sa cheville et glissa par conséquence  * L'accident est survenu à un moment de distraction de la victime.	Entorse Pied droit	05 jrs
Mercredi 02/06/10 à 15h 50	48 ans	P/PU	Opérateur	28 ans	Dégazeur TG3, Utilités	- Lors de l'opération de régulation du niveau dégazeur TG, par le biais d'une vanne à chaîne, retour condensat, l'agent exerçait une force pour faire tourner le volant (volant relativement coincé), alors que l'écrou de fixation était dévissé, et par conséquence le volant s'est détaché de la tige et tomba sur la victime.  * Accident dû : - Ecrou mal fixé sur le volant.	Plaie Tête + lèvre inférieure	04 jrs
Mercredi 02/06/10 à 16h 10	54 ans	P/PF	Chef de quart	30 ans	DC2, T500	- Afin de vérifier l'état du PSE, la victime a manœuvré la vanne de retour condensat du rebouilleur E733, alors qu'une quantité de condensat était piégée dans la conduite inférieure et par incidence, il s'est vu projeté du haut par ce condensat.  * Accident dû : - Manque de préparation du travail	Brûlure Epaule	Sans
Lundi 21/06/10 à 7h 40	54 ans	P/PF	Opérateur polyvalent	29 ans	Escaliers salle LCR T100, 200	En descendant les escaliers de la salle de contrôle, l'agent rata la dernière marche, perdit l'équilibre et s'est tordue la cheville par conséquence.  * Accident dû à l'état physique de la victime à un moment de distraction.	Entorse Cheville, Pied droit	Sans
Mardi 16/11/10 à 06h 30	57 ans	P/PF	Chef de quart DCS	35 ans	Salle d'eau, LCR T500-600	- En entrant la salle d'eau (complètement inondée) de la LCR T500-600 pour se laver, la victime perdit l'équilibre et tomba sur sa nuque, heurtant ainsi une marche en béton conçu dans le but de circonscrire les fuites d'eau. * Accident dû à l'état du sol	Traumatisme crânien	Sans
Lundi 22/11/2010 à 10h 15	46 ans	T/TI	Inspecteur Equipement	24 ans	A proximité de le Torche froide	- Lors de l'inspection des travaux d'excavation à proximité de la torche froide, l'agent a reçu un coup sur son avant bras d'une cornière qui s'est renversée sur lui.  * Accident dû à une mauvaise appréciation du risque.	Plaie Avant bras	Sans

**Causes communes des incidents :**

Les causes directes les plus fréquentes des incidents mentionnés ci-dessus sont :

- Préparation ou planning inadéquat avant de commencer les travaux.
- Éducation ou formation inadéquate.
- Modification de méthode de travail faite sans autorisation ni identification appropriée des risques.
- Supervision des travaux inappropriée.
- Manque de connaissances.
- Consigne de travaux manquante ou peu claire, ou évaluation des risques non prise en compte dans les consignes de travaux.
- Système de management de la sécurité non respecté.
- Modifications de projets faites sans autorisation.
- Équipements inappropriés.
- Matériaux inappropriés.
- Manque de maintenance correcte.
- Manque de signalisations des dangers.
- Manque de système approprié de maîtrise des risques.

### *III/- Les méthodes d'analyse du risque*

#### **III.1- Généralité :**

Depuis plusieurs années, les activités sont focalisées sur la problématique du diagnostic. Nous sommes convaincus que ce thème est aujourd'hui plus que jamais un thème de recherche pertinent. La sécurité est en effet au cœur des préoccupations de la société d'aujourd'hui. Les enjeux tant économiques, sociétaux qu'environnementaux en font un des axes majeurs d'innovation pour l'industrie actuelle qui s'appuie sur des recherches théoriques mais également appliquées. Aujourd'hui la conception et l'exploitation des systèmes doivent être abordées en intégrant une dimension sécurité dont le diagnostic fait partie intégrante.

Dans de nombreux domaines de l'industrie, la maîtrise des processus de vieillissement des installations constitue un enjeu important. Il est en effet essentiel d'anticiper et de limiter les dégradations liées aux altérations des matériaux et des structures avec le temps afin d'optimiser la maintenance et donc l'impact sur l'environnement dans un contexte de développement durable, tout en garantissant la sécurité de l'exploitation.

Il s'agit de définir et d'appliquer sur un cas d'étude (complexe GL1Z) une méthodologie d'analyse de risque en vue d'établir un diagnostic et une surveillance du procédé lié au GNL, de faire ressortir les informations manquantes indispensables pour confirmer ce diagnostic et rédiger des spécifications techniques pour la réalisation d'études, d'inspections ou de contrôles.

La mission consiste à élaborer un diagnostic et une surveillance du procédé lié au GNL en s'appuyant sur l'analyse de risques de chaque composant de l'installation (méthodologies de type APR, AMDEC...).

#### **III.2- Les différentes méthodes d'analyse du risque : [INERIS]**

##### **L'Analyse Préliminaire des Risques professionnels :**

L'analyse préliminaire des risques professionnels consiste à répertorier, au sein d'une entreprise, tous les types de risques qui sont connus ou qui pourraient se manifester. Cela consiste principalement à repérer et identifier, dans une entreprise ou pour un processus de fabrication : des substances ou préparations dangereuses, des équipements dangereux et des opérations dangereuses. Pour plusieurs raisons, dont celle de l'obligation de résultat de l'employeur, celui-ci ne peut se permettre d'oublier un risque.

L'analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques et ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée. Elle est bien utile dans certaines situations, par exemple, pour fournir une première analyse de sécurité au stade de la conception d'une installation ou bien encore, dans une installation existante, comme préalable à une évaluation des risques ou à l'élaboration du document unique.

### III [Les méthodes d'analyse du risque]

L'INRS propose des brochures et divers autres documents pour l'identification et le classement des risques en fonction des branches d'activité :

- » Circulation routière (à l'extérieur et à l'intérieur de l'entreprise),
- » Addictions (alcool, drogues, etc.),
- » Risques psychosociaux (charge de travail, handicap, stress, harcèlement, agressions et violences physiques ou verbales, etc.),
- » Incendie / explosion (émanation de gaz ou vapeurs, source d'ignition par point chauds, défaut d'organisation des secours, etc.),
- » Ambiance de travail (bruit, éclairage, chaud, froid, confort thermique, aération et assainissement, qualité de l'air, qualité de l'eau, etc.),
- » Équipements de travail (machines, systèmes, appareils à pression, etc.),
- » Produits dangereux, risque chimique et cancérigène (stockage et utilisation des produits neufs, élimination des déchets, etc.),
- » Électricité (contact avec une partie métallique sous tension ou un conducteur électrique, etc.),
- » Amiante, silicose, inhalation de poussières,
- » Chute (chute de plain pied, chute de hauteur, etc.),
- » Manutention manuelle (troubles musculo-squelettiques, blessures liées aux efforts physiques, etc.) et mécanique (utilisation d'appareils ou matériels de levage fixes ou mobiles),
- » Intervention d'entreprises extérieures,
- » Agents biologiques (contamination, infection ou allergie à ces produits, travail avec des animaux, etc.),
- » Rayonnements (lasers, ultraviolets, ionisants et non ionisants, etc.),
- » Hygiène et sécurité (non-respect des règles d'hygiène et d'hygiène alimentaire, non organisation du travail, non-respect de l'obligation de formation, etc.),
- » Travail sur écran (ergonomie, gestes et postures)
- » Projections.
- » Utilisation de gaz et de liquides cryogéniques.
- » Autres risques liés à certaines activités (opérations de chargement, déchargement, permis de feu, etc.)

#### **L'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) :**

Initialement, la méthode s'appelait AMDE (Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets). Il s'agissait d'une méthode d'analyse de sûreté de fonctionnement, c'est-à-dire portant sur la fiabilité, la disponibilité, la " maintenabilité " et la sécurité du système. La méthode était développée par l'armée états-unienne. Cette méthode était rapidement et largement utilisée dans l'aérospatiale. La méthode, à laquelle on avait ajouté l'estimation de la criticité (AMDEC) arrive en Europe, dans les années 1970 et est surtout appliquée dans les secteurs de l'aviation, de l'automobile, dans le nucléaire et dans l'industrie chimique.

La méthode AMDEC implique le recensement et l'évaluation systématique de tous les risques potentiels d'erreurs susceptibles de se produire à chacune des phases de réalisation d'un système.

La méthode comporte quatre phases : d'abord le système est découpé en composants (1), puis on recense les modes de défaillance des composants (2), ensuite on évalue les effets et les conséquences des modes de défaillance (3), enfin on mesure les risques qui découlent des défaillances des composants (4).

La méthode AMDEC nécessite l'intervention d'une équipe pluridisciplinaire d'experts. C'est ce dernier point qui distingue l'AMDEC des cercles de qualité. Ces experts vont déterminer les triplets Cause - Mode - Effet à partir des éléments du système.

La méthode AMDEC est souvent critiquée pour ses lourdeurs et son coût. Elle reste pourtant très pratique et très performante dans certaines industries à haut risque pour la raison que cette méthode oblige à travailler continuellement sur des plans de contrôle et la nature des tests nécessaires pour l'élaboration des systèmes et la sollicitation de ses fonctions.

Parce que la méthode AMDEC s'applique dès la phase de conception, au cours de laquelle il est possible d'apporter des modifications à des stades précoces, elle aide à prévoir, ce qui est moins coûteux ou risqué que d'être obligé de revoir.

Généralement, et en dépit de quelques limites, on admet que la méthode AMDEC permet de mettre en évidence des situations auxquelles on peut être amené, un jour, à faire face et qu'il vaut mieux d'en évaluer la gravité. Cela passe par l'évaluation des risques induits par une défaillance sur un composant et par l'identification des faiblesses du système. Cela implique de prévoir une maintenance à la fois préventive et corrective sur les composants et de réfléchir aux éventuelles modifications qu'il faudrait apporter aux composants au moment de leur conception. Cela demande de prévoir et de hiérarchiser les modes d'exploitation et les règles de maintenance en considérant le système décomposé en composants, mais aussi globalement. C'est finalement la vision globale qui est la mieux à même d'offrir des indications sur l'évolution du système quand on y introduit des modifications et des correctifs. Cette vision globale doit pouvoir être perçue par le plus grand nombre possible d'acteurs des réseaux du système.

#### **La Méthode QMU :**

La méthode QMU pour Quantification of Margins and Uncertainties (Quantification des Marges et des Incertitudes) a surtout été employée aux États-Unis, dans le cadre de la sûreté et de la fiabilité des armes nucléaires.

Cette méthode est très apparentée à l'AMDEC. Elle est basée sur la détermination d'un facteur de confiance valable pour chaque mode de défaillance. Le facteur de confiance est le quotient de la valeur de la marge par la valeur de l'incertitude. La valeur de la marge est la distance qui sépare le système des limites de sécurité. L'incertitude est celle de la mesure de la marge. Une installation, un équipement, un système, une arme, etc. sont considérés comme fiables dès lors que tous les facteurs de confiance pour chacun des dysfonctionnements possibles demeurent nettement supérieurs à 1. Dès qu'un seul facteur est proche ou inférieur à 1, la fiabilité est mise en question.

On procède alors à un certain nombre d'opérations correctives (remplacement d'éléments usés ou défectueux, améliorations techniques, etc.) afin de retrouver un niveau de fiabilité conforme.

#### **L'arbre des causes :**

L'arbre des causes est une démarche de retour d'expérience. C'est une analyse a posteriori qui vise à réécrire le scénario d'un accident, d'un incident ou d'un dysfonctionnement. C'est une approche déterministe. L'objectif initial d'un arbre des causes est d'identifier les faits inhabituels qui ont interféré avec le déroulement habituel d'une séquence en provoquant son interruption ou son dysfonctionnement à la suite d'un accident ou d'un incident.

L'identification des faits retenus comme significatifs ne peut se faire qu'au terme d'une double interrogation sur la pertinence et la validité du fait, autrement dit le fait était-il nécessaire pour que l'accident se produise ? Le fait était-il suffisant pour expliquer qu'il y ait eu accident ? Au-delà de la prise en compte exhaustive (?) des causes qui ont contribué à la survenue d'un événement non souhaité, les autres objectifs de l'arbre des causes sont d'ordres organisationnels, d'une part, et relatifs à la prévention, d'autre part. Sur le plan organisationnel, l'arbre des causes peut apporter, au réseau d'acteurs, une meilleure connaissance et une plus grande conscience des fonctionnements et des dysfonctionnements du système. Il doit permettre de se rendre compte si une procédure ou un projet comportent des risques irréductibles, donc inacceptables, au point qu'il faille les abandonner sans délai. Il doit permettre, aussitôt que les dysfonctionnements d'un système sont clairement identifiés, de solliciter les compétences les meilleures pour travailler sur la réduction et la maîtrise des risques et de leur donner les moyens que leurs efforts vont nécessiter. Il est évident que c'est l'importance des moyens alloués qui décident de l'ampleur des efforts mis en oeuvre.

Sur le plan de la prévention, l'arbre des causes peut être en mesure de stimuler l'imaginaire en matière de recherche de solutions originales et novatrices pour diminuer la probabilité de retour de l'événement non souhaité et de réduire ses effets. On n'oubliera pas que le déroulement habituel d'une tâche est le résultat d'automatismes comportementaux normalement récompensés. Ils s'inscrivent donc dans une routine et dans une relative perte de vigilance dont on sait qu'ils sont des facteurs aggravants dans la probabilité de survenue d'incidents ou d'accidents (accidents sur les trajets habituels, par exemple).

#### **L'arbre de défaillance :**

Un arbre de défaillance est une étude a priori qui vise à décortiquer les façons dont un événement recherché ou un événement non souhaité apparaît à la suite de la combinaison et de l'enchaînement d'événements antérieurs.

Le principe de construction et de visualisation d'un arbre de défaillance part de l'événement final et remonte au fur et à mesure vers le ou les événements initiateurs. La présentation se fait généralement de bas en haut. Tout en haut, on place l'événement final. À la première ligne inférieure, on place les événements en relation directe avec l'événement final. Chaque ligne inférieure suivante correspond à un niveau plus ancien d'influence de l'événement sur l'événement final. On procède ainsi de suite jusqu'aux événements initiateurs. Chaque niveau est relié au précédent et au suivant par des liens logiques ET et OU. Le plus souvent, chaque niveau événementiel est pondéré, par exemple, par une probabilité d'occurrence ou d'effet. La probabilité cumulée dans l'arbre permet d'apprécier la probabilité finale d'occurrence ou d'effet d'un événement final en fonction de la survenue d'un événement initiateur.

Les arbres de défaillance, même pour des systèmes relativement simples, sont rapidement compliqués. C'est la raison pour laquelle, aujourd'hui, on utilise fréquemment des logiciels dédiés pour les organiser, les construire et les publier. En outre, l'estimation probabiliste de chaque niveau censée aboutir à une estimation probabiliste finale est forcément une approximation (incertitudes et marges). On veillera à ce que la probabilité finale d'un événement, au terme de " savants calculs " ait encore une signification probabiliste! Toute probabilité supérieure à 1 ou à 100 % procède évidemment d'une erreur.

#### **L'arbre d'évènement :**

Un arbre d'évènement est une démarche a priori qui vise à prévoir les conséquences ou les impacts probables ou possibles qu'un événement non souhaité peut induire ou avoir dans un système. Le point de départ d'un arbre d'évènement est l'évènement initiateur. Celui-ci peut être une erreur, un dysfonctionnement, une panne, un accident, un sabotage, une agression, une catastrophe, etc. L'arbre d'évènement se traduit par une arborescence d'effets possibles à partir de cet événement initiateur.

Généralement, on pousse la réflexion de manière à ordonner les effets, du plus probable en premier au moins probable en dernier. En effet, l'objectif principal d'un arbre d'évènement est de tracer les cheminements les plus probables qui mènent d'un événement initiateur aux événements non souhaités.

Ce qui va déterminer la finalité d'un arbre d'évènement, c'est le niveau que l'on souhaite atteindre en matière d'importance d'évènement non souhaité. On peut, par exemple, se fixer seulement un objectif d'ENS grave. Mais on peut aussi se fixer d'autres objectifs plus détaillés, par exemple, en suivant les chemins qui mèneront de l'accident grave à différents autres accidents moins graves ou mineurs, à des retards, des pertes ou des arrêts de production. On peut aussi cheminer dans d'autres directions comme, par exemple, les conséquences psychosociales d'un événement initiateur. La construction d'un arbre d'évènement est le plus souvent de nature dichotomique au terme d'un questionnement OUI, alors ou NON, alors.

#### **Le nœud papillon :**

Le nœud papillon est un outil qui combine un arbre de défaillance et un arbre d'événements.

Le point central du nœud papillon est appelé " Événement Redouté Central ". La partie gauche du nœud papillon s'apparente à un arbre des défaillances s'attachant à identifier les causes de l'événement redouté central. La partie droite du nœud Papillon s'attache à déterminer les conséquences de l'événement redouté central comme le ferait un arbre d'événements.

#### **La Méthode HACCP :**

Définitions et missions de l'HACCP: L'objectif de l'HACCP est de garantir la qualité des aliments et par voie de conséquence la sécurité des consommateurs.

Dans une démarche HACCP, on observe quatre étapes : l'analyse des dangers, la maîtrise des points critiques, la surveillance des conditions d'exécution et l'évaluation de l'efficacité.

L'analyse des dangers et l'évaluation des risques : Le danger est défini comme la menace ou l'aléa ; le risque est défini comme la probabilité d'occurrence du danger.

Dans une démarche HACCP, on examinera successivement : La nature de l'agent dangereux (microorganismes, produits et matières premières, additifs, solutions détergentes - désinfectantes, manipulations, stockages, hygiène personnelle et des locaux, intrusions, circuits, équipements, vaisselle, stockage et évacuation des déchets, chambres froides, cuisine, liaisons chaudes et froides, conditions et température de transport, propreté, etc.).

La gravité des conséquences engendrées par un danger dûment identifié (TIAC, empoisonnement, etc.).

La probabilité d'occurrence du danger et celle des conséquences qu'il engendre (La probabilité que du *Clostridium botulinum* contamine des légumes récoltés en plein champ est très grande ; celle que des conserves de haricots verts ou d'épinards soient responsables d'une intoxication botulique est aujourd'hui proche de zéro).

Le risque que l'on évaluera, par exemple, avec les deux paramètres : gravité et fréquence.

La maîtrise des points critiques : Il s'agit principalement de mettre en œuvre les moyens nécessaires et suffisants pour maîtriser les risques. Ces moyens sont essentiellement des mesures préventives qui sont contrôlées soit par des paramètres non mesurables (points déterminants) soit par des paramètres mesurables (points critiques).

La surveillance des conditions d'exécution : Il s'agit de vérifier si le système HACCP mis en place est effectivement suivi à la lettre ou pas. C'est une condition à la fois de maîtrise du processus et de sa traçabilité.

L'évaluation de l'efficacité : L'évaluation de l'efficacité, comme ce titre l'indique, consiste à vérifier que les procédures HACCP protègent effectivement et efficacement les consommateurs. Cette évaluation permet aussi de progresser et de rendre les procédures HACCP plus performantes sur certains points critiques ou points déterminants.



#### **La Méthode HAZOP:**

La méthode HAZOP est l'acronyme de HAZard and OPerability study. C'est une méthode basée sur l'analyse des déviations. Cette méthode est surtout employée dans les équipements industriels qui utilisent des procédés thermo - hydrauliques, comme les raffineries de pétrole, les plateformes pétrolières off shore, les usines pétrochimiques, les usines chimiques, les centrales électriques, les installations de stockage ou utilisant le gaz naturel, etc.

La méthode est basée sur l'étude systématique des dérives des paramètres dans une installation afin d'en étudier les origines. La méthode HAZOP n'est pas dédiée, initialement, à l'étude des effets ou des impacts des déviations et dérives, mais son utilisation offre des opportunités pour comprendre et anticiper certains risques technologiques majeurs. Les paramètres qui sont particulièrement étudiés sont la pression, le débit, la température, le niveau, la concentration, la présence d'impuretés, etc. À bien des égards, le déroulement d'une étude HAZOP est sensiblement similaire à celui d'une AMDE.

L'étude des déviations est menée sur la base d'une interrogation avec des mots-clés. Par exemple, Plus va correspondre à une augmentation quantitative ; Moins à une diminution quantitative ; En plus de à une modification qualitative (plusieurs opérations se déroulent en même temps, des impuretés se sont glissées dans le produit, etc.) ; Inverse à une inversion de flux ou à une inversion d'écoulement ; Plus tôt ou Plus tard selon qu'un événement ne se produit pas au moment où on l'attend ; Avant ou Après selon qu'un événement n'arrive pas dans l'ordre séquentiel prévu, etc.

Les mots clés et plus généralement la méthode HAZOP fait l'objet de la norme internationale CEI 61882. Les mots-clés sont ensuite associés à des paramètres : la température, la pression, le débit, le niveau, la concentration, le temps, des opérations à réaliser, etc. pour définir les types de dérives. Par exemple, Moins et Débit signifie que le débit est insuffisant ; Pas de et Niveau signifie que le contenant est vide.

On procède de cette façon systématiquement pour tous les compartiments du système étudié. On vérifie que les dérives sont significatives avant d'en étudier les causes et les conséquences. On examine les moyens à mettre en œuvre pour détecter précocement la dérive afin de prévenir le dysfonctionnement possible ou d'en atténuer les impacts. On peut proposer des recommandations ou des améliorations pour les procédures ou les conduites. Comme c'est souvent le cas, la méthode HAZOP est une méthode continue, c'est-à-dire que quand toutes les procédures sont menées à terme, il est nécessaire de reprendre la procédure depuis le début. C'est à cette condition que la sécurité est garantie sur la durée.

#### **La méthode What If (Que se passe-t-il ...Si ?) :**

Se distingue de la méthode HAZOP au sens où au lieu combiné des mots-clés avec des paramètres pour définir des dérives, on pose la question : Que se passe-t-il ... Si... ? Le Si conditionne qu'un paramètre, une procédure, un comportement, etc. serait différent de celui qu'on attendrait.

Les méthodes HAZOP et What If sont des méthodes qui ne sont vraiment utilisables qu'au sein d'une entreprise par des experts qui connaissent très bien cette entreprise et les procédés mis en œuvre.

#### Le diagramme d'Ichikawa :

Le diagramme de cause à effets d'Ichikawa est très caractéristique d'une production post remue-méninges. Le principe n'est pas fondamentalement différent de celui d'un arbre des causes, à cela près que dans le diagramme d'Ichikawa, on s'intéresse et retient toutes les causes et non pas seulement les faits probants. C'est une manière de mesurer le qualitatif.

Ce diagramme est aussi appelé diagramme en arête de poisson suite à la façon dont on le construit. En effet, le diagramme d'Ichikawa s'appuie sur un parcours principal conduisant à un effet, le plus souvent symbolisé par une flèche. Sur ce parcours, viennent se greffer plusieurs types de causes et de sous-causes censées apporter une explication rationnelle et causale à un effet donné.

Cette méthode est tout à fait adaptée pour traiter tous les problèmes possibles et imaginables de cause à effet. Dans les entreprises ou les établissements, on retient fréquemment 5 à 7 causes principales dont les noms commencent tous par un M, d'où une autre appellation : diagramme des 5 à 7 M. Ces 7 causes sont :

- ❖ **Les Matières** qui regroupent tout ce qui est consommable : c'est selon les matières premières, les déchets, les fluides, le papier, l'encre, les produits alimentaires, le café ou le jus de fruit du distributeur, etc.
- ❖ **Les Matériels** qui regroupent tout ce qui fait partie de l'équipement : c'est selon les machines-outils, les véhicules, les outils, le parc informatique, les logiciels, etc. Le plus souvent les locaux sont inclus dans cette catégorie.
- ❖ **Les Méthodes** qui regroupent tous les savoir-faire et tous les pouvoir-faire, les modes opératoires, les procédés, les approches pédagogiques, la recherche et le développement, les initiatives, les innovations, etc.
- ❖ **La Main-d'œuvre** qui regroupe tous les personnels. Il arrive que cette notion de main-d'œuvre soit élargie à toutes les personnes présentes à un moment ou un autre dans le système et fassent partie, de facto, du réseau d'acteurs du système. Ce peut être le cas de visiteurs ou encore d'intrus.
- ❖ **Le Milieu** qui correspond généralement à l'environnement, mais qui peut aussi être compris davantage comme le contexte d'un moment. Les conditions de travail, l'ambiance et les relations de travail, les contacts entre les acteurs du réseau à l'intérieur du système ou avec d'autres systèmes font aussi partie du milieu.
- ❖ **Le Management**, autrement dit la gestion dans toutes ces acceptions possibles (production, maintenance, ressources humaines, sûreté, santé et sécurité, environnement et déchets, etc.).
- ❖ **Les Moyens financiers**, autrement dit les investissements, les amortissements, les budgets de fonctionnement, les salaires, les relations avec les actionnaires, les stock-options, etc.

Parmi les avantages offerts par le diagramme d'Ichikawa, on peut retenir que son élaboration implique un nombre très important d'acteurs dans un réseau ; dans une entreprise, pratiquement du " plus petit " personnel au directeur. On peut aussi retenir que son mode de présentation graphique est assez facile à comprendre et à visualiser.

Les méthodes pour travailler sur des problèmes de causes à effets sont très nombreuses. On peut en citer quelques autres :

**Le diagramme de pareto** est un graphique représentant l'importance de différentes causes sur un phénomène. Ce diagramme permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effets et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer une situation.

**La méthode QQQQCCP** : Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Combien ? Pourquoi ? Cette méthode est plutôt utilisée dans la préparation de projets et de rapports en gestion de la qualité. Elle est aussi utilisée dans de nombreux autres secteurs. Il s'agit principalement de recueillir le maximum d'informations sur un sujet à traiter, puis de les organiser en QQQQCCP de manière à ne rien oublier lors de la rédaction ou de l'exécution du projet ou de la tâche. La méthode QQQQCCP est souvent la première étape de la construction de la roue de Deming.

**La roue de Deming ou PDCA** est l'illustration d'une méthode qualité proposée par W.E. Deming dans les années 1950. La roue de Deming est représentée sur un plan incliné et comporte quatre secteurs : Plan, Do, Check, Act. L'idée est que si la roue continue de grimper sur le plan incliné, c'est que la qualité d'un produit, d'un service, d'une action de prévention, ... s'améliore.

- ❖ La première étape **Plan** (préparer, planifier) comporte trois paliers qui sont l'identification des problèmes, la recherche des causes initiales et la recherche des solutions.
- ❖ La deuxième étape **Do** consiste, comme le nom anglais le suggère, à mettre en œuvre, la ou les solutions retenues.
- ❖ La troisième étape **Check** consiste à vérifier et contrôler que la ou les solutions retenues sont efficaces vis-à-vis du problème initial qui avait requis cette recherche de solution.
- ❖ La quatrième et dernière étape **Act** consiste à homologuer la solution dès lors qu'il apparaît qu'elle est efficace. Cela ne veut pas nécessairement dire que la ou les solutions retenues ne puissent plus évoluer et être améliorées. En théorie, la roue aura fait un tour complet et c'est la phase Plan qui revient. Autrement dit, la ou les solutions retenues devront être confrontées à des questionnements avec une identification des nouveaux problèmes, la recherche des causes initiales et des solutions à ce nouveau questionnement.

Pour suggérer que l'on empêche à la roue de retourner en arrière et de dévaler le plan incliné, on ajoute souvent une cale à l'arrière de la roue de Deming. Cette cale, dans les faits, correspond à tous les systèmes d'information (documentation, audits, etc.) qui instruisent le système.

Les outils méthodologiques sont basés en particulier sur la sûreté de fonctionnement qui repose essentiellement sur les performances des systèmes techniques, dont l'objectif est le maintien de la qualité d'un produit ou d'un système tout au long de son cycle de vie à moindre coût. Quant à la responsabilité des hommes, elle est réduite à l'application de procédures et de règles préalablement établies et considérées comme fiables et pertinentes à toutes épreuves.

Intervenant dès la conception ainsi qu'en phase d'exploitation d'un système, la SdF contribuait à optimiser le couple « performance-coût ». Or ces pannes pouvaient engendrer des risques conduisant à l'absence du service (problème de fiabilité), entraînant des pertes de production (problème de disponibilité et/ou de maintenabilité) ou provoquant des accidents avec ou sans pertes humaines et des atteintes à l'environnement (problème de sécurité). Et dans ces situations de dépassement, les systèmes techniques sont dépassés et les collectifs humains s'organisent pour y faire face.

Quel que soit l'objectif de l'étude de SdF ayant pour objet un système industriel donné, il est d'abord nécessaire d'en modéliser le comportement fonctionnel et dysfonctionnel ou la logique de défaillance, puis de réaliser une évaluation de ses performances sur la base de ces modèles, afin de pouvoir aider à la prise de décision qui conditionnera le devenir de ce système, sachant que dans le cœur du dispositif, le facteur humain est le levier principal.

#### III.3- La Sûreté de fonctionnement (SdF) : [12]

Dans l'industrie, on parle de plus en plus de **sûreté de fonctionnement**. Cette discipline, qui a acquis ce nom et sa forme actuelle principalement au cours du dernier demi-siècle et dans les secteurs de la défense, de l'aéronautique, de l'espace, du nucléaire, puis des télécommunications et des transports, serait désormais utile, voire indispensable, à tous les secteurs de l'industrie et même d'autres activités.

Quel intérêt pour mes activités (ou celles de mon entreprise) ?

Quelle forme l'utilisation de la sûreté de fonctionnement peut-elle revêtir ?

De quoi s'agit-il ?

La sûreté de fonctionnement est une riche palette de méthodes et de concepts au service de la **maîtrise des risques**.

La sûreté de fonctionnement n'est pas un but en soi, mais un moyen ou un ensemble de moyens : des démarches, des méthodes, des outils et un vocabulaire. Le but qui impose le recours à la sûreté de fonctionnement est plus reconnaissable sous le terme de « maîtrise des risques ». On verra que c'est le souci de prendre des décisions optimales et justifiées (la recherche du « juste nécessaire ») en face des événements incertains, en particulier des échecs ou des accidents qui impose le recours aux techniques d'**identification**, d'**évaluation**, d'**acceptation** ou de **réduction** du risque, qui constitue cet ensemble que l'on a appelé la sûreté de fonctionnement.

Les démarches de la sûreté de fonctionnement et les caractéristiques qui en expriment les résultats permettent de placer dans un système étudié une confiance justifiée et partageable (confiance dans son efficacité et son innocuité).

Comme il est habituel avec ce type de mots ou d'expressions, « sûreté de fonctionnement » désigne à la fois un ensemble de moyens et un ensemble de résultats produits par ces moyens. Une forme d'esprit particulière dans la considération portée aux systèmes (en particulier industriels, mais rien ne justifie de se limiter à l'industrie) ; des démarches, méthodes et outils propres à connaître, caractériser et maîtriser les effets des **aléas**, des **pannes**, des **erreurs...** ; des caractéristiques des systèmes (produits, services, systèmes de production, installations, etc.), exprimant la conformité dans le temps (constance, fréquence de la conformité) de leurs comportements et actions avec des attentes plus ou moins explicites (on note la proximité de ces notions avec la qualité) : **sécurité**, **fiabilité**, **disponibilité**, **maintenabilité**, voire **invulnérabilité**, **capabilité**, **coût global de possession**, **survivabilité...**

Par extension, on parle de la « sûreté de fonctionnement d'un système » comme la caractéristique de ce système qui permet de placer en lui une confiance justifiée. C'est d'une simplicité séduisante et trompeuse. La confiance dépend de ce à quoi on accorde de l'importance (innocuité, productivité, qualité... ?) et des valeurs relatives de ces caractéristiques ; elle repose sur un ensemble de démarches et s'exprime par un ensemble de caractéristiques, en particulier des disponibilités et de la sécurité. C'est un atout majeur du concept de sûreté de fonctionnement de réunir des approches motivées par la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité, mais c'est un piège de vouloir réduire à une valeur (qui s'appellerait la sûreté de fonctionnement du système) le résultat de ces démarches.

Les caractéristiques pertinentes pour exprimer les fondements de la confiance que l'on place et que l'on veut transmettre dans son système prennent des formes (des noms et des définitions) propres au système dont il s'agit, aux cultures des acteurs concernés, à leurs vocabulaires. Fondamentalement, il s'agit toujours de disponibilité et de sécurité fondées sur des fiabilités et des maintenabilités élémentaires, mais le foisonnement des vocabulaires en usage dans les différentes branches de l'industrie (et encore plus si on élargit au-delà du monde industriel) prouve que chacun a besoin de notions propres adaptées à son contexte.

Par contre, les démarches et méthodes, même cachées sous des noms divers et variés, s'avèrent universelles. En matière de sûreté de fonctionnement (et pas seulement là), il nous paraît infiniment plus important de comprendre une démarche et un raisonnement, quitte à réinventer le vocabulaire en l'appliquant, que d'apprendre des définitions et des règles, d'utiliser des outils en se laissant guider par eux. Cette dernière pratique, très répandue, conduit malheureusement assez souvent à des conclusions gravement erronées.

La sûreté de fonctionnement n'est que du bon sens organisé et systématisé. S'en éloigner en se laissant conduire par une recette ou une méthode à l'encontre du bon sens est, à coup sûr, s'exposer aux pires dangers d'erreurs graves.

Maîtriser les risques est une attitude naturelle que chacun pratique ; mettre en œuvre la sûreté de fonctionnement, c'est professionnaliser cette attitude, la systématiser, l'optimiser, l'explicitier. Concrètement, cela peut se limiter à un état d'esprit spécifique, à quelques questions que l'on se pose systématiquement ; cela peut aussi, à l'inverse, mobiliser des équipes hautement spécialisées en calcul de probabilités, essais, modélisations, analyses, recueil et traitement de données... À chacun son activité, son besoin, ses enjeux, à chacun sa sûreté de fonctionnement, mais le principe en est toujours le même.

Par ailleurs, les accidents, comme Bhopal, Challenger et Tchernobyl et bien d'autres, viennent nous rappeler régulièrement les limites de la seule maîtrise technique. Celle-ci n'est pas encore en mesure de le remplacer et la réalité du terrain investit un univers ouvert, non connaissable de façon déterministe et dont les frontières se déplacent en permanence. Auquel cas, il appartient à l'homme de définir à chaque instant où situer la frontière, hiérarchiser les priorités dans ce qui doit être pris en compte, et faire face aux événements non souhaités. C'est grâce à sa culture du doute, qu'il ne partage pas avec les machines, l'homme demeure en éveil, aux avant-postes d'un système ouvert.

La démarche d'organisation classique des entreprises se faisait en quatre phases : analyse de l'existant, diagnostic, recherche de solutions, choix d'une option pour remédier à une difficulté. Mais les outils mis en œuvre restaient insuffisants car ils n'offraient aucun moyen de quantification des sources de problème ou des risques encourus, ce qui rendait difficile voire impossible la hiérarchisation de leur criticité dans une vision globale et interactive.

Cependant, en considérant l'entreprise, en entité globale à composantes humaine, informatique et technologique, l'approche systémique représenterait un point de départ nécessaire pour tout ce qui concerne la sécurité dans le sens de l'innocuité des systèmes vis-à-vis de l'environnement (sécurité des personnes et des biens, sécurité écologique.), tant en fonctionnement normal qu'en cas de défaillance. Si la sûreté de fonctionnement a d'abord pour objectif de répondre, aux exigences de fiabilité du système particulièrement contraignantes dans certains cas, aux exigences de disponibilité ensuite, en mettant en jeu des propriétés de fiabilité, de maintenabilité intrinsèques au dispositif, et d'efficacité de son système de maintien en condition opérationnelle, la démarche systémique, elle, permettra de répondre à des attentes de qualité de service sécurisé généralement sous-tendues par des impératifs économiques dans un univers interactif. Cela implique non seulement une action sur les équipements, les équipements et les logiciels les régulant mais également sur le management de l'activité en question dans son interaction avec l'environnement global.

De ce fait, l'approche systémique (qui est une méthode de Sécurité des installations/établissements et qui vise, en se centrant sur ces derniers, à protéger des cibles multiples d'effets provoqués par des flux qui en sont issus) prend en charge la contribution au rôle fondamental du facteur humain dans le management des risques.

Donc, une approche en système global est nécessaire pour prendre en compte toutes les combinaisons de menaces et détecter les vulnérabilités des maillons faibles de défenses mis en place et de développer des mécanismes résilients ainsi qu'une défense en profondeur fiable. La transformation d'un besoin donné en sa matérialisation en système lui donnant une vie, met en œuvre de multiples activités intellectuelles, permettant la traduction de concepts abstraits en produits concrets. Et il est question de la représentation tant du problème que de ses solutions possibles à différents niveaux d'abstraction pour appréhender, conceptualiser, concevoir, estimer, simuler, valider et justifier des choix de mise en œuvre. Et la complexification des systèmes et des produits conduit inévitablement à une démarche de modélisation systémique.

Car et tout simplement, l'approche systémique répond non seulement aux problèmes de la SDF, qui a une vision microscopique sur le système étudié mais aussi et qui est le grand privilège de cette approche est la vision macroscopique sur le système étudié. Cette méthode est dite MADS-MOSAR.

#### III.4- La présentation de la méthode MADS-MOSAR : [16]

La méthode MOSAR (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risque) est proposée par Pierre PERILHON \*.

La méthode est un ensemble ordonné de manière logique, de principes, de règles, d'étapes, permettant de parvenir à une analyse des risques d'un système. Elle s'appuie sur la méthodologie d'analyse des dysfonctionnements des systèmes (MADS). Cette méthode offre des outils pour analyser et neutraliser les risques techniques dans les installations humaines, aussi bien au stade de leur conception que sur des installations existantes (diagnostic).

Les objectifs de la méthode sont :

1. MADS-MOSAR est une méthode générique qui permet d'analyser les risques sociotechniques d'une installation et d'identifier les moyens de prévention nécessaires pour les neutraliser. Elle s'applique aussi bien dès la conception d'une installation nouvelle qu'au diagnostic d'une installation existante à toutes ses phases de vie.
2. Elle constitue également un outil d'aide à la décision par les choix qu'elle met en évidence ou en exergue.
3. La connaissance des scénarios et de leur neutralisation facilite la construction des plans d'intervention (PPI, POI).

La méthode MOSAR s'articule autour d'une vision macroscopique des risques et une vision microscopique des risques :

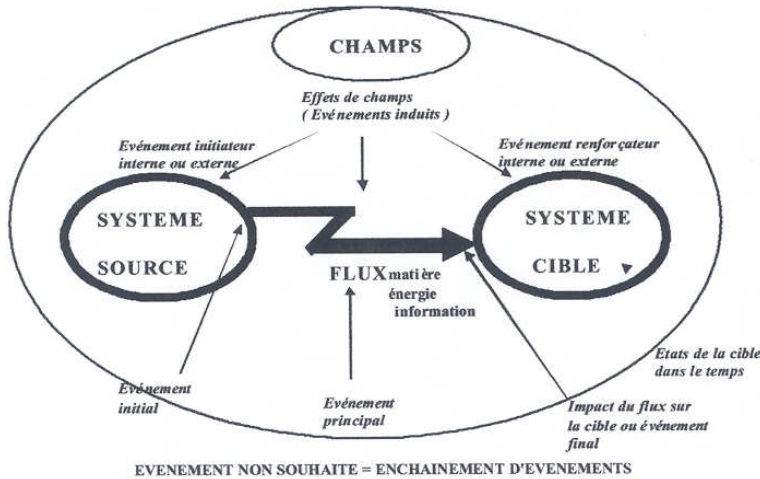
- ❖ La vision macroscopique (premier module de la méthode) consiste à réaliser une analyse des risques principaux. L'installation est modélisée. Autrement dit, elle est découpée en systèmes de proximité potentiellement sources de danger, les sources de dangers sont identifiées, puis les scénarios d'accidents sont envisagés et hiérarchisés, des objectifs sont définis et les moyens de prévention pour les atteindre sont arrêtés. L'acceptabilité des risques est négociée avec les acteurs du système, par exemple, au moyen d'une grille probabilité/gravité.
- ❖ La vision microscopique (deuxième module de la méthode) consiste à réaliser une analyse détaillée de tous les dysfonctionnements techniques et opératoires apparus au cours du premier module. Au cours de cette phase, des outils particuliers et spécifiques sont mis en œuvre (AMDEC, HAZOP, Arbre des causes, Arbre des défaillances, etc.). Au cours de ce module, on s'efforcera d'affiner les moyens de prévention et de négocier des objectifs plus précis.

Au terme de ces deux modules, tous les scénarios de dysfonctionnements doivent avoir été prévus, identifiés et les informations nécessaires à l'instruction de la prévention des risques doivent avoir été rassemblées.

Le premier module est relativement aisé à mettre en œuvre par un technicien ou un ingénieur dans l'entreprise/installation. Le second est beaucoup plus long, parce que beaucoup plus détaillé. En outre, il exige des compétences quant à l'utilisation de certains outils d'évaluation des risques qui ne sont pas nécessairement présentes dans l'entreprise.

\* [Ingénieur de l'École nationale supérieure des arts et métiers (ENSAM), Ancien responsable de sécurité-sûreté au Commissariat à l'énergie atomique (CEA)].

1. **Le premier module ou module A** permet de réaliser une identification des systèmes source de danger principaux, à partir d'une décomposition de l'installation en sous-systèmes, on commence par identifier de manière systématique en quoi chaque sous-système peut être source de dangers. Pour cela, on fait référence à une grille de typologie des systèmes sources de dangers et on utilise le modèle MADS qui relie source de dangers et cibles [Figure 5]. L'utilisation de la technique des boîtes noires permet de générer des scénarios de risques d'interférence entre les sous-systèmes qui, rassemblés sur un même événement constituent un arbre logique ou arbre d'événements.

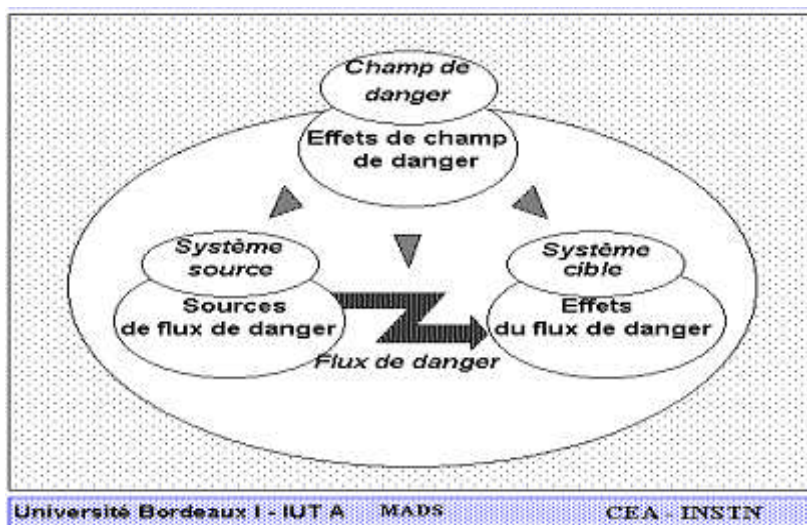


Ce modèle considère qu'un Evénement Non Souhaité est un enchaînement d'événement (initiateurs, initiaux principaux et/renforçateurs) issus d'un système source de danger et ayant un impact sur l'un des quatre systèmes cibles prédéfinis (installation, opérateurs, population, environnement).

Figure 5 : Modèle MADS

Grille de Typologie des systèmes sources de danger : (dans la fabrication, transport et stockage : de matière, d'énergie d'information) [Figure 6].

- Systèmes Sources de Danger d'Origine Mécanique
- Systèmes Sources de Danger d'Origine Chimique
- Systèmes Sources de Danger d'Origine Electrique
- Systèmes Sources de développement d'Incendies
- Systèmes Sources de Danger liés aux rayonnements
- Systèmes Sources de Danger nature Biologique
- Systèmes Sources de Danger liés à l'environnement
- Systèmes Sources de Danger d'origine Economique et Sociale



Trois types de flux de danger :

Les flux de danger de Matière, d'Énergie et d'Informations. Ces flux peuvent être engendrés par des :

(Processeurs de champ, processeurs de temps et d'espace)

Ces flux sont induits par les systèmes sources et cibles (à l'aide de générateurs source ou cible par transformation ou transmutation du flux).

Figure 6: Le processus de danger



### III [Les méthodes d'analyse du risque]

La technique de flux de danger peut être réalisée selon plusieurs points de vue :

Tableau 3 :

Système source	Système cible	Points de vues
Installation	Installation	Sûreté de fonctionnement, sécurité des biens, ...
Installation	Opérateur	Ergonomie, sécurité du travail, conditions de travail ...
Opérateur	Installation	Fiabilité humaine, malveillance interne, ...
Installation	Population	Hygiène et santé publiques, hygiène et sécurité de l'environnement, génie sanitaire, ...
Population	Installation	Malveillance externe, ...
Installation	Ecosystème	Hygiène et sécurité de l'environnement, écologie appliquée, génie sanitaire, ...
Ecosystème	Installation	Risques naturels, étude de site, urbanisme, ...

Université Bordeaux I - IUT A MADS CEA - INSTN

2. **Le deuxième module ou module B** permet de réaliser une analyse détaillée de l'installation et notamment il met en œuvre les outils de la sûreté de fonctionnement pour la recherche des dysfonctionnements techniques des machines et appareils. Il met aussi en œuvre les approches de l'analyse opératoire pour la recherche des dysfonctionnements opératoires.

Un autre développement possible est l'adoption d'un nombre de barrières sur le risque final pour le neutraliser.

Le choix de barrières fait l'objet d'un deuxième niveau de négociation des acteurs par construction d'une correspondance niveaux de gravité (de la grille probabilité gravité du premier module), nombre de barrières: passage de la Zone Inacceptable à Zone Acceptabilité.

Grille Gravité X Probabilités :

- Elle se fait par négociation des objectifs
- Etablir un consensus entre acteurs concernés
- Scénarios placés dans la grille
- Définir des niveaux d'acceptabilité
- Fixation de puissances maximales
- Fixation de quantités maximales mises en œuvre

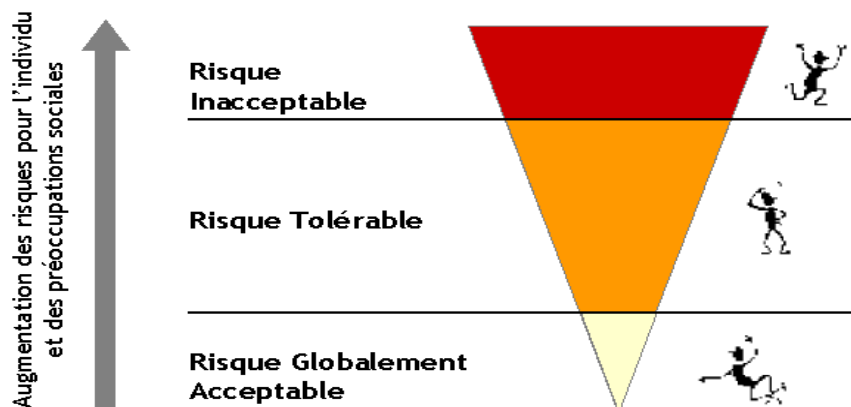
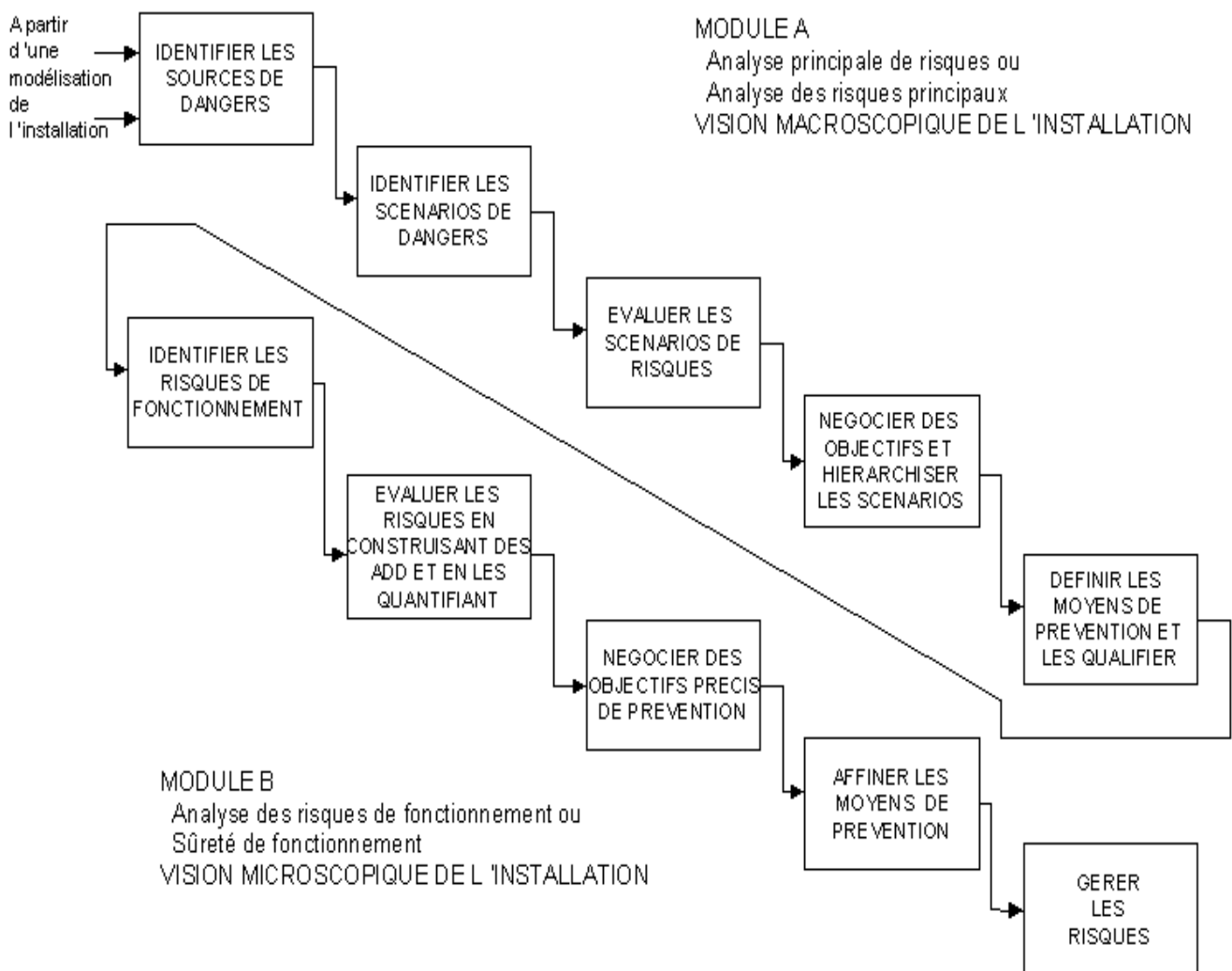


Figure 7: Acceptabilité du risque.



**Figure 8: Modules A & B de la méthode MADS MOSAR.**

Le fonctionnement de la méthode permet :

- La mise en œuvre se fait niveau par niveau et chaque niveau apporte un enrichissement en information. Il est possible de s'arrêter à des niveaux choisis.
- Le module A donne une bonne analyse des risques principaux d'une installation. Il est mené par tout ingénieur ou technicien ou groupe de travail.
- Le module B prend beaucoup plus de temps suivant le degré de détail exigé. Il nécessite la connaissance des outils et leur mise en œuvre.

*La Méthode constitue un support d'apprentissage à l'approche globalisée de la gestion des risques.*

### III [Les méthodes d'analyse du risque]

Il est aussi possible d'utiliser les niveaux d'analyse et leur contenu comme une boîte à outils dont on sélectionne ceux répondant à une démarche fixée.

Par exemple : durant l'Ecole d'été "Gestion Scientifique du risque " en septembre 1999 ALBI – France réalisé par Pierre PERILHON, EDF a choisi d'analyser ses installations de recherche et d'essais dans ses trois centres avec la démarche ci-après. [Figure -9-]

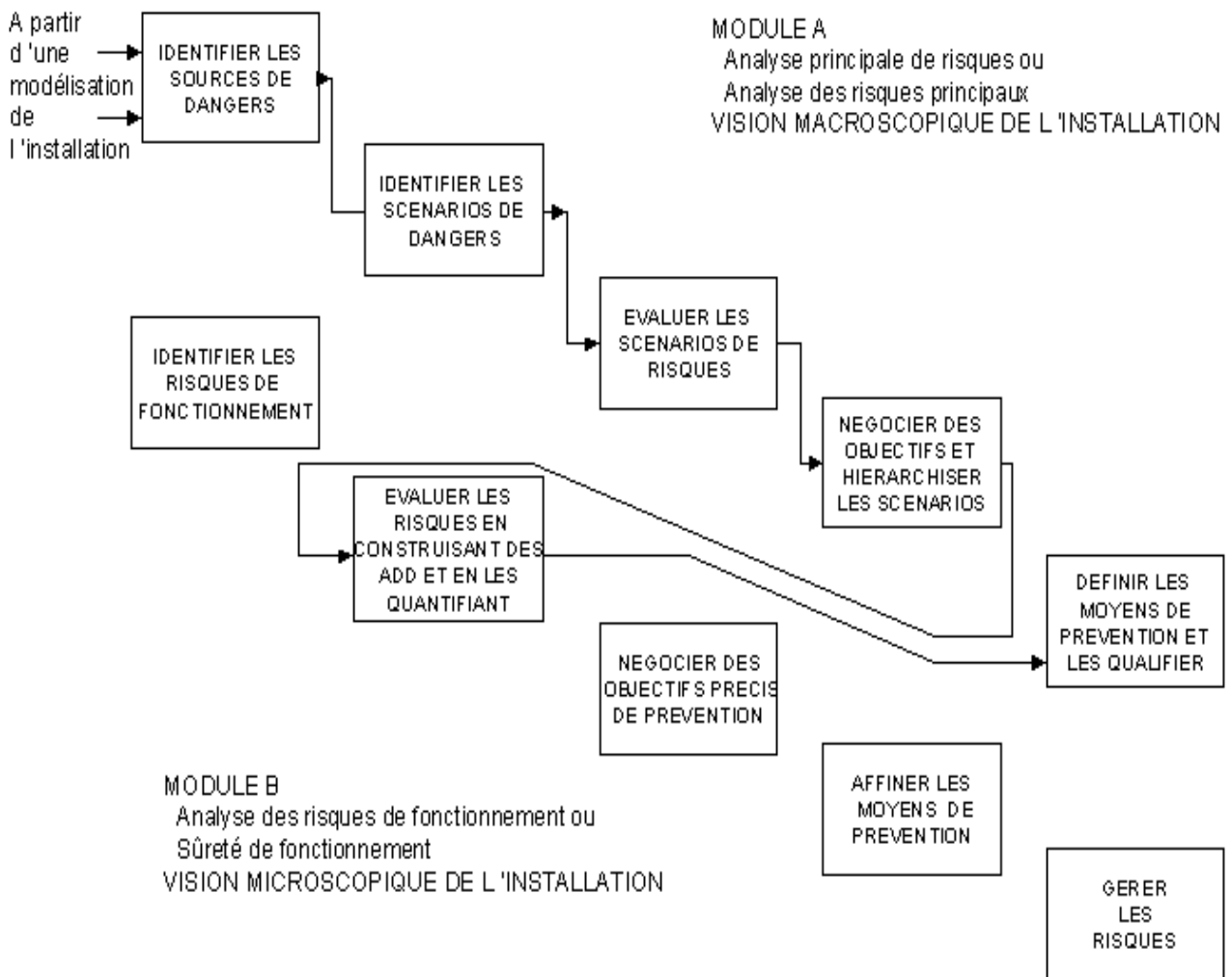


Figure 9: La méthode MADS MOSAR appliquée par EDF sur ces 03 centres [22]

## *IV/- Présentation du système étudié*

### **IV.1- Situation géographique du complexe GL1Z :**

Le complexe GL1/Z est situé au nord ouest du pays à 40 Km de la ville d'Oran à coté d'un petit village au bord de la mer méditerranée nommée "BETHIOUA" son implantation exacte est entre le complexe GNL2/Z à l'est et le complexe CEA/Z à l'ouest au bord de l'autoroute de la zone industrielle d'Arzew. [Figure -10-]

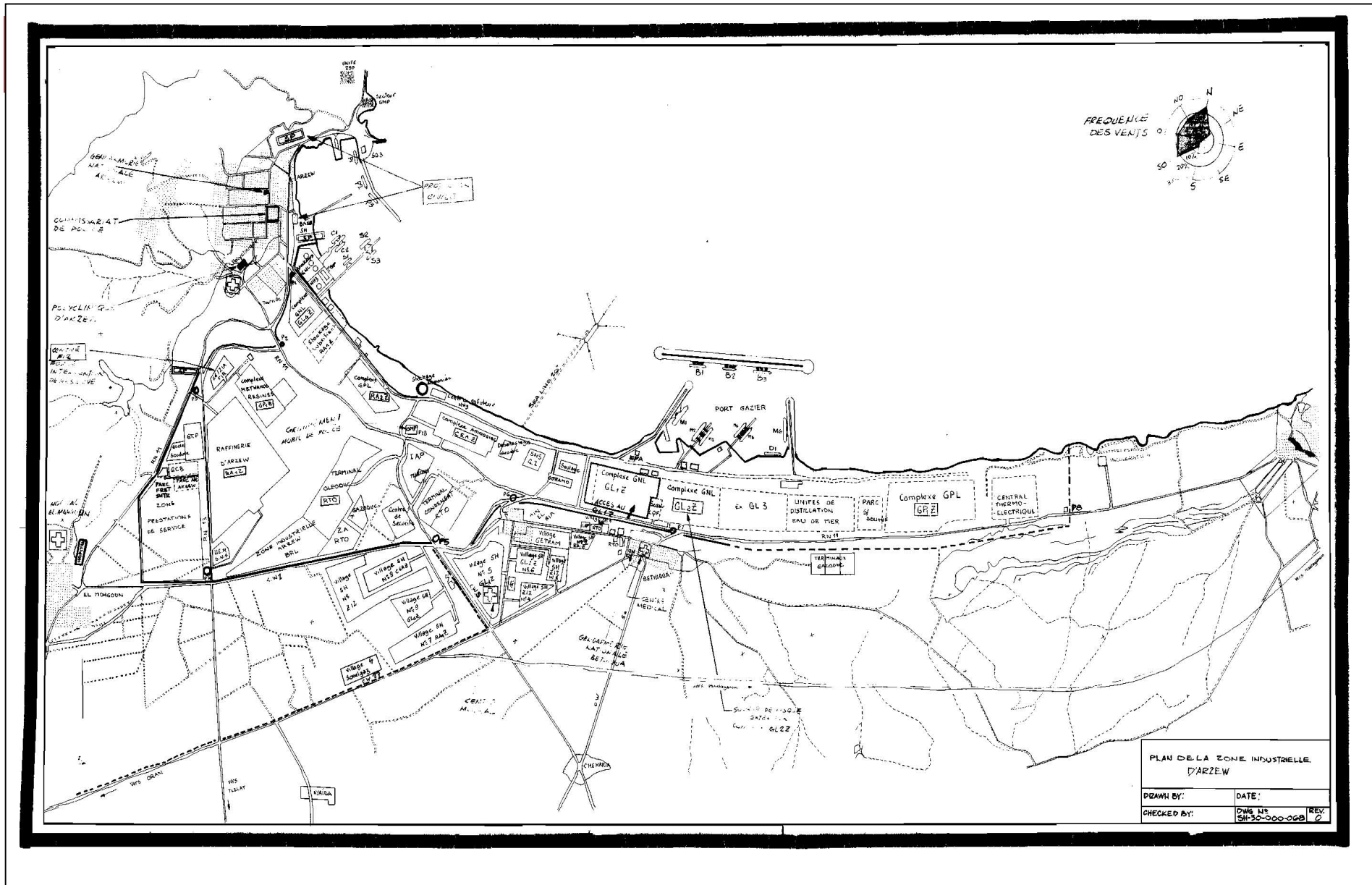


Figure 10 : Plan d'occupation du sol de la zone industrielle d'Arzew [20]

## IV.2- Fonction du complexe GL1Z :

Le complexe GL1/Z est l'un des complexes de la branche **AVAL**, laquelle occupe une part très importante dans l'entreprise nationale SONATRACH. Le complexe a pour mission de liquéfier le gaz naturel provenant des champs gaziers de **HASSI R'MEL**, avec possibilité d'extraction du propane, du butane et de la gazoline. Le **GNL (Gaz Naturel Liquéfié)** est pompé et chargé dans des méthaniers spécialement conçus pour le transport cryogénique pour être expédié vers l'étranger.

## IV.3- Présentation du complexe GL1Z :

Le complexe GNL1/Z comprend trois (03) zones essentielles: [*Figure -11-*]

**1<sup>ère</sup>-ZONE : les Utilités** constituent une zone importante au sein du complexe GL1/Z. Elles permettent d'assurer la fourniture de tous les besoins pendant le démarrage et la marche normale des trains de liquéfaction.

**A/ Source d'énergie :** La vapeur d'eau est la source d'énergie choisie pour le complexe (plusieurs chaudières haute pression 62 bars et une chaudière basse pression 4,5 bars)

**B/ Source de refroidissement :** L'eau est la source de refroidissement transportée par un ensemble de six (06) pompes de grande puissance de 175000 m<sup>3</sup>/h.

**C/ Production d'électricité :** La production d'électricité est assurée par trois (03) alternateurs entraînés par des turbines à vapeurs. Les turbo-alternateurs fournissent l'énergie de 36 MW par générateur plus une ligne provenant de GL2Z et un (01) branchement SONALGAZ.

**D/ Unité de dessalement :** Elle permet de produire l'eau distillée pour alimentation des chaudières.

**E/ Production d'air comprimé :** Une grande partie de l'instrumentation du complexe est pneumatique. La production de l'air comprimé est assurée par un ensemble de quatre (04) compresseurs et d'un compresseur d'air secours.

**2<sup>ème</sup> ZONE : la zone Process** est composée de six (06) trains qui produisent 9000 m<sup>3</sup>/jour/train du **GNL**. Chaque train dispose de sa propre production de vapeur, sa propre section de décarbonatation, de séchage et de liquéfaction des hydrocarbures. (**Voir le diagramme de liquéfaction du gaz**)

**3<sup>ème</sup> ZONE : la zone Terminal** est la zone de stockage et de chargement, elle contient trois (03) réservoirs de **GNL** d'une capacité de 100000 m<sup>3</sup>, d'un (01) réservoir de gazoline d'une capacité de 14500 m<sup>3</sup>.

- Une station de pompage de **GNL** d'une capacité de 10000 m<sup>3</sup>/h.
- Deux (02) quais d'expédition avec dix (10) bras de chargement.

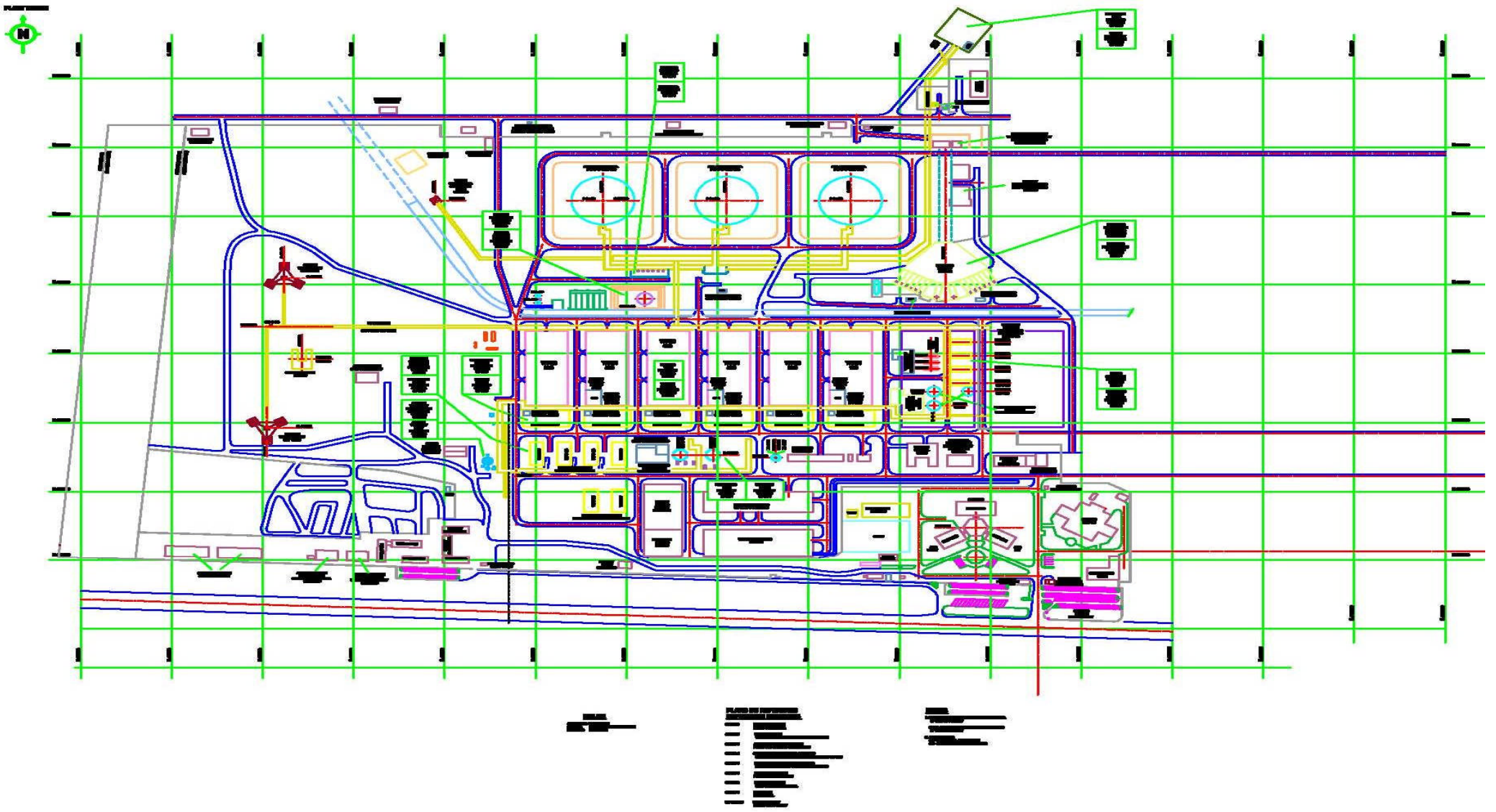


Figure 11 : Plan de masse du complexe GLIZ [20]

#### IV.4- Description du procédé : [Figure -12-]

-le traitement : Dans cette partie, trois opérations sont réalisées :

- Décarbonatation.
- Déshydratation.
- Démercurisation.

##### a- Section Décarbonatation :

L'élimination de l'anhydride carbonique (CO<sub>2</sub>) du gaz naturel est nécessaire afin d'éviter sa congélation et le bouchage dans la partie froide de train. Ceci peut entraîner l'arrêt du train pour le dégivrage des circuits.

La décarbonatation est une absorption à contre – courant, dans la colonne (F.502) au moyen d'une solution de MEA (monoéthanolamine) à 18% poids, qui ramène la teneur en CO<sub>2</sub> dans GN à moins de 90ppm.

La MEA est ensuite régénérée dans la colonne F.501 par désorption, opération inverse de l'absorption.

##### b- Section Déshydratation :

A sa sortie de la décarbonatation, le gaz naturel saturé en eau passe par un refroidisseur à propane (E.521), qui réduit sa température de 38°C à 21°C pour éliminer une grande partie de l'eau au niveau de séparateur G.787 (70% de l'eau éliminée) de gaz naturel.

Ce dernier passe ensuite par un sécheur (R.310 ou R.311) constitué de tamis moléculaire où il sera complètement séché jusqu'à une teneur de 1ppm max.

##### c- Démercurisation :

C'est la dernière étape du traitement: elle consiste à éliminer le mercure, qui est un agent corrosif pour les circuits cryogéniques, dans le démercuriseur R.312 par des absorbants solides imprégnés de soufre. Le gaz naturel traité (GNT) dont la teneur en mercure est réduite à 0.01µg/Nm<sup>3</sup> est ensuite filtré dans l'un des deux filtre à poussières A et B (P.314) afin d'éviter l'entraînement des solides dans les circuits en aval.

##### d- Section séparation : Le rôle et le but de cette section est de :

- Récupérer les différents composants du GNT d'alimentation, lesquels seront utilisés, après fractionnement, pour ajuster les compositions des fluides réfrigérants (MCR et propane) dans leurs boucles respectives.
- Récupérer les hydrocarbures lourds en vue de leur valorisation.

##### - Refroidissement au propane :

Le gaz naturel traité (GNT) passe à travers deux échangeurs au propane disposés en série (E.522 et E.524) fonctionnant respectivement à moyenne et à basse pression, puis il est envoyé vers la tour de lavage F.711 à -26°C.



-La tour de lavage (F.711) :

Le gaz naturel traité est introduit dans la tour de lavage au niveau 9ème plateau ; la phase vapeur est envoyée vers le condenseur de tête (E.523) à propane pour le démarrage du condenseur (E.540) ensuite vers le ballon de flash séparateur (G.714), où la partie liquide constituée par les GPL (gaz de pétrole : C3/C4) assure le reflux de la tour de lavage, et la partie vapeur est envoyée vers liquéfaction après son passage une seconde fois par le condenseur (E.540). La phase liquide riche en hydrocarbures lourds est entraînée par le liquide de reflux vers le fond de la tour de lavage d'où elle doit rejoindre le fractionnement.

Au démarrage, le vapeur de tête subit une condensation au moyen de propane dans l'échangeur de chaleur (E.523) jusqu'à -33°C. Une fois la boucle MCR stabilisée permettant le démarrage de (E.540) et (E.523) est mis hors service. Les vapeurs de tête seront donc refroidies jusqu'à -45°C, ce qui permet d'avoir le niveau de reflux nécessaire dans le ballon séparateur de la tour de lavage. Une fois la stabilisation de cette section obtenue, les vapeurs de tête de la tour de lavage plus un débit de recyclage (généralement du butane), sont condensées le (E.540) pour être séparées dans le ballon (G.714).

Le liquide est refoulé vers la tour de lavage (F.711) comme reflux et les vapeurs de tête du séparateur passent une seconde fois à travers le (E.540). En fin de séparation, le produit gazeux quittant le (E.540) (avec une teneur en C5+<0.02) est envoyé vers l'échangeur principal (E.520), où il sera rejoint par le débit de réinjections des GPL.

\* Principaux Equipements De La Tour De Lavage :

-Le rebouilleur : Le rebouillage du fond de la tour de lavage est assuré par deux rebouilleurs fonctionnant en cascade. Le butane circulant dans les tubes du 1er rebouilleur (E.717) est chauffé coté calandre par la vapeur surchauffée jusqu'à 70°C. A son tour, la vapeur de butane chauffe, du coté calandre du deuxième rebouilleur (E.713), le liquide de fond de la tour de lavage circulant dans les tubes.

-Le condenseur (E.540): La condensation des vapeurs de tête de tour de lavage s'effectue dans l'échangeur de chaleur à plaques (E.540), en utilisant le MCR comme fluide réfrigérant fonctionnant à basse température (jusqu'à -50°C).

Pour le démarrage des trains de procédé, la condensation de ces vapeurs s'effectue dans l'échangeur à chaleur (E.523), en utilisant le propane comme réfrigérant.

-Le ballon séparateur (E.714) : C'est le ballon de flash qui sépare le fluide biphasique venant du condenseur (E.540). La pression de service est de 38.67bars.

**- La liquéfaction :**

a- Echangeur principal (E.520) :

La liquéfaction du gaz naturel traité (GNT) est assurée par l'échangeur principal en utilisant du MCR (multi- composant - réfrigérant). L'échangeur principal, de type bobines à serpentins enroulés, comprend six faisceaux qui accueillent le MCR liquide et le GNT (deux faisceaux pour chaque fluide).

## IV [Présentation du système étudié]

Le gaz d'alimentation de l'échangeur cryogénique, venant du séparateur de la tour de lavage, est rejoint par un flux réinjection de propane et de butane venant du fractionnement. Ce courant traverse un serpentin de faisceaux situé au fond de l'échangeur.

L'effluent MCR liquide traverse la partie chaude de l'échangeur, pour être détendu à 40bars et  $-110^{\circ}\text{C}$  ; à ce niveau, le GNT est refroidi jusqu'à  $-120^{\circ}\text{C}$  tandis que l'effluent MCR vapeur se condense dans la partie chaude et arrive à la limite de la partie froide pour subir une détente jusqu'à  $-158^{\circ}\text{C}$ , le liquide obtenu après chaque détente est distribué sous forme de douche pour l'auto refroidissement du MCR et le refroidissement du GNT.

A la limite de la partie froide de l'échangeur cryogénique, le GNT quitte ce dernier à  $-148^{\circ}\text{C}$  sous forme liquide (GNL) sous pression de 28.3 bars où il subit une détente isenthalpique (Joule Thomson) dans la vanne (TV.612) à température régulée jusqu'à 1.5 bars et  $-158^{\circ}\text{C}$ . Après une seconde détente, dans le ballon flash (déazoteurG.783), le liquide est envoyé vers la conduite d'alimentation des bacs de stockage par deux pompes J.1020 et J1030 à une température de  $-160^{\circ}\text{C}$ .

### b-Le ballon déazoteur (G.783) :

Le but principal de cette détente est de réduire la teneur d'azote, afin qu'il soit conforme à la spécification.

Une teneur élevée d'azote dans le GNL nécessite des températures encore plus basses dans les bacs de stockage pour réduire le phénomène de boil-off et, comme cet élément ne contribue pas à l'augmentation du pouvoir calorifique supérieur (PCS) du GNL, sa réduction est nécessaire.

Les vapeur issues de ce flash riches en azote cèdent leurs frigories dans l'échangeur (E.530) pour liquéfier une certaine quantité de GNT, avant d'être enfin aspirées par le compresseur fuel gaz afin d'être utilisées comme gaz d'alimentation des chaudières.

### - La réfrigération :

#### a- Boucle propane :

La boucle propane comprend trois étages de compression. Après avoir été comprimé, le propane provenant du dépropaniseur (DC4) du fractionnement, est refoulé par le troisième étage du compresseur (K.110), refroidi dans un échangeur à eau de mer (E.513) jusqu'à  $43^{\circ}\text{C}$  puis condensé dans le (E.514 A et B) à eau de mer jusqu'à  $37^{\circ}\text{C}$ . Il est enfin récupéré dans le ballon (G786). L'accumulateur alimente le ballon séparateur haute pression (G791) et l'échangeur à propane E.521.

Le propane liquide haute pression subite des détentes successives dans trois ballons de séparation G.791, G790et G.785 fonctionnant respectivement à haute , moyenne et basse pression .Les vapeurs obtenues à l'issue de chaque flash , sont aspirées à la pression correspondante.

## IV [Présentation du système étudié]

Le propane basse pression alimente le condensateur de tête de la tour de lavage E.523

(Utilise lors du démarrage des trains), les deux refroidisseurs à l'entrée de la tour de lavage E522ETE524 et l'échangeur à propane de la boucle MCR, E525AetB qui sont alimentés par le propane moyenne pression.

### b- Boucle MCR :

La boucle MCR comprend deux étages de compression, un refroidissement à l'eau de mer après chaque refoulement et une séparation avant chaque aspiration .les vapeurs MCR sont aspirées par le compresseur KT.120 puis sont refroidies jusqu'à 38 °C dans l'échangeur de chaleur à eau de mer (E.511) pour être ensuite séparées dans le ballon séparateur (G789).

Le compresseur KT.121 aspire les vapeurs du G.789 et les refoule vers l'échangeur de chaleur à eau de mer E.525 à une température de 32°C.

Après refroidissement, le MCR est amené à sa température de rosée soit -37°C à la sortie des deux batteries d'échangeurs au propane E.525 A/B et E526 A/B.

Le MCR partiellement liquéfié, est aspiré dans le ballon G.789 pour alimenter les échangeurs E.520, E540 et E724.

La composition du MCR liquide alimentant le condenseur de tête de la tour de lavage est: N<sub>2</sub>=1.66% ; C<sub>1</sub>=30.65% ; C<sub>2</sub>=57.62% C<sub>3</sub>=10.07 %.

### - Le fractionnement :

Cette section a pour but de séparer les hydrocarbures les plus lourds du GN pour les pesions de la liquéfaction. Elle est constituée essentiellement par les colonnes de:

- Déméthanisation.
- Dééthanisation.
- Dépropanisation.
- Débutanisation.

Le résidu de la tour de lavage passe successivement par ces quatre colonnes pour produire respectivement du méthane, de l'éthane, du propane, du butane et de la gazoline. Le méthane, l'éthane et le propane liquides sont envoyés respectivement par les pompes J.737, J.747 et J.757 vers le ballon accumulateur pour assurer l'appoint du réfrigérant mixte MCR, l'alimentation de la boucle propane, le recyclage des C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> et la réinjection au niveau de l'échangeur principal (E.520). Le liquide sortant du fond du débutaniseur riche en C<sub>5</sub>+ est envoyé vers le ballon de stockage de gazoline.

#### IV [Présentation du système étudié]

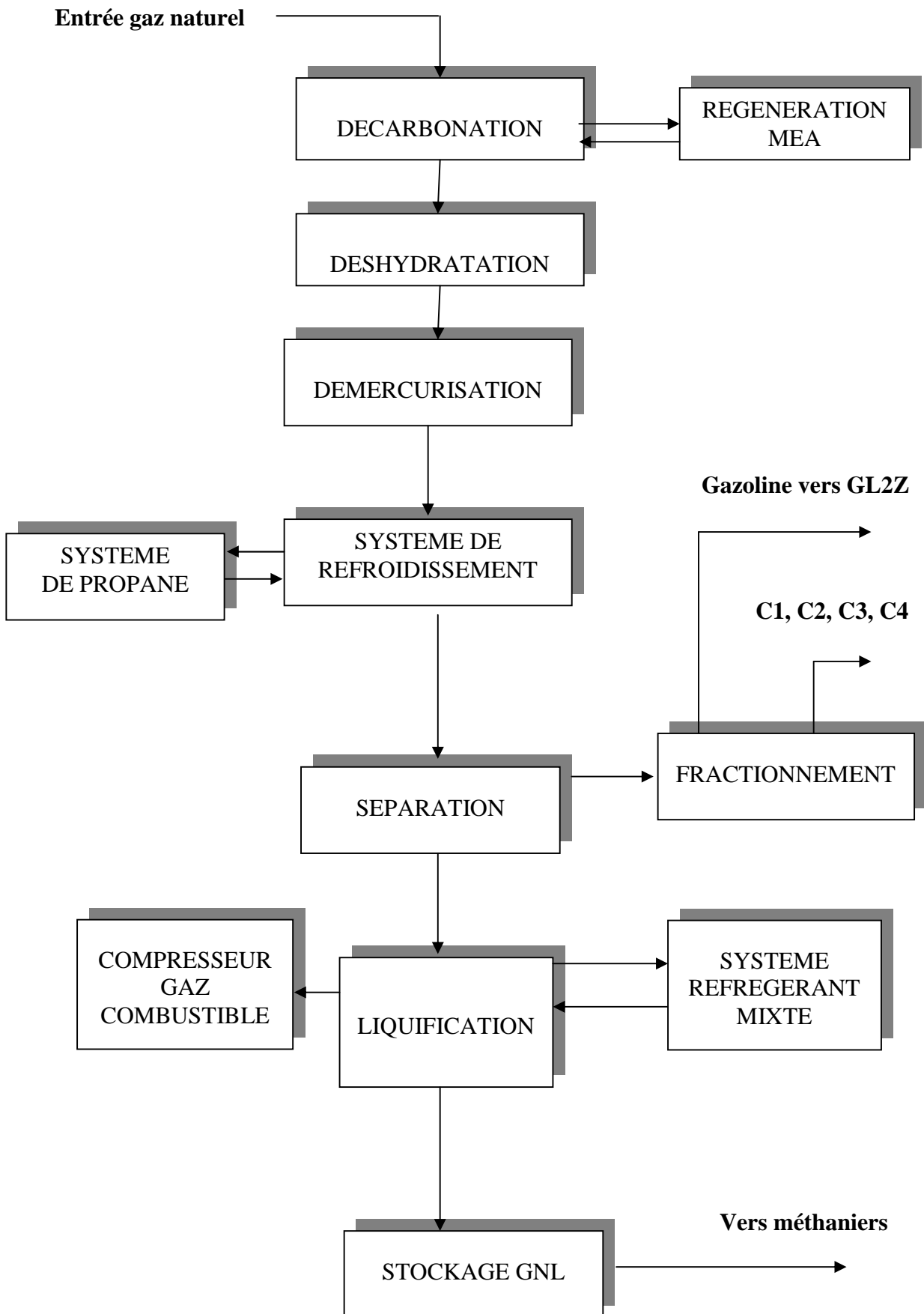


Figure 12 : Diagramme De Liquéfaction Du Gaz Naturel [20]

## *V/- L'application de la méthode sur le système étudié*

### **V.1- Modélisation du système et décomposition en sous-systèmes : [Figure -13-]**

La liquéfaction du gaz naturel (GN) nécessite tous d'abord son traitement, qui consiste à éliminer les impuretés (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, Hg et les lourds) contenues dans le gaz naturel et qui peuvent être solidifiées lors de la liquéfaction (à basses températures), pour avoir un gaz naturel traité (GNT) composé principalement de Méthane et qui peut être enfin liquéfié, les lourds sont envoyés vers fractionnement.

Le démarrage et le bon fonctionnement d'une telle installation nécessitent la fourniture des utilités dont on a besoin tels que (l'électricité, la vapeur d'eau, l'eau de refroidissement, l'air instrument,...).

Donc et selon les fonctions nécessaires dans le procédé de liquéfaction, on peut décomposer le système en trois (04) parties:

- ✓ Traitement du gaz naturel.
- ✓ Liquéfaction et compression.
- ✓ Fractionnement.
- ✓ Utilités.

L'environnement humain appréhende les personnes internes qui comprend : opérateurs, cadres, agents d'entretien, managers, sous traitants et visiteurs (stagiaires, délégation, ...) travaillant sur site ainsi que la population qui circule en externe de l'installation.

L'environnement naturel inclut les conditions climatiques (température, vent, neige, brouillard, air marin...), inondations, séisme et mouvement du terrain,...etc.

L'environnement matériel englobe les industries voisines, les routes internes, externes, ferroviaires,...etc.

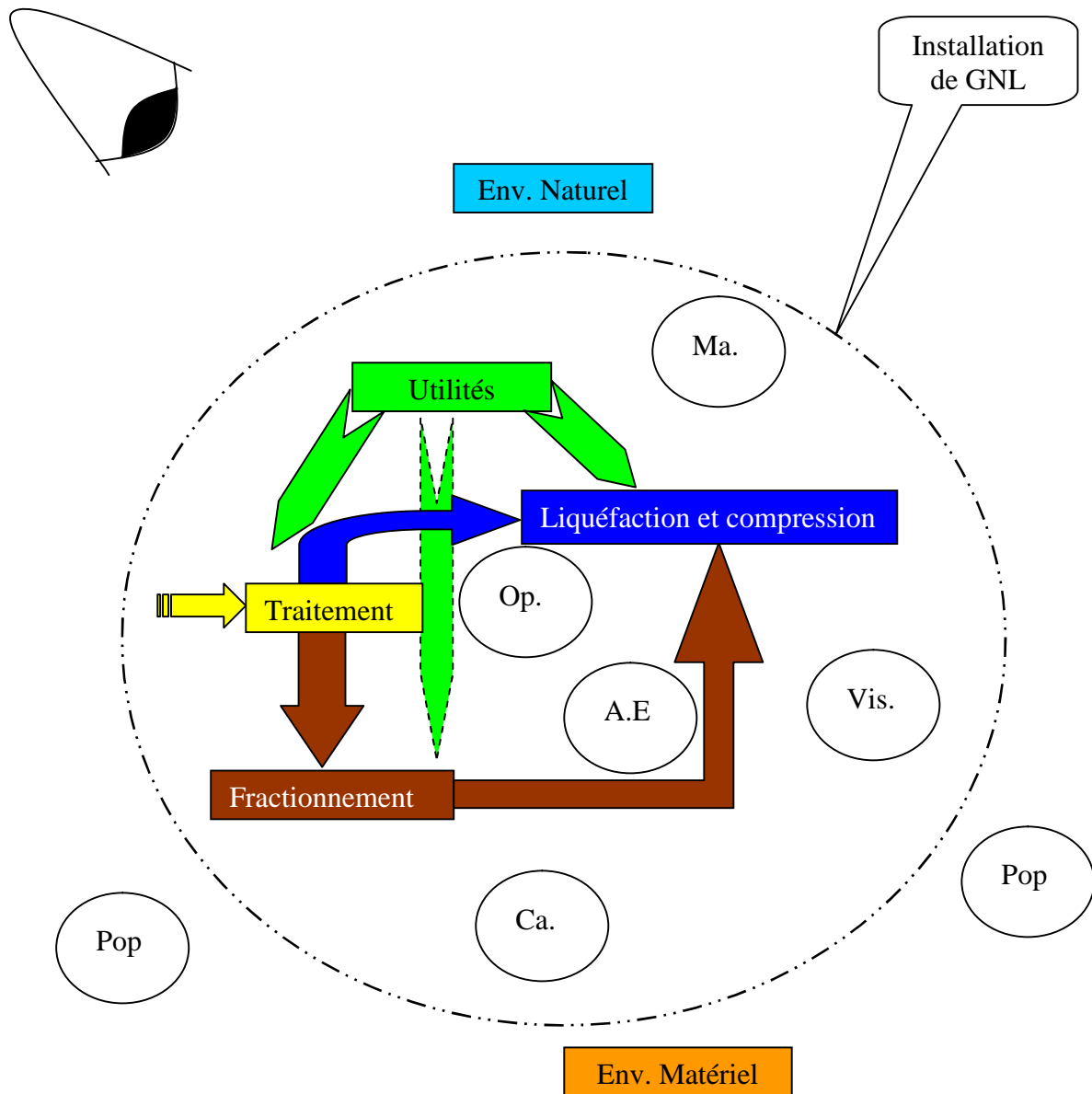
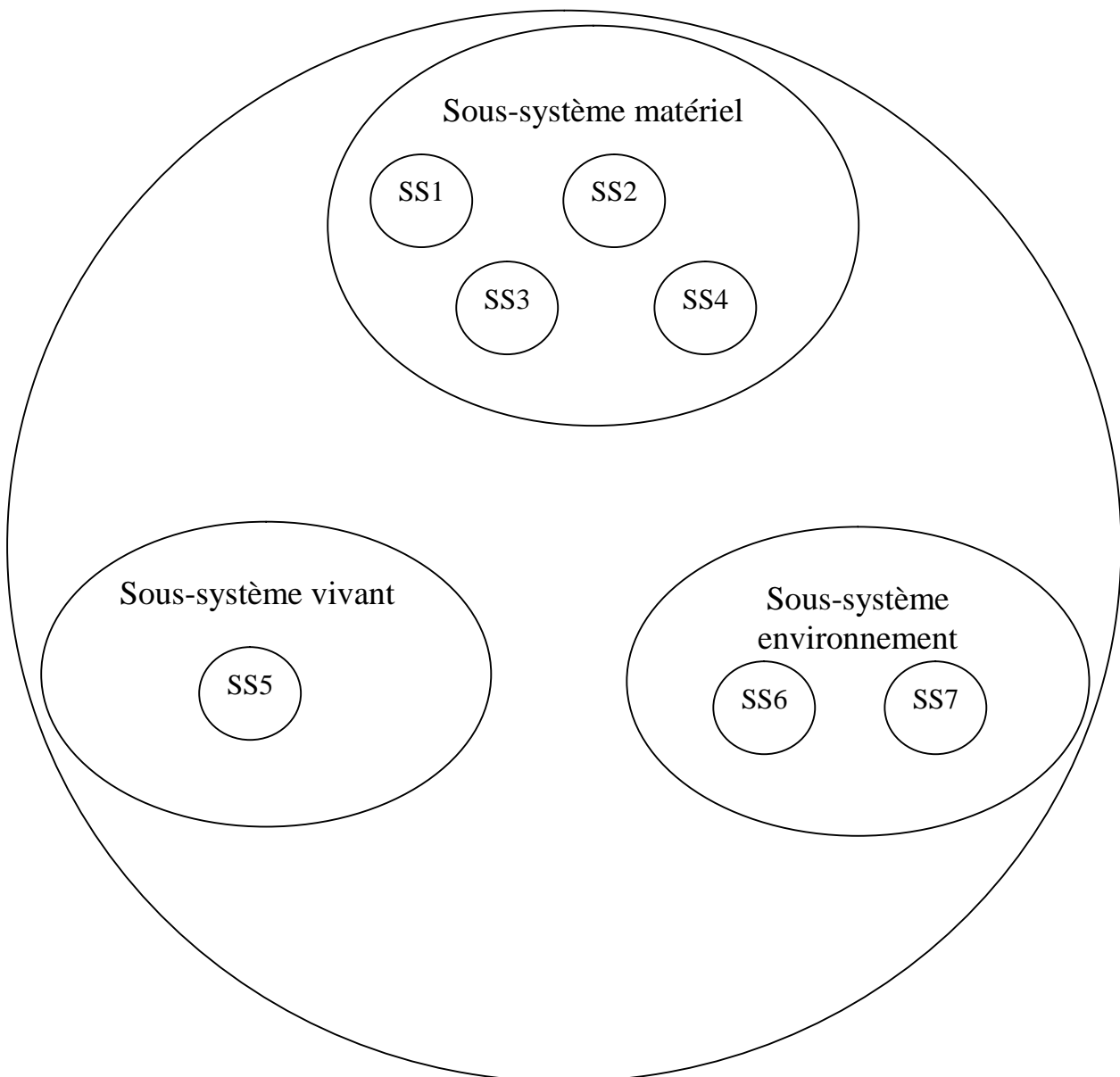


Figure 13 : Présentation du système étudié et son environnement.

Donc notre système peut être décomposé en sous systèmes suivants : **[Figure 14]**.

- Sous système matériel : SS1 : Traitement du gaz naturel, SS2 : Liquéfaction et compression, SS3 : Fractionnement, SS4 : Utilités.
- Sous système vivant : SS5.
- Sous système environnement : SS6 : Environnement naturel, SS7 : Environnement matériel.



**Figure 14 : Décomposition du système étudié en sous-systèmes.**

**V.2- 1<sup>ère</sup> étape du module A : identification des sources de danger :**

Le premier travail est d'identifier les sources de danger de chaque sous-système ou d'identifier en quoi chaque sous-système peut être source de danger. On remplit alors la première colonne du tableau A ci-dessous. En faisant cette identification pour tous les sous-systèmes, on obtient une liste des dangers de l'installation. (Cette liste n'est pas exhaustive, en effet, il est toujours possible de retrouver d'autres sources de danger).

Le deuxième travail est l'identification des processus de danger. Ligne par ligne, on va rechercher les événements qui constituent les processus de danger pour aboutir à un ou plusieurs événements principaux.

L'identification des sources de danger a été établie selon un point de vue de sûreté de fonctionnement et la sécurité des biens (installation/installation), de sécurité de travail et d'hygiène et santé publique (installation/population), d'hygiène et sécurité de l'environnement (installation/environnement), de fiabilité humaine et malveillance interne et externe (population/installation) et de risques naturels (environnement/installation).



TABLEAU A						
Sous systèmes et ces composants	Sources de danger				Flux de danger	Point de vue
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux	
SS1 : Traitement du gaz naturel	Externes	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu		
Colonne d'absorption du CO2	Défaillance contrôleur de niveau	Diminution de niveau	Pressurisation du récipient HC liquide	Eclatement de capacité	Feu de nappe.	Sûreté de fonctionnement
Ballon de détente MEA	Sortie bloquée	Surpression		Eclatement de capacité	formation de nappe de MEA.	Hygiène et sécurité de l'environnement
Régénérateur de MEA	MEA produit corrosif	Corrosion	Fuite gaz/MEA		Epanchage et formation de nappe de MEA.	Hygiène et sécurité de l'environnement
Séparateur du sécheur	Défaillance contrôleur de niveau	Diminution de niveau			Pressurisation du récipient HC liquide	Sûreté de fonctionnement
Sécheur en opération	Vanne fermée		Sortie bloquée		Surpression	Sûreté de fonctionnement
Sécheur en régénération	Sortie bloquée	Surpression	Rupture de joint		Fuite de gaz à proximité des chaudières.	Sûreté de fonctionnement
Ballon de démercurisation	Défaillance déflecteur.	Teneur en mercure élevée	Exposition du personnel lors des opérations de maintenance		Attaque du métal en présence d'oxygène.	Sécurité de travail, hygiène et santé publique
Tour de lavage	Défaillance contrôleur de niveau	Augmentation de niveau	Sortie fond bloquée	Entraînement des lourds en tête de colonne	Débordement/ affaissement de colonne.	Sûreté de fonctionnement
Séparateur de la tour de lavage	Charge légère	Diminution de niveau	Cavitation de la pompe de reflux.		Fuite sur garniture de la pompe.	Sûreté de fonctionnement

TABLEAU A						
Sous systèmes et ces composants	Sources de danger				Flux de danger	Point de vue
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux			
	Externes	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu	Evènements principaux	
SS2 : Liquéfaction et compression						
Ballon d'aspiration propane 1er étage	Défaillance contrôleur de niveau	Surpression	Eclatement de capacité	Formation d'un nuage de gaz inflammable	Jet enflammé.	Sûreté de fonctionnement
Ballon d'aspiration propane 2ème étage	Défaillance contrôleur de niveau	Surpression	Eclatement de capacité	Formation d'un nuage de gaz inflammable	Jet enflammé.	Sûreté de fonctionnement
Ballon d'aspiration propane charge latérale	Défaillance contrôleur de niveau	Surpression	Eclatement de capacité	Formation d'un nuage de gaz inflammable	Jet enflammé.	Sûreté de fonctionnement
Accumulateur de propane	Défaillance contrôleur de niveau	Surpression	Perte de confinement	Formation d'un nuage de gaz inflammable	Explosion.	Sûreté de fonctionnement
Compresseur de propane	Défaut de lubrification		Sollicitation mécanique		Dégradation du compresseur.	Sûreté de fonctionnement
Echangeur propane/EDM	corrosion	Rupture de tube dans l'échangeur	Introduction du propane dans le réseau d'EDM		Explosion dans le canal de rejet.	Hygiène et sécurité de l'environnement
Ballon d'aspiration MCR 1er étage	Défaut d'alimentation du ballon	Diminution de la pression	Collapse du ballon	Formation d'un nuage de gaz inflammable.	Explosion.	Sûreté de fonctionnement
Compresseur MCR 1er étage	Défaillance sur la turbine	Vibrations	Sollicitation mécanique		Dégradation du compresseur.	Sûreté de fonctionnement
Ballon d'aspiration MCR 2ème étage	Défaillance contrôleur de niveau	Surpression	Eclatement de capacité	Formation d'un nuage de gaz inflammable	Jet enflammé.	Sûreté de fonctionnement
Compresseur MCR 2ème étage	Perte du gaz de barrage	Perte de confinement	Fuite du MCR au niveau des garnitures.	Fuite d'huile de lubrification chaude.	Feu côté turbine.	Sûreté de fonctionnement
Séparateur MCR HP	Haute Pression de refoulement du compresseur MCR2	Augmentation de pression dans ballon	Pression élevée dans calandre de l'échangeur principal		Rupture de tubes	Sûreté de fonctionnement
Echangeur principal	Rupture de tube GNT	Accumulation de mercure côté calandre	Personnel exposé lors des opérations de maintenance		Attaque du métal en présence d'oxygène.	Sécurité de travail, hygiène et santé publique
Ballon de détente d'azote	Défaillance contrôleur de pression	Surpression du ballon	Sortie bloquée	rupture de joint.	Fuite.	Sûreté de fonctionnement

TABLEAU A						
Sous systèmes et ces composants	Sources de danger				Flux de danger	Point de vue
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux	
SS3 : Fractionnement	Externes	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu		
Colonne de déméthanisation	Défaillance contrôleur de niveau	Augmentation de niveau	Sortie bloquée	Remplissage de la colonne	Affaissement de la colonne.	Sûreté de fonctionnement
Condenseur de tête du déméthaniseur	Défaillance contrôleur de pression	Surpression			Surpression dans le ballon de reflux et la colonne.	Sûreté de fonctionnement
Ballon de reflux du déméthaniseur	Défaut de condensation	Diminution du niveau	Cavitation des pompes de reflux.		Dégradation des pompes de reflux	Sûreté de fonctionnement
Colonne de dééthanisation	Défaillance contrôleur de niveau	Augmentation de niveau	Sortie bloquée	Remplissage de la colonne	Affaissement de la colonne.	Sûreté de fonctionnement
Condenseur de tête du dééthaniseur	Défaillance contrôleur de pression	Surpression			Surpression dans le ballon de reflux et la colonne.	Sûreté de fonctionnement
Ballon de reflux du dééthaniseur	Défaut de condensation	Diminution du niveau	Cavitation des pompes de reflux.		Dégradation des pompes de reflux	Sûreté de fonctionnement
Colonne de dépropanisation	Défaillance contrôleur de niveau	Augmentation de niveau	Sortie bloquée	Remplissage de la colonne	Affaissement de la colonne.	Sûreté de fonctionnement
Condenseur de tête du dépropaniseur	Défaillance contrôleur de pression	Surpression			Surpression dans le ballon de reflux et la colonne.	Sûreté de fonctionnement
Ballon de reflux du dépropaniseur	Défaut de condensation	Diminution du niveau	Cavitation des pompes de reflux.		Dégradation des pompes de reflux	Sûreté de fonctionnement
Colonne de débuthanisation	Défaillance contrôleur de niveau	Augmentation de niveau	Sortie bloquée	Remplissage de la colonne	Affaissement de la colonne.	Sûreté de fonctionnement
Condenseur de tête du débuthaniseur	Défaillance contrôleur de pression	Surpression			Surpression dans le ballon de reflux et la colonne.	Sûreté de fonctionnement
Ballon de reflux du débuthaniseur	Défaut de condensation	Diminution du niveau	Cavitation des pompes de reflux.		Dégradation des pompes de reflux	Sûreté de fonctionnement

TABLEAU A						
Sous systèmes et ces composants	Sources de danger				Flux de danger	Point de vue
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux	
SS4 : Utilités	Externes	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu		
Compresseur d'air	Manque d'air		Perturbation des organes de contrôle par défaut		Arrêt partiel ou total des installations	Sûreté de fonctionnement
chaudières	Perturbation sur réseau vapeur		Détarage des soupapes en cas de sollicitation répétée		Arrêt partiel ou total des installations	Sûreté de fonctionnement
Turbogénérateurs	Manque d'électricité		Arrêt des machines tournantes		Arrêt partiel ou total des installations	Sûreté de fonctionnement
Pompes EDM...	Manque fluide caloporteur (EDM, Huile,..)		Mauvais échange de chaleur.		Perte de production partielle ou totale	Sûreté de fonctionnement
Futs de produits chimiques	Fuites produites chimiques		Produits incompatibles		Atteinte aux opérateurs	Sécurité de travail, hygiène et santé publique

TABLEAU A						
Sous systèmes et ces composants	Sources de danger				Flux de danger	Point de vue
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux	
SS5 : Vivants	Externes	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu		
Agents de production (opérateurs, cadres et managers)	Manque de concertations		Flottement dans la prise de décision		Aggravement des conséquences	Fiabilité humaine et malveillance interne et externe
	Mauvaise communication avec l'extérieur		Mauvaise décision		Aggravement des conséquences	Fiabilité humaine et malveillance interne et externe
Agents d'entretien	Personnel mal formé	Mauvaise coordination		Manque d'efficacité de l'équipage	Aggravement des conséquences	Fiabilité humaine et malveillance interne et externe
Sous-traitants	Mauvaise information	Mauvais recrutement	Mauvaises réactions		Panique générale	Fiabilité humaine et malveillance interne et externe
Stagiaires	Négligence	Maladresse		Déclenchement du système d'évacuation	Fausse alerte	Fiabilité humaine et malveillance interne et externe
Visiteurs	Négligence	Maladresse		Mégot	Incendie	Fiabilité humaine et malveillance interne et externe
	Mauvaise compréhension		Mauvais comportement		Panique Piétinement	Fiabilité humaine et malveillance interne et externe
	Mauvais contrôle des visiteurs	Malveillance		Terrorisme	Insécurité	Fiabilité humaine et malveillance interne et externe

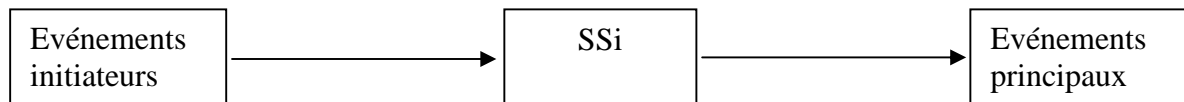
TABLEAU A						
Sous systèmes et ces composants	Sources de danger				Flux de danger	Point de vue
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux	
SS6 : Environnement naturel	Externes	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu		
Conditions climatiques	Vents	Chocs mécaniques sur équipements	Consignation des ports		Perte de production partielle ou totale	Risques naturels
	Variation de température	Dilatation des lignes	Givre, surpoids au niveau des brides,	Rupture de ligne	Fuite.	Risques naturels
	Brouillard	Encrassement du matériel	Perturbation du système de détection	Perte de boucles de contrôle	Incendie, explosion.	Risques naturels
Pluie décennale	Inondation	Affaissement de terrain	Court circuit	Ignition	Incendie	Risques naturels
Raz de marée	Séisme	Dégradation mécanique	Destruction ligne d'appointement	Dommages sur pomperie eau de mer	Endommagement des installations	Risques naturels
Séisme	Choc mécanique	Fissure des supports	Dégradation mécanique	Déplacement des lignes	Endommagement des installations	Risques naturels
Coulée de boue	Obturation des caniveaux, fossés.		Inondation		Endommagement des installations	Risques naturels
Faune (moules, crabes)	Obturation des circuits de refroidissement		Perturbation du système pompe eau de mer		Déclenchement des installations	Risques naturels

TABLEAU A						
Sous systèmes et ces composants	Sources de danger				Flux de danger	Point de vue
	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux	
SS7 : Environnement matériel	Externes	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu		
Industries voisines	Accident complexe voisin	Ondes de pression		Effets domino	Dégradation des installations	Sûreté de fonctionnement
	Défaillance sur pipe gaz	Choc mécanique	Fuite HC		Atteinte aux personnes	Sécurité de travail, hygiène et santé publique
	Rejet accidentel d'ammoniac, NOx	Relâchement de gaz	Fuite d'ammoniac	Effets toxiques	Blessures et effets létaux	Sécurité de travail, hygiène et santé publique
	Incident lignes de soutage	Incident	Effets thermiques	Effets domino	Atteinte aux personnes	Sécurité de travail, hygiène et santé publique
Voie Ferroviaire	Déraillement train transportant des HC		Fuite HC	Effets thermiques	Incendie	Fiabilité humaine et malveillance interne et externe
Circulation routière	Accident lié à un véhicule	Choc mécanique	Fuite HC		Incendie, explosion.	Fiabilité humaine et malveillance interne et externe

### V.3- 2<sup>ème</sup> étape du module A : identification des scénarios de danger :

Dans beaucoup de cas, on admet que les scénarios d'accidents sont connus notamment grâce au retour d'expérience. Il est cependant intéressant de pouvoir générer des scénarios d'accidents possibles. Ceci permet de démontrer leur genèse, d'identifier des variantes voir des scénarios insoupçonnés et enfin de créer une suite logique d'évènements pouvant conduire à un arbre montrant l'enchaînement de tous ces évènements.

La première partie de ce travail consiste à isoler chaque sous-système. En reprenant chaque sous-système dans les tableaux A, on les représente sous formes de boîtes noires dont les entrées sont les évènements initiateurs d'origine externes ou interne et les sorties sont les évènements principaux.



Ce travail est une simple exploitation du tableau A. pour obtenir les différentes boîtes noires.

Donc il s'agit de s'occuper de la génération de scénarios courts et de scénarios d'autodestruction.



**Boite noir N°1 : Sous système traitement du gaz naturel (SS1)**

Défaillance contrôleur de niveau

Sortie ballon MEA bloquée

MEA produit corrosif

Corrosion par air marin

Vanne fermée

Défaillance déflecteur

Diminution de niveau de capacité

Augmentation de niveau de capacité

Surpression

Teneur en mercure élevée

Charge GN légère

**SS1 :  
Traitement du gaz naturel**

Feu de nappe

Formation de nappe de MEA

Epanchage

Pressurisation récipient HC

Surpression

Fuite gaz à proximité des chaudières

Attaque du mercure en présence d'oxygène

Débordement/ affaissement de colonne

Fuite sur garniture de la pompe.

**Boite noir N°2 : Sous système liquéfaction et compression (SS2)**

Défaillance contrôleur de niveau

Surpression

Défaut de lubrification

Corrosion par l'air marin

Rupture de tube dans l'échangeur

Vanne fermée

Diminution de la pression dans le ballon

Défaillance sur la turbine

Vibrations mécaniques

Perte du gaz de barrage

Perte de confinement

P. de ref. Comp. Elevée

Augmentation de pression dans le ballon

Sortie du ballon bloquée

Teneur en mercure élevée

Défaillance contrôleur de pression

**SS2 :  
Liquéfaction et  
compression**

Jet enflammé

Explosion

Dégradation du compresseur

Explosion dans le canal de rejet

Feu côté turbine

Rupture de tubes

Attaque du mercure en présence d'oxygène

Fuite

**Boite noir N°3 : Sous système fractionnement (SS3)**

Défaillance contrôleur de niveau

Augmentation de niveau

Défaillance contrôleur de pression

Surpression

Défaut de condensation

Diminution du niveau

**SS3 :  
Fractionnement**

Débordement/ affaissement de colonne

Surpression dans le ballon de reflux

Surpression dans la colonne

Dégradation des pompes de reflux

**Boîte noir N°4 : Sous système utilités (SS4)**

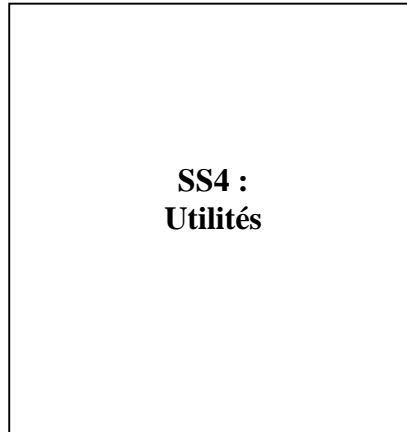
Manque d'air

Perturbation sur réseau  
vapeur

Manque d'électricité

Manque fluide caloporteur  
(EDM, Huile,...)

Fuites produites chimiques

Arrêt partiel ou total des  
installationsPerte de production partielle  
ou totale

Atteinte aux opérateurs

**Boîte noir N°5 : Sous système vivant (SS5)**

Manque de concertations

Mauvaise communication  
avec l'extérieur

Mauvaise décision

Personnel mal formé

Mauvaise coordination

Mauvaise information

Mauvais recrutement

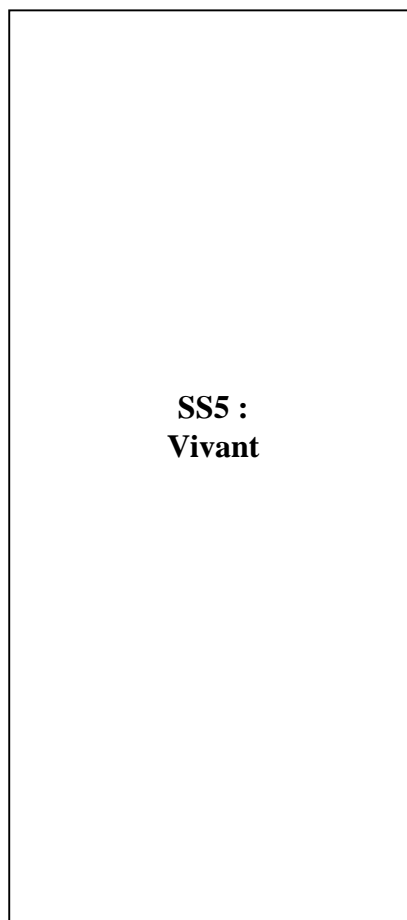
Négligence

Maladresse

Mauvaise compréhension

Mauvais contrôle des  
visiteurs

Malveillance

Aggravement des  
conséquences

Panique générale

Fausse alerte

Incendie

Panique

Piétinement

Insécurité

**Boite noir N°6 : Sous système environnement naturel (SS6)**

Vents

Variation de température

Brouillard

Inondation

Affaissement de terrain

Séisme

Destruction ligne de gaz

Fissure des supports

Obturation des caniveaux,  
fossésObturation des circuits de  
refroidissement

**SS6 :  
Environnement naturel**

Perte de production partielle  
ou totale

Rupture des lignes

Fuite

Perturbation du système de  
détection

Incendie

Explosion

Impacts potentiels sur les bacs  
de stockageEndommagement des  
installationsDéclenchement des  
installations**Boite noir N°7 : Sous système environnement matériel (SS7)**

Accident complexe voisin

Onde de pression

Défaillance sur pipe gaz

Rejet accidentel  
d'ammoniac, NOx

Relâchement de gaz

Incident lignes de soutage

Déraillement train  
transportant des HC

Accident lié à un véhicule

**SS7 :  
Environnement matériel**

Incendie

Explosion

Dégradation des installations

Atteinte aux personnes

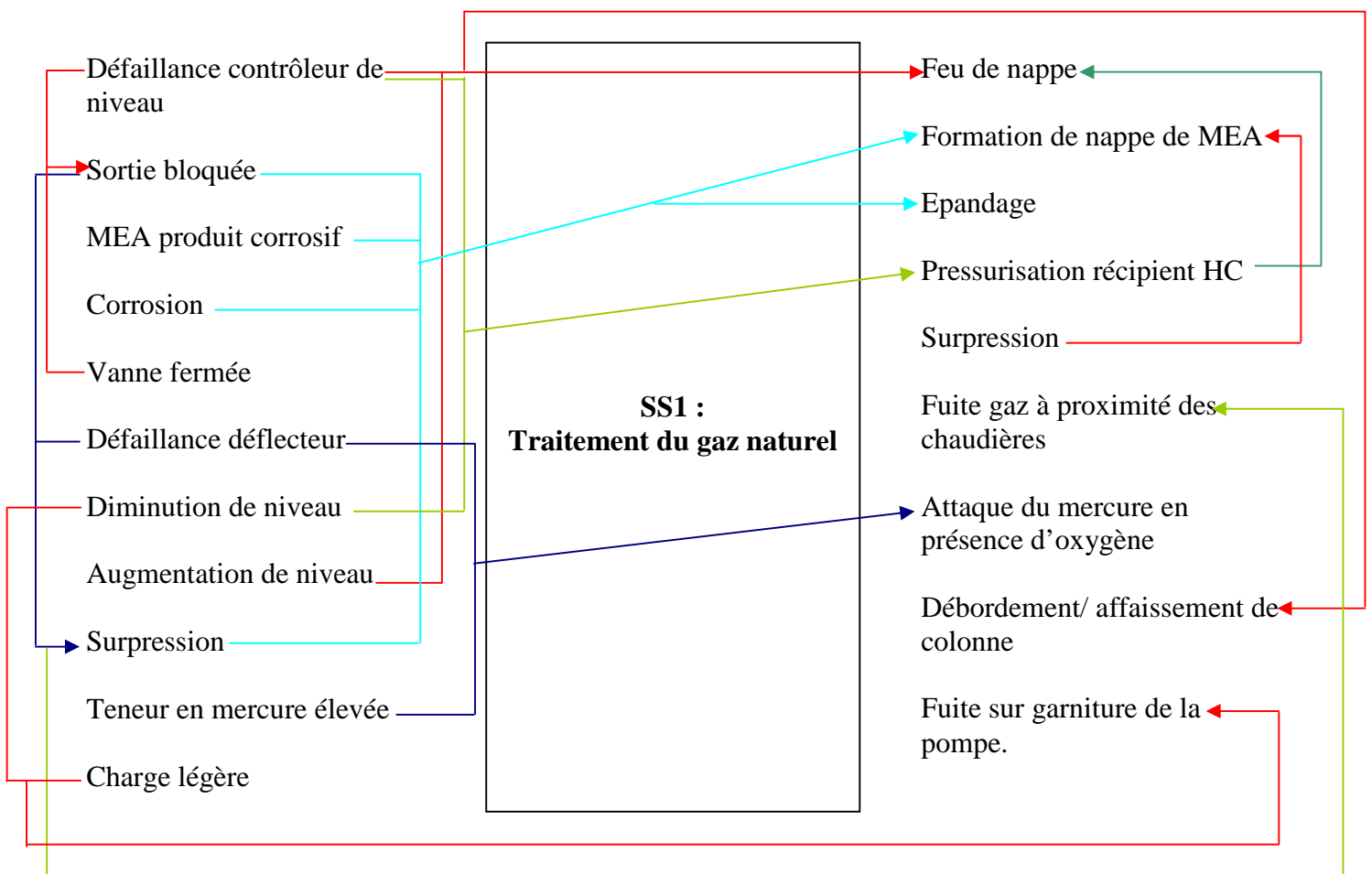
Blessures

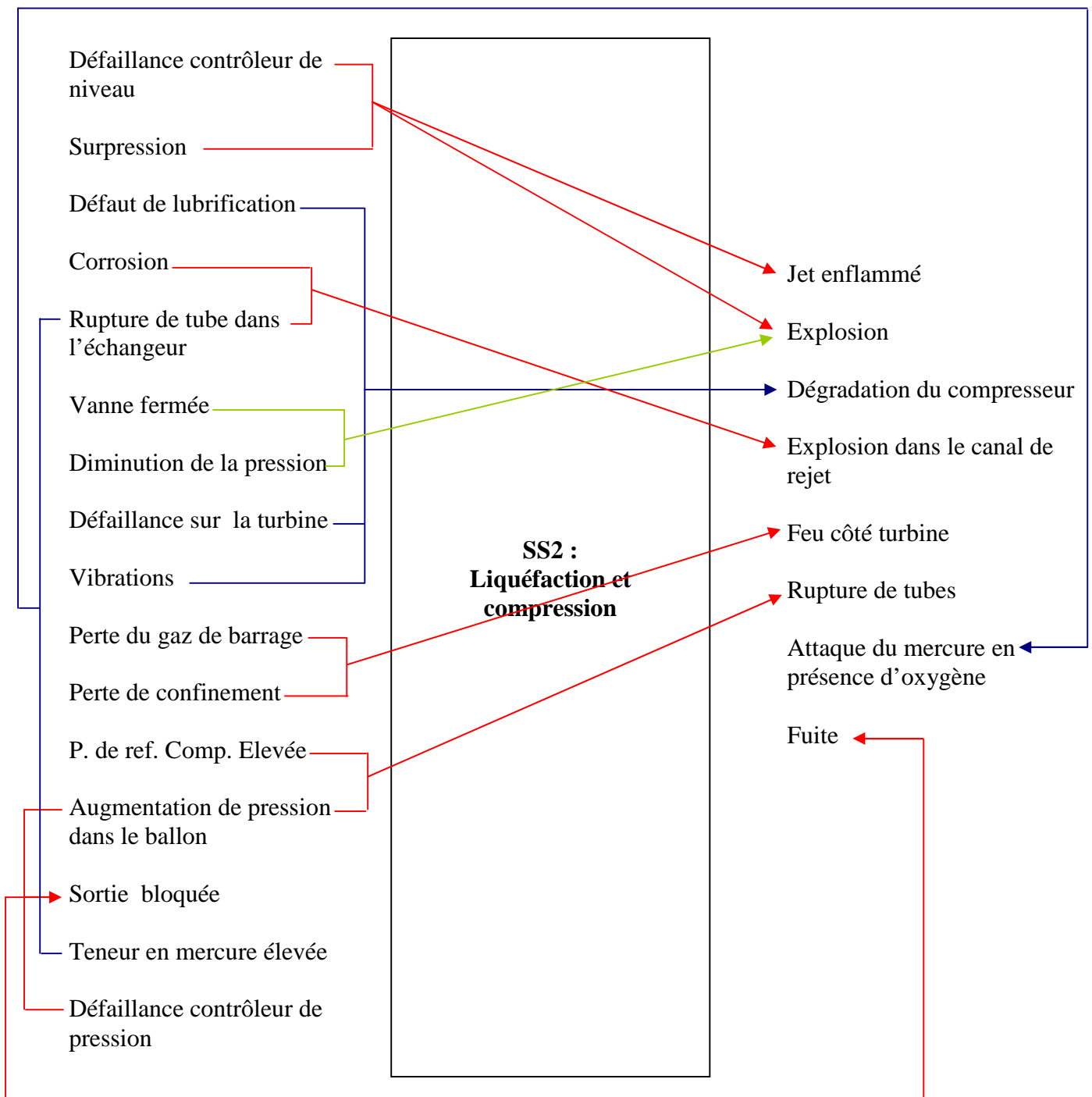
Effets létaux

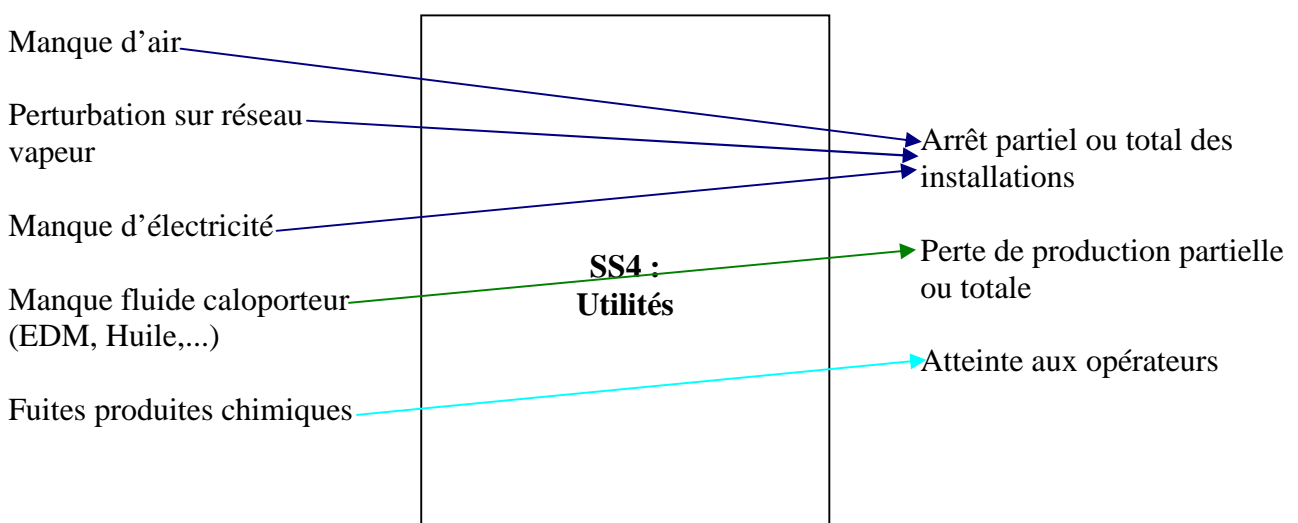
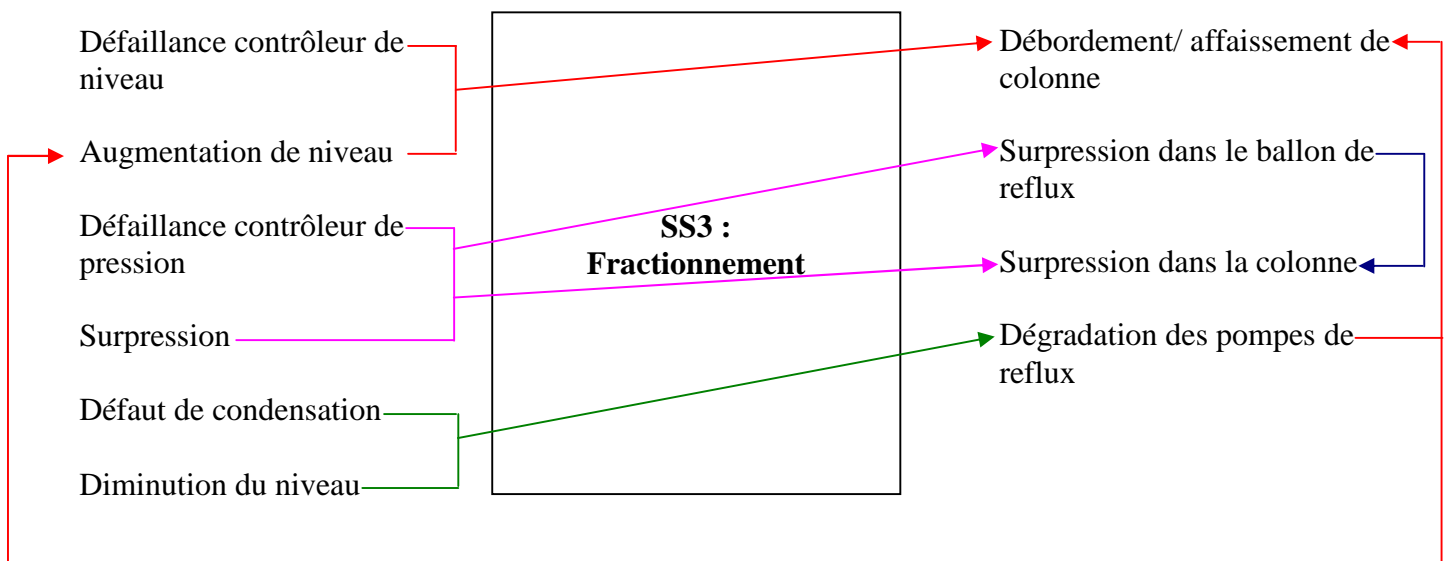
Il s'agit maintenant d'élaborer des scénarios courts et de scénarios d'autodestruction.

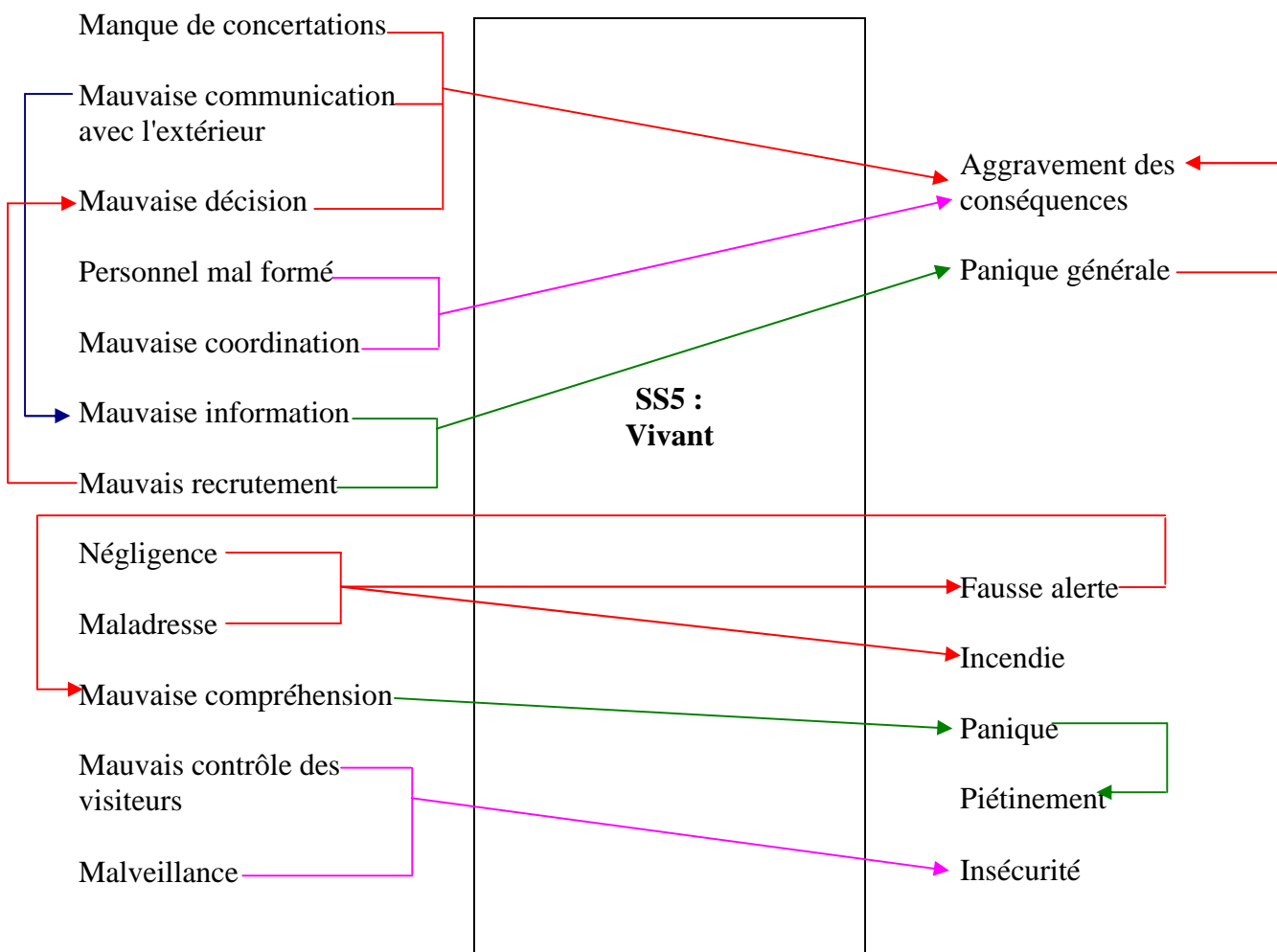
En effet, pour l'instant nous n'avons pas, dans la génération du processus du tableau A, fait apparaître les liaisons directes entre les événements d'entrée et de sortie des boîtes noires.

Puis il faut combiner les événements d'entrée entre eux, les événements de sortie entre eux et identifier les retours en bouclage des événements de sortie et des événements d'entrée.

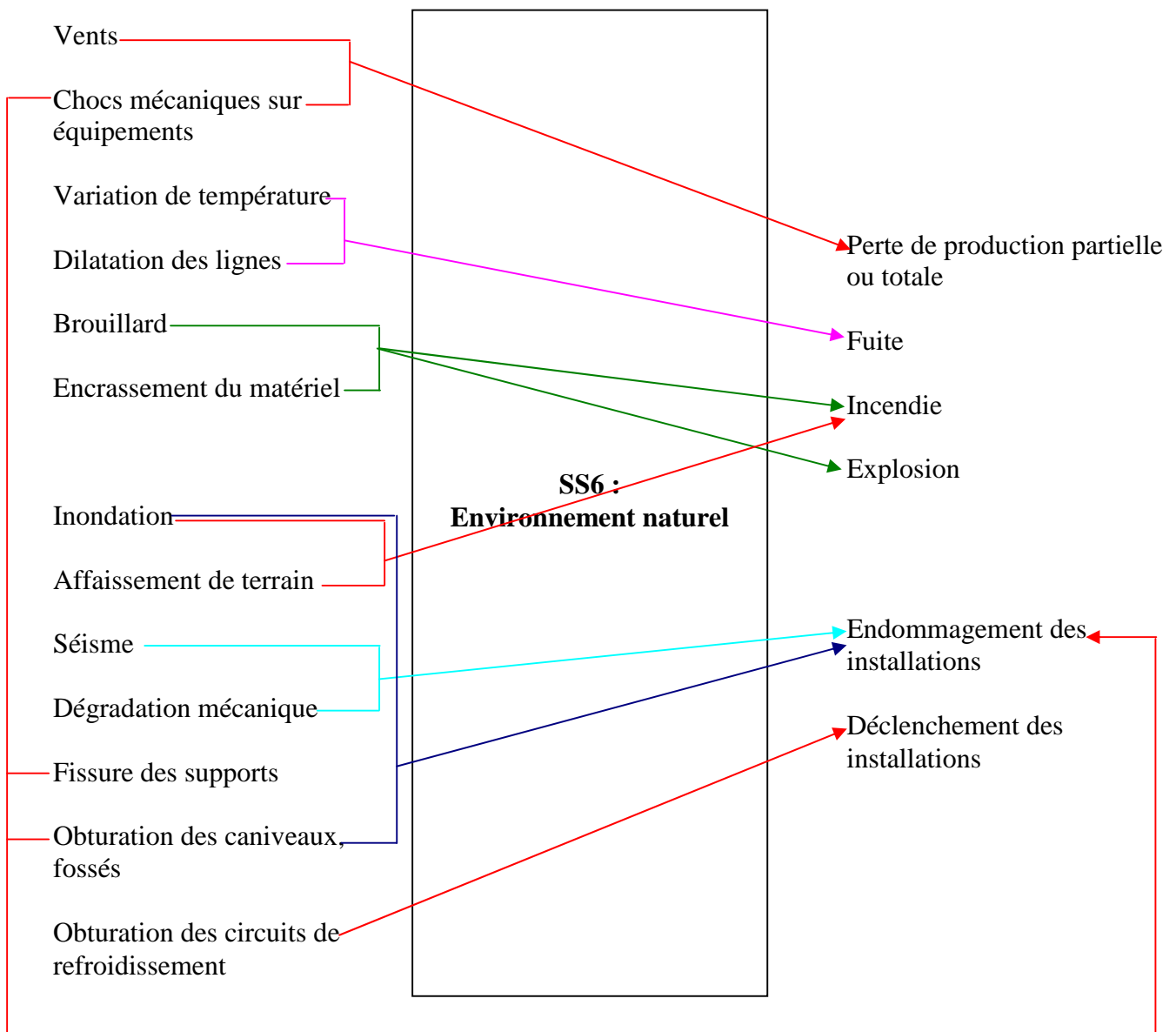


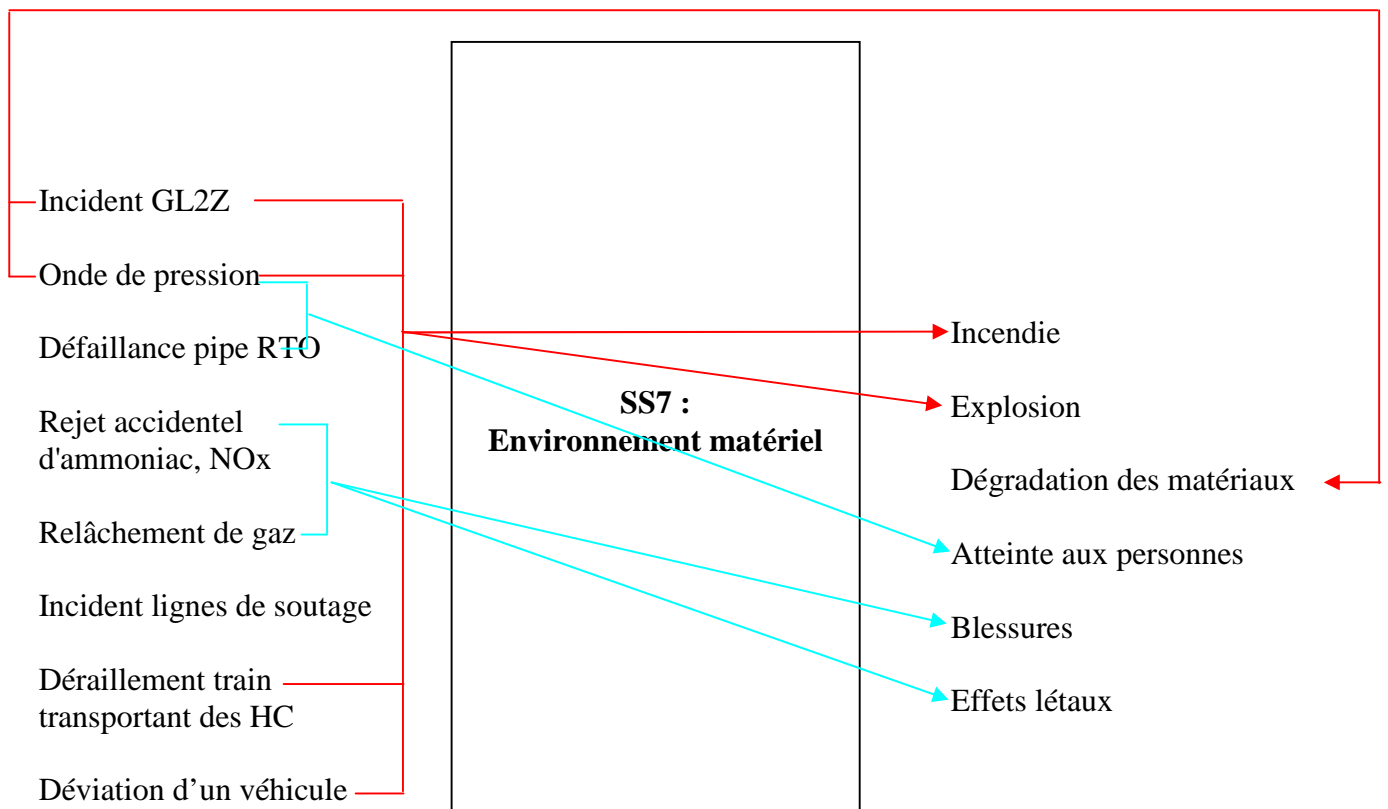








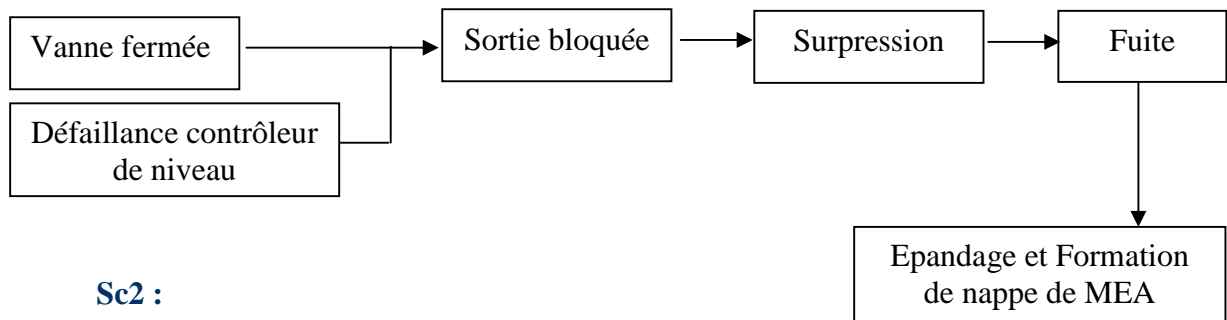




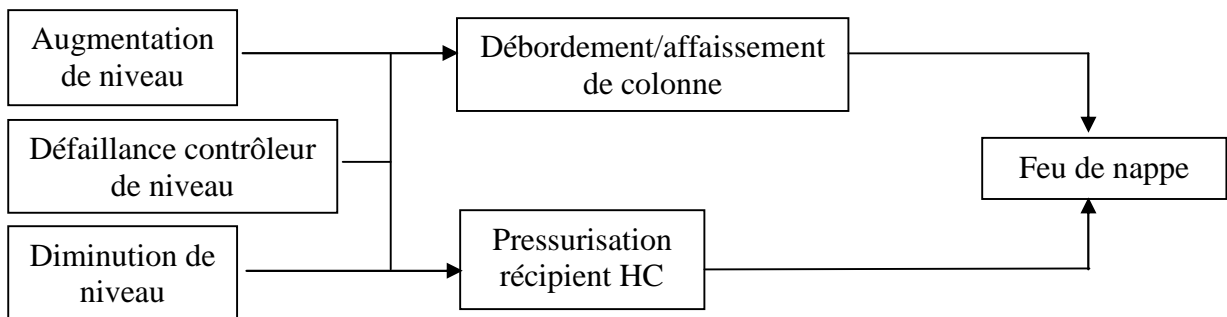
## V [L'application de la méthode MADS-MOSAR]

On peut réécrire ces scénarios de manière plus lisible :

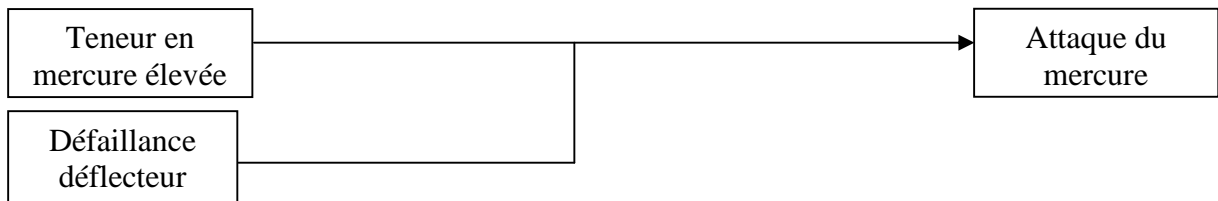
### Sc1 :



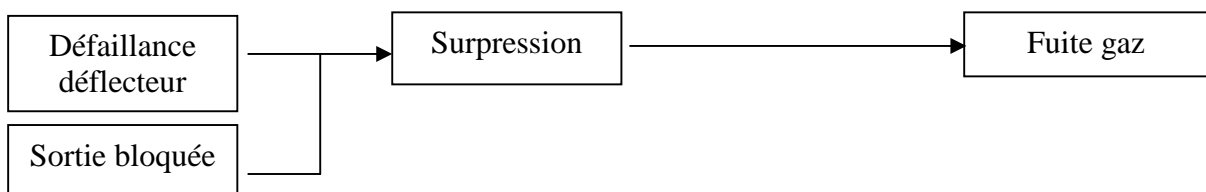
### Sc2 :



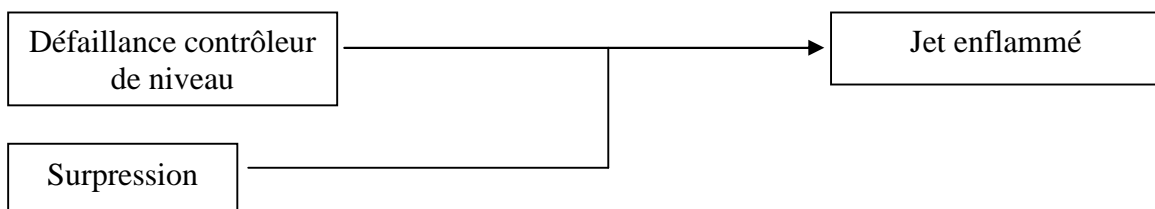
### Sc3 :



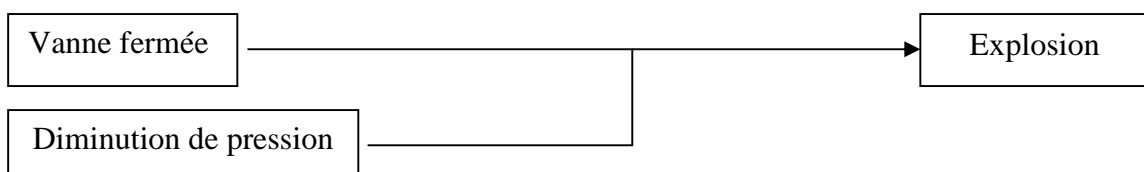
### Sc4 :



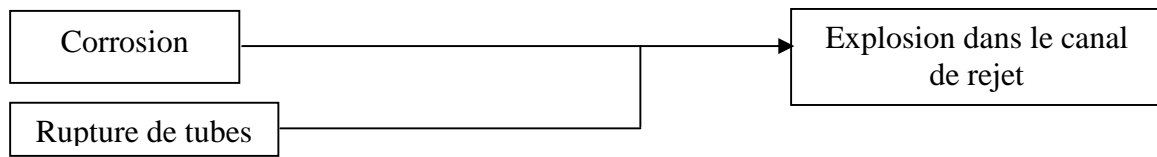
### Sc5 :



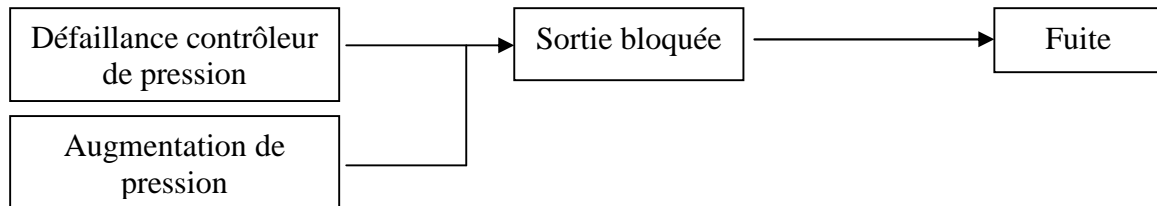
### Sc6 :



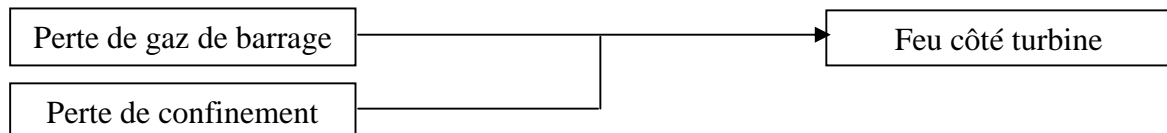
**Sc7 :**



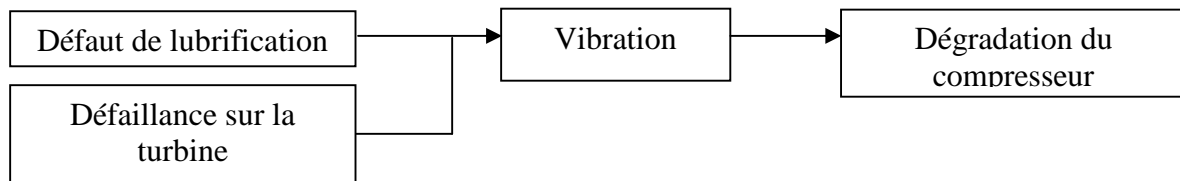
**Sc8 :**



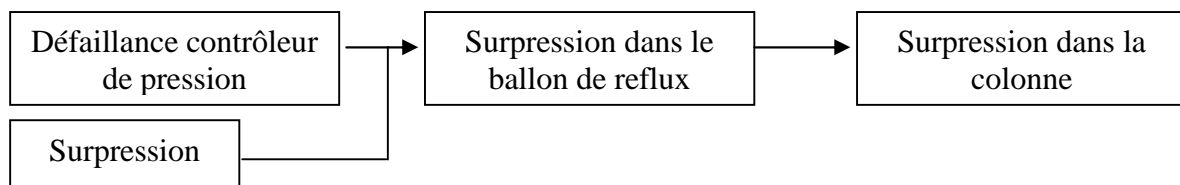
**Sc9 :**



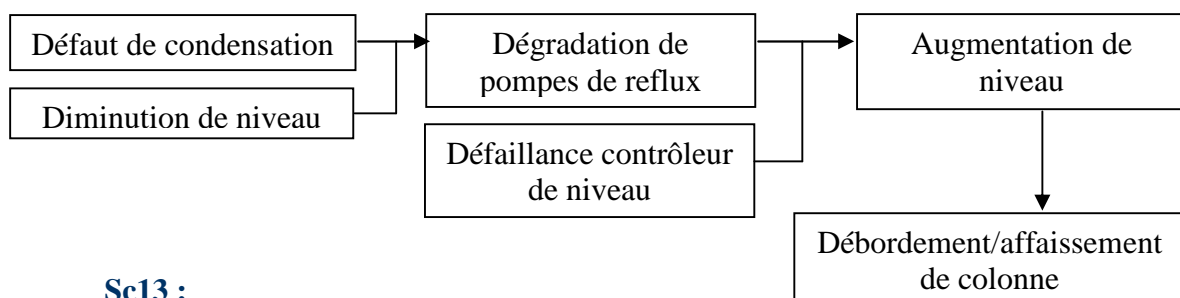
**Sc10 :**



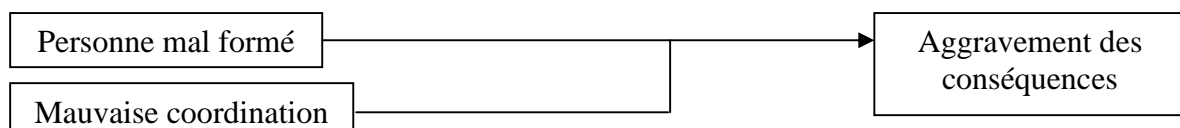
**Sc11 :**



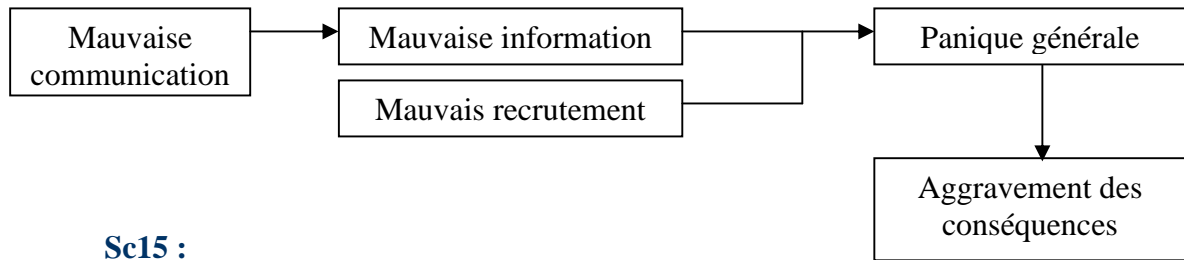
**Sc12 :**



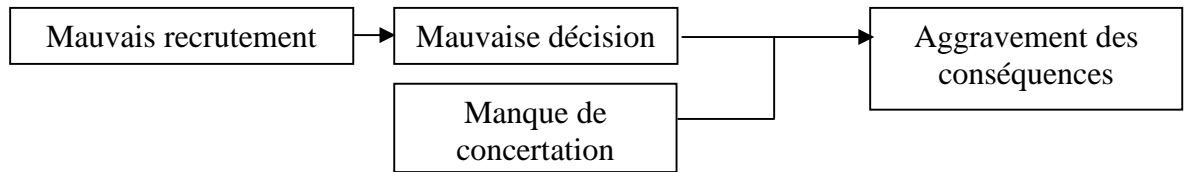
**Sc13 :**



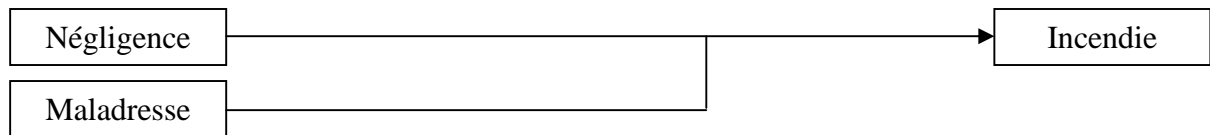
**Sc14 :**



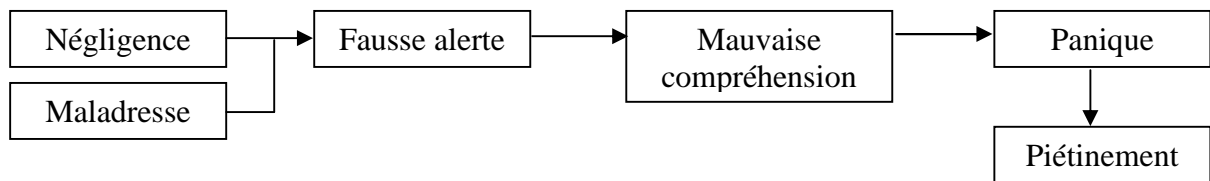
**Sc15 :**



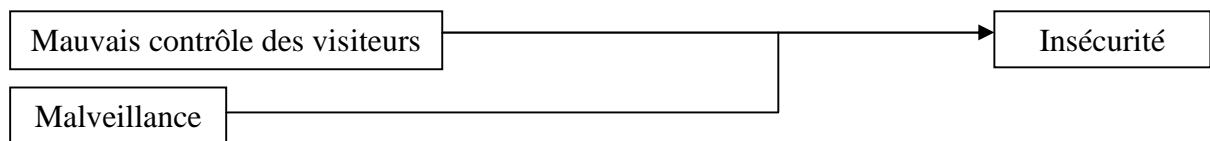
**Sc16 :**



**Sc17 :**



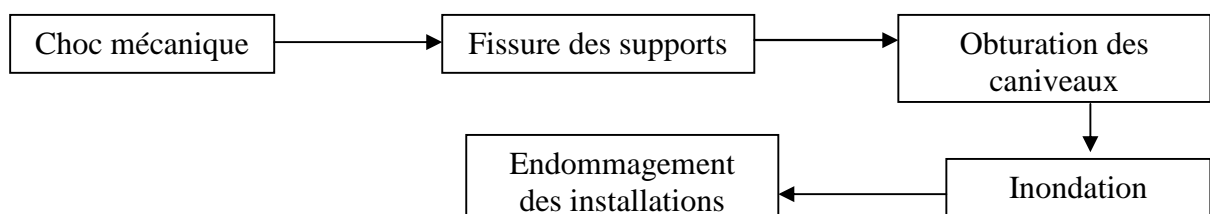
**Sc18 :**



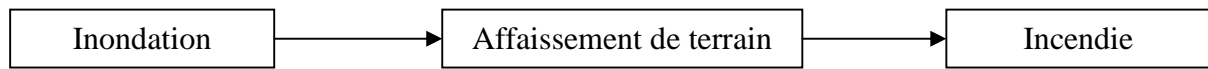
**Sc19 :**



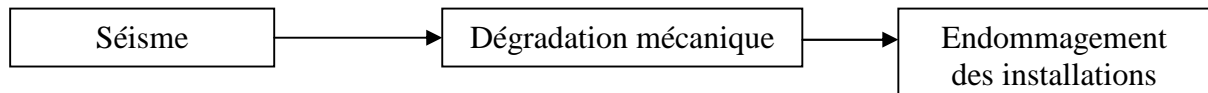
**Sc20 :**



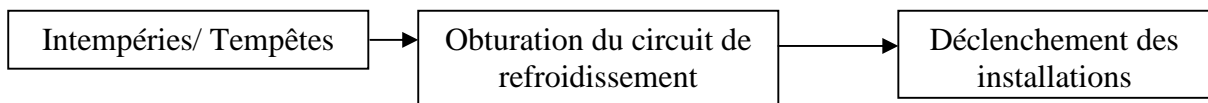
**Sc21 :**



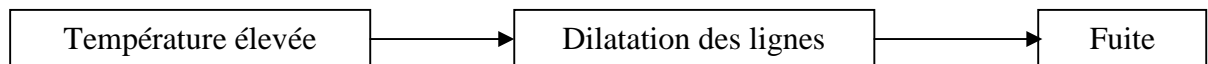
**Sc22 :**



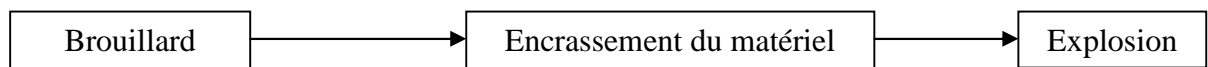
**Sc23 :**



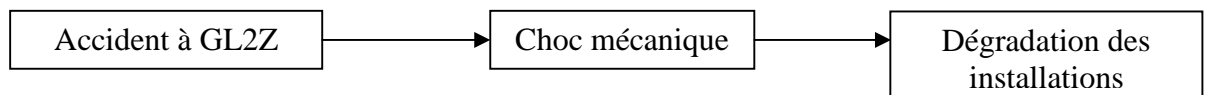
**Sc24 :**



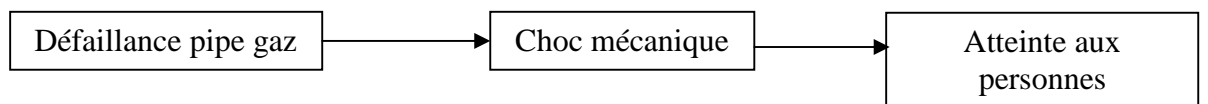
**Sc25 :**



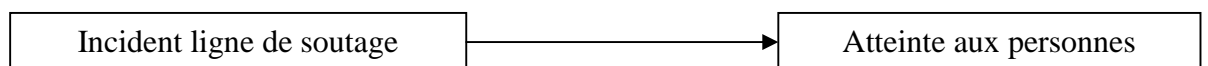
**Sc26 :**



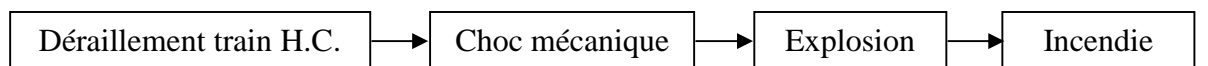
**Sc27 :**



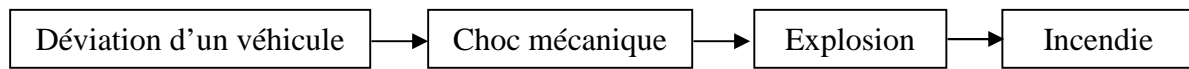
**Sc28 :**



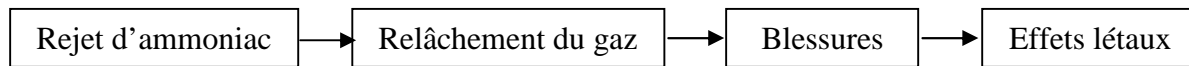
**Sc29 :**



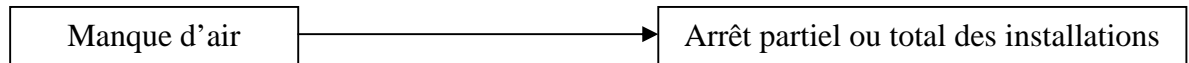
**Sc30 :**



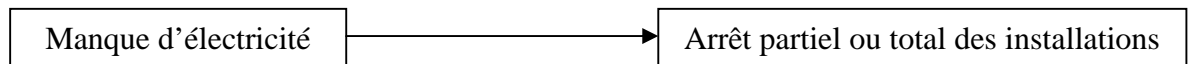
**Sc31 :**



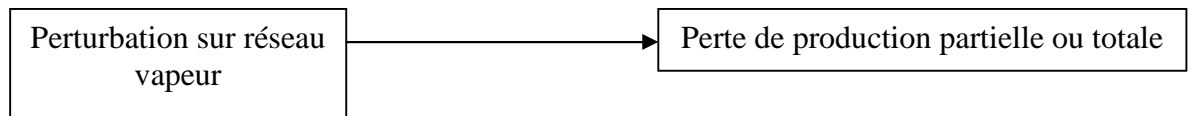
**Sc32 :**



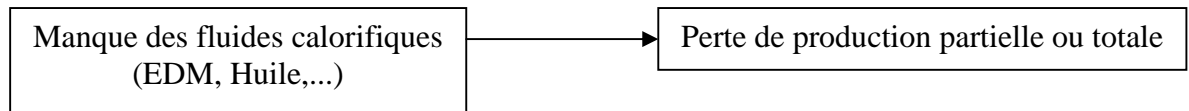
**Sc33 :**



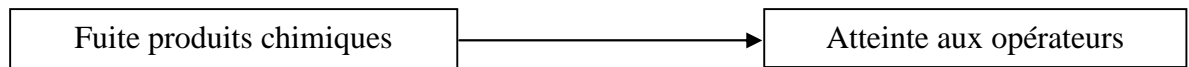
**Sc34 :**



**Sc35 :**

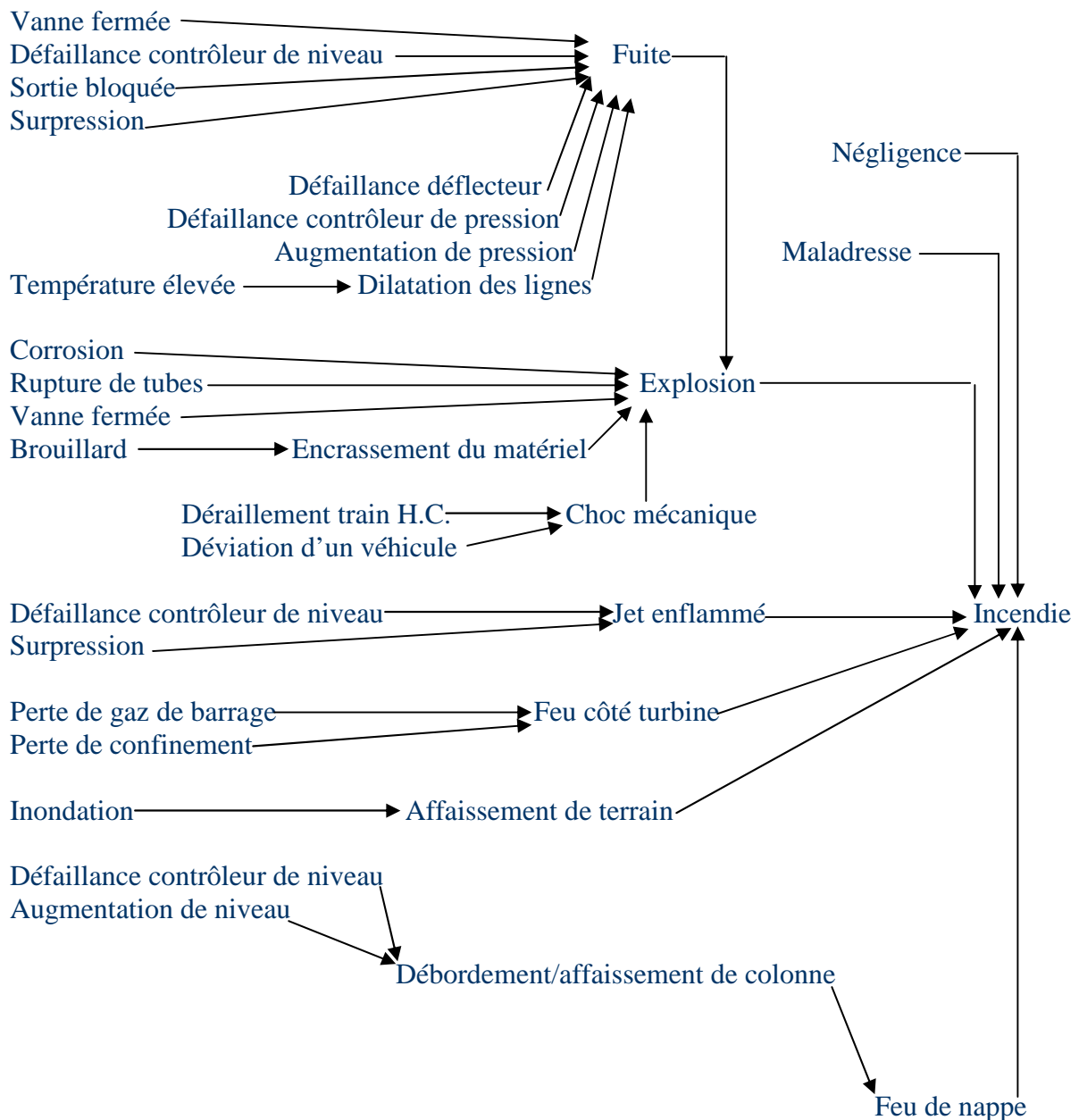


**Sc36 :**



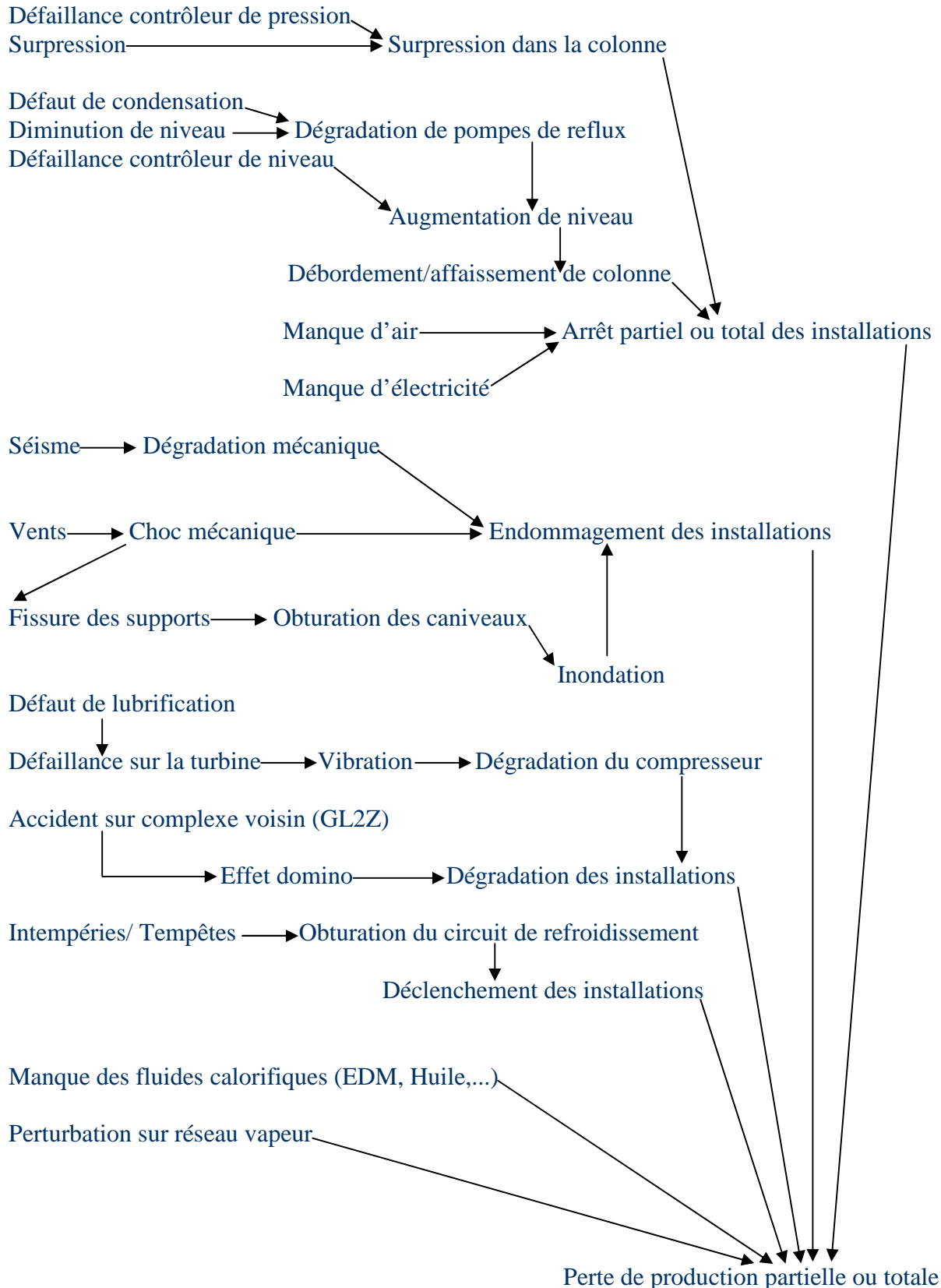
Maintenant que nous avons déterminé quelques scénarios courts et d'autodestruction, nous allons envisager des scénarios dits longs. Si l'on met toutes les boîtes noires sur une même page, il est possible de relier les sorties de certaines de ces boîtes qui sont de même nature que les entrées d'autres boîtes. On obtient ainsi des scénarios longs d'enchaînements d'évènements ou scénarios de proximité ou aussi scénarios principaux d'ENS.

**Sc37** : Scénario long avec comme évènement principal « incendie »

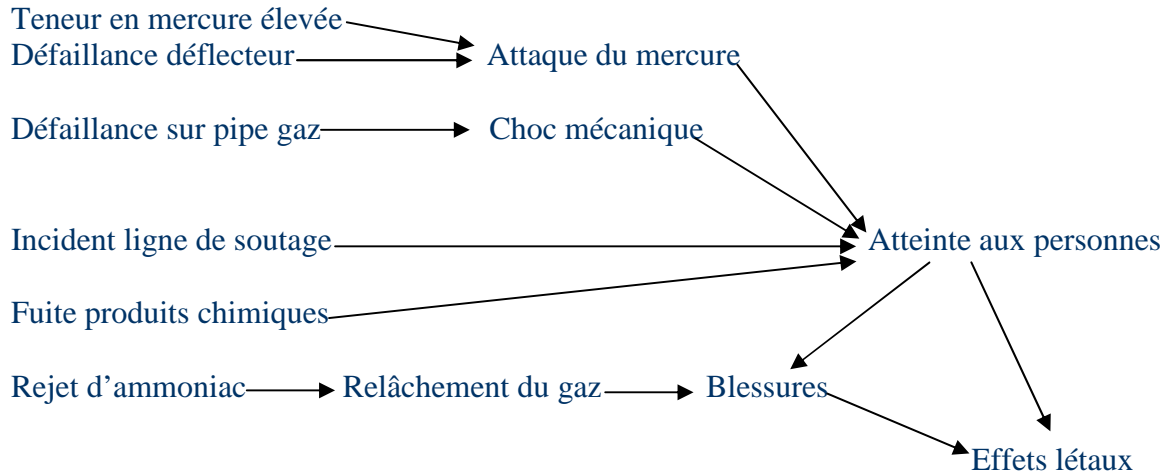




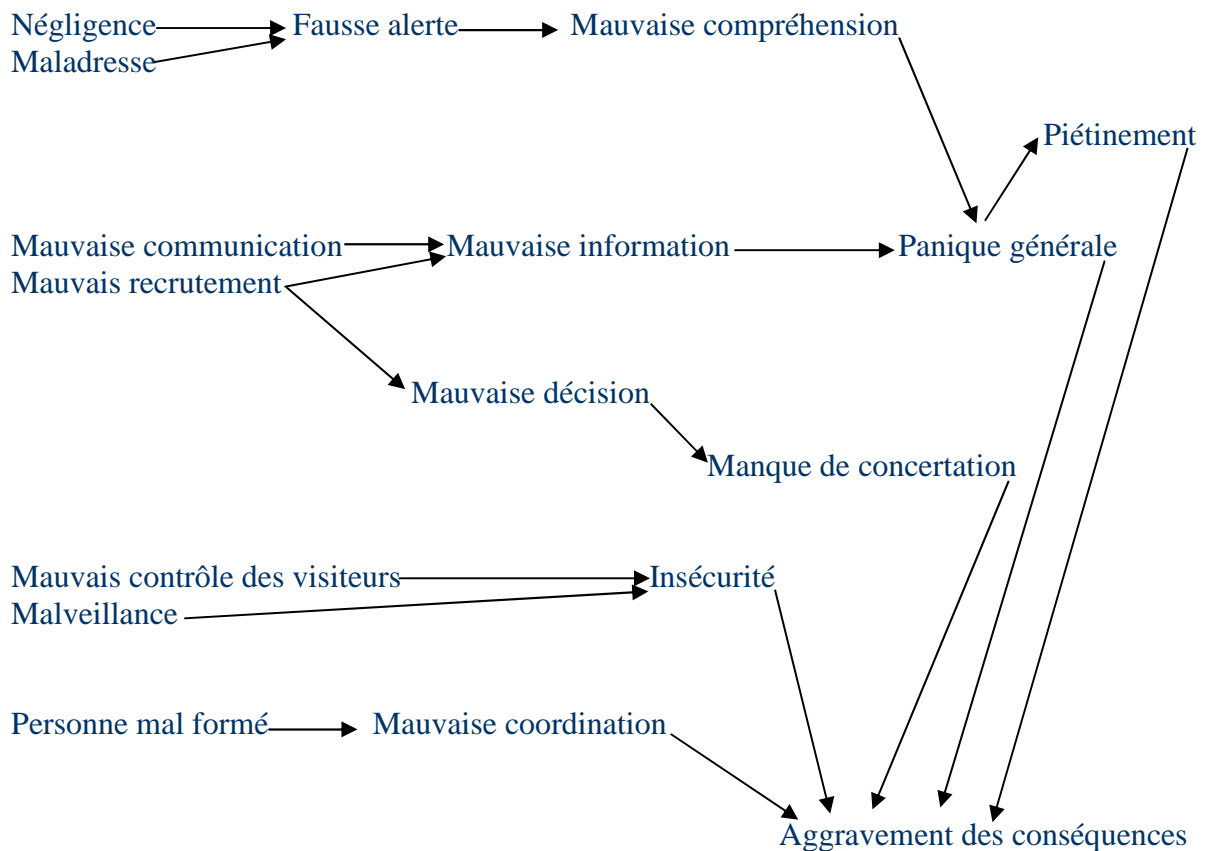
**Sc38** : Scénario long avec comme évènement principal « perte de production partielle ou totale ».



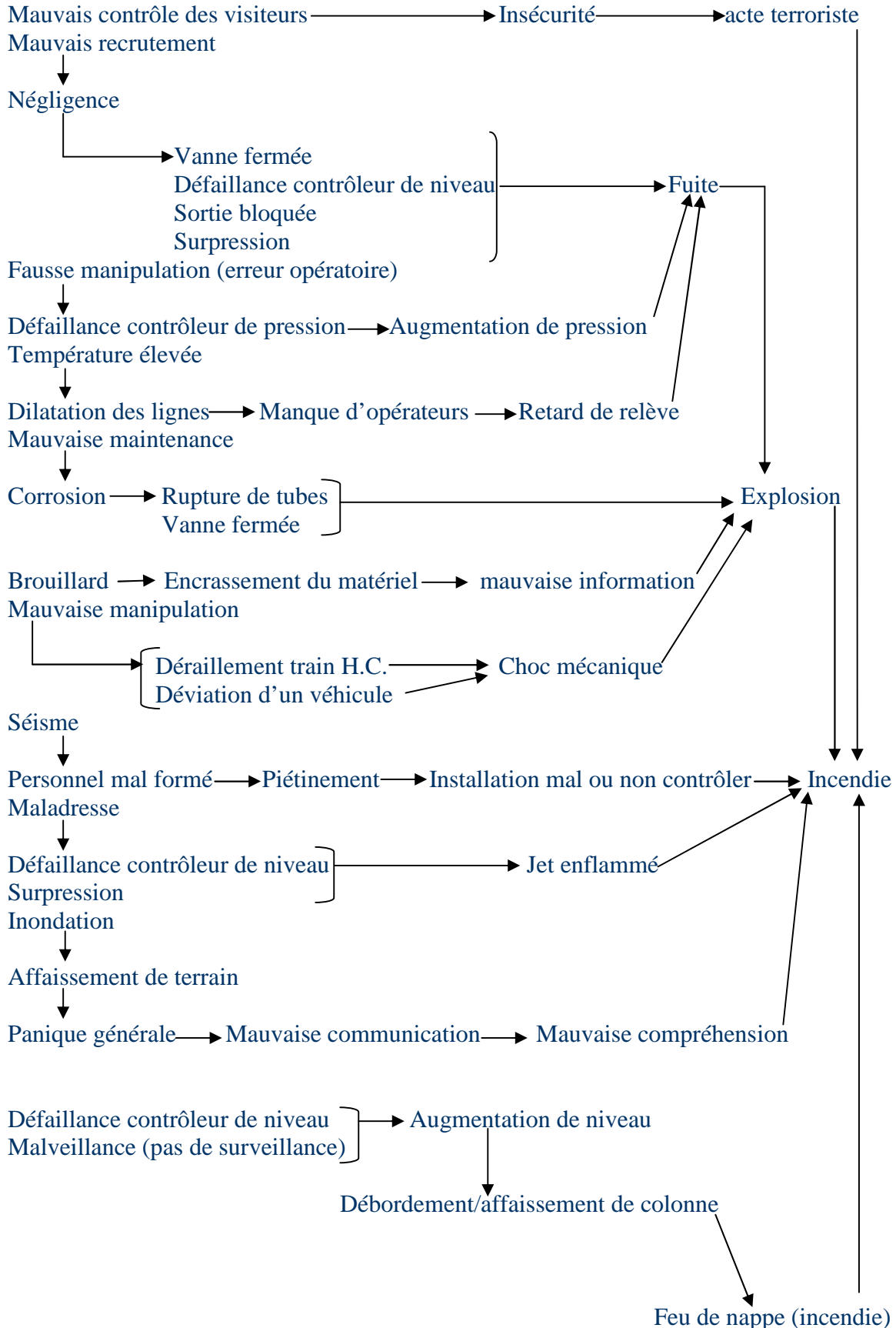
**Sc39** : Scénario long avec comme évènement principal « blessures et effets létaux ».



**Sc40** : Scénario long avec comme évènement principal insécurité et aggravement des conséquences.



**Sc41** : Scénario long élaboré à partir des effets de l'environnement matériel, naturel et aux comportements du facteur humain en ses différents paliers de la responsabilité



**V.4- 3ème étape du module A : évaluation des scénarios de risques :**

Comme nous l'avons vu plus haut, cette étape permet d'évaluer les risques quantitativement par l'utilisation de logiciels notamment ou qualitativement par travail de groupe si le calcul n'est pas réalisable. Pour cela, nous avons fait un travail de groupe Pour construire un arbre des causes. Pour la construction de cet arbre des causes, nous n'avons considéré que les scénarios conduisant à un incendie explosion, à un arrêt de production ou à un arrêt de travail.

Chaque événement élémentaire a été affecté d'une probabilité d'occurrence qui nous paraissait correspondre le mieux à la réalité.

**ARBRE DES CAUSES :**

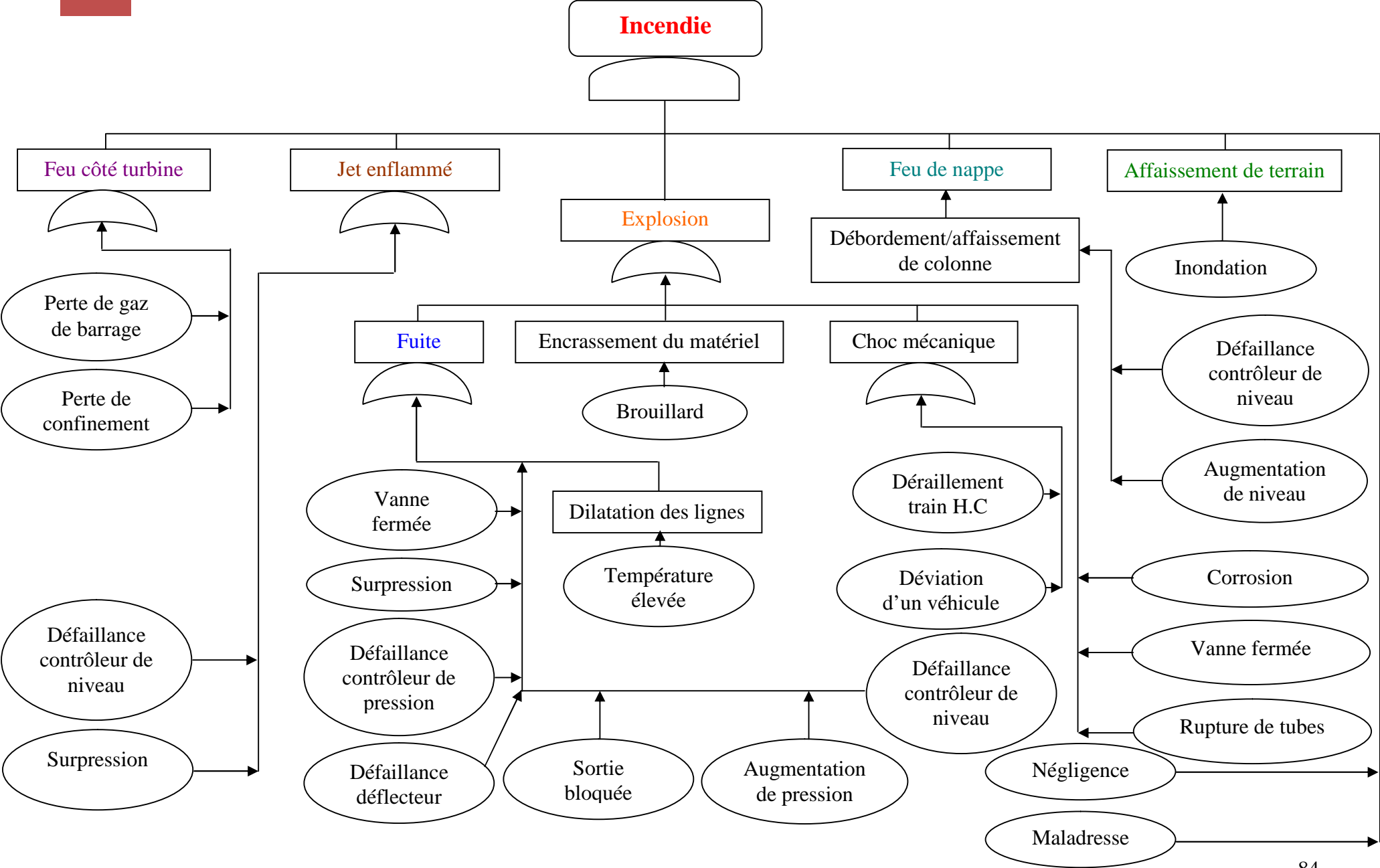
L'arbre des causes, s'attache à identifier les causes d'un accident éventuel. Ainsi, l'origine d'un scénario d'accident peut résulter de :

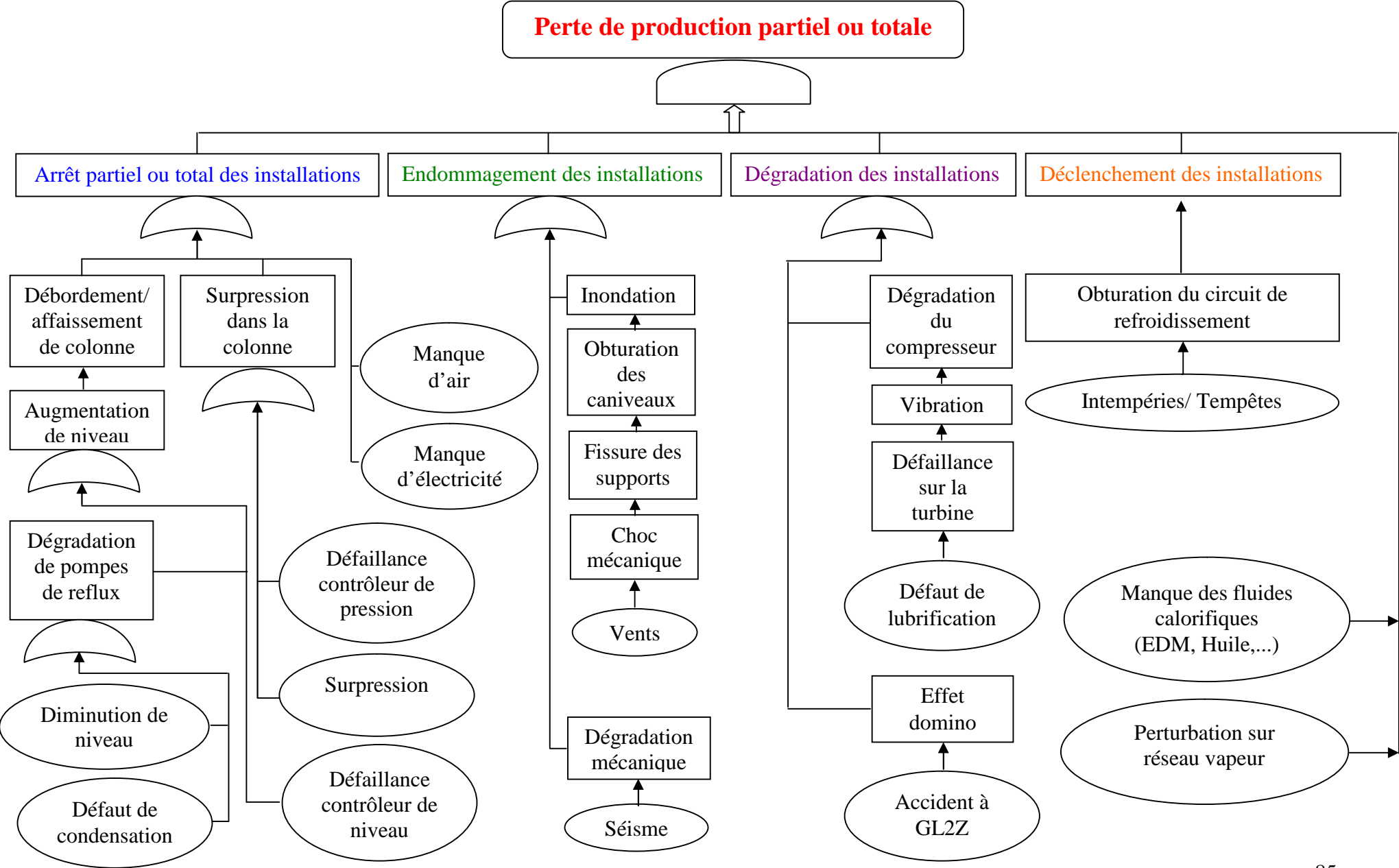
Un ou la combinaison de plusieurs événements indésirables,

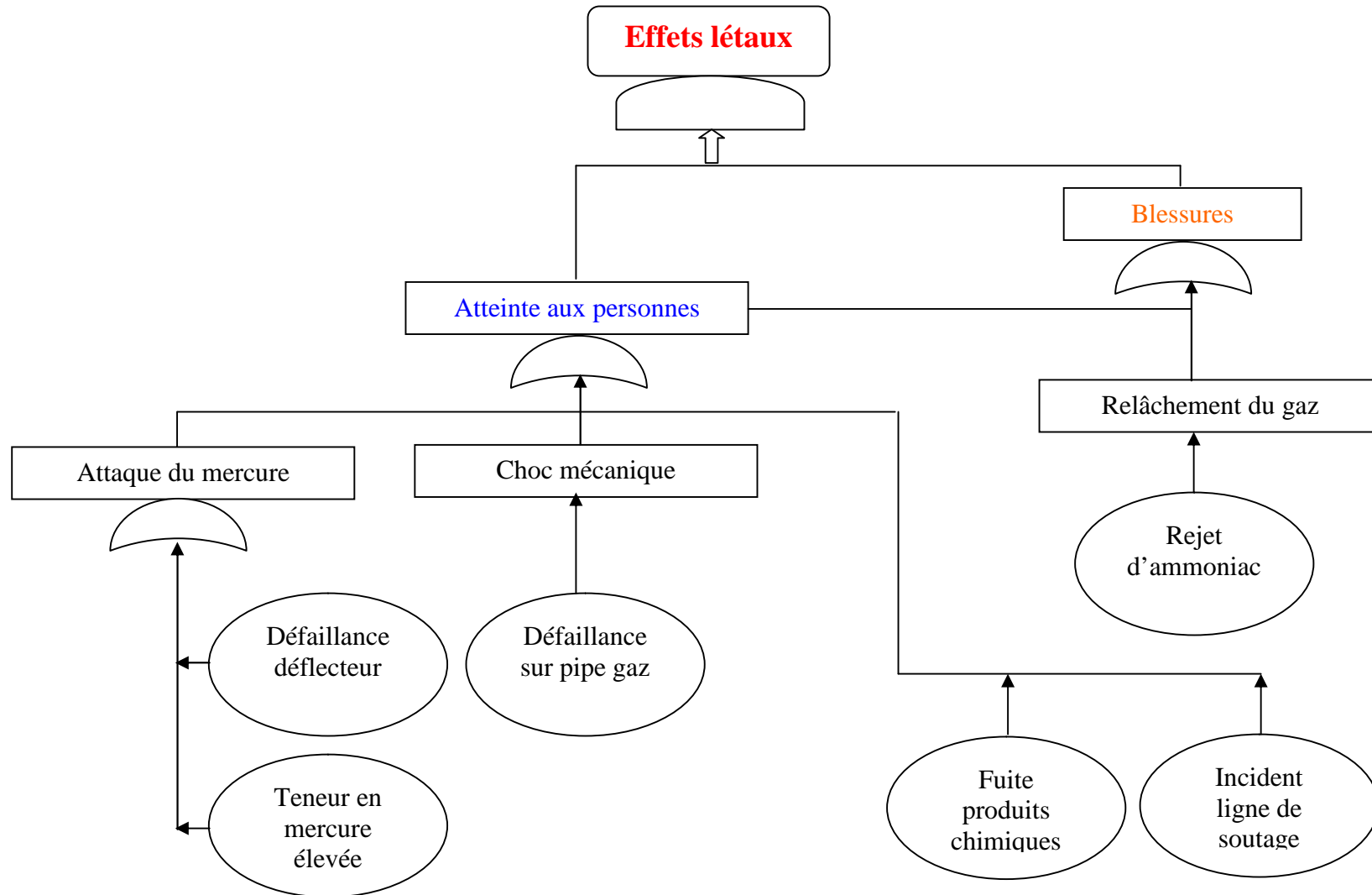
Un événement est qualifié d'indésirable lorsque son occurrence est exceptionnelle et extérieure au champ des conditions normales d'exploitation.

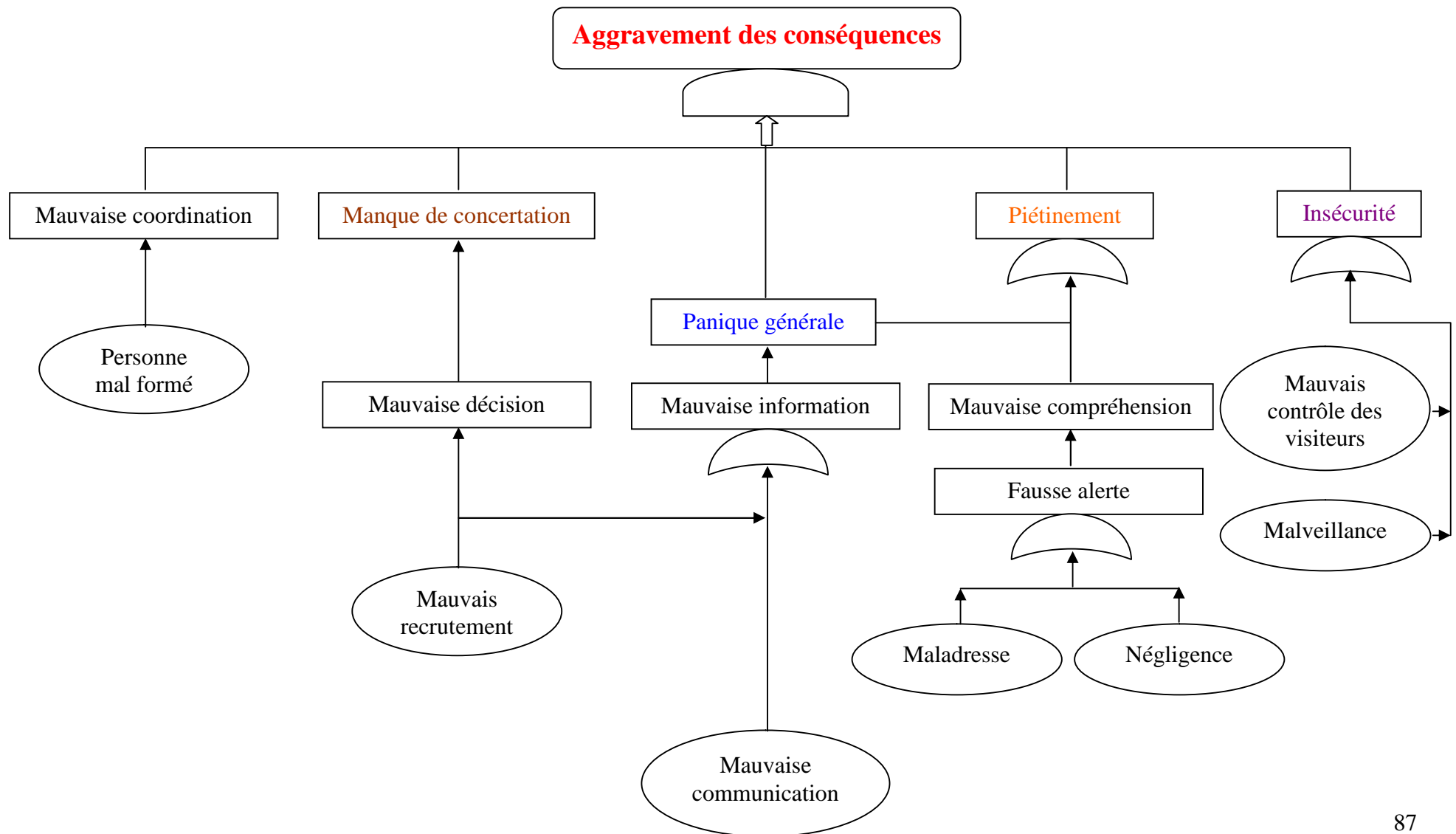


[L'application de la méthode MADS-MOSAR]

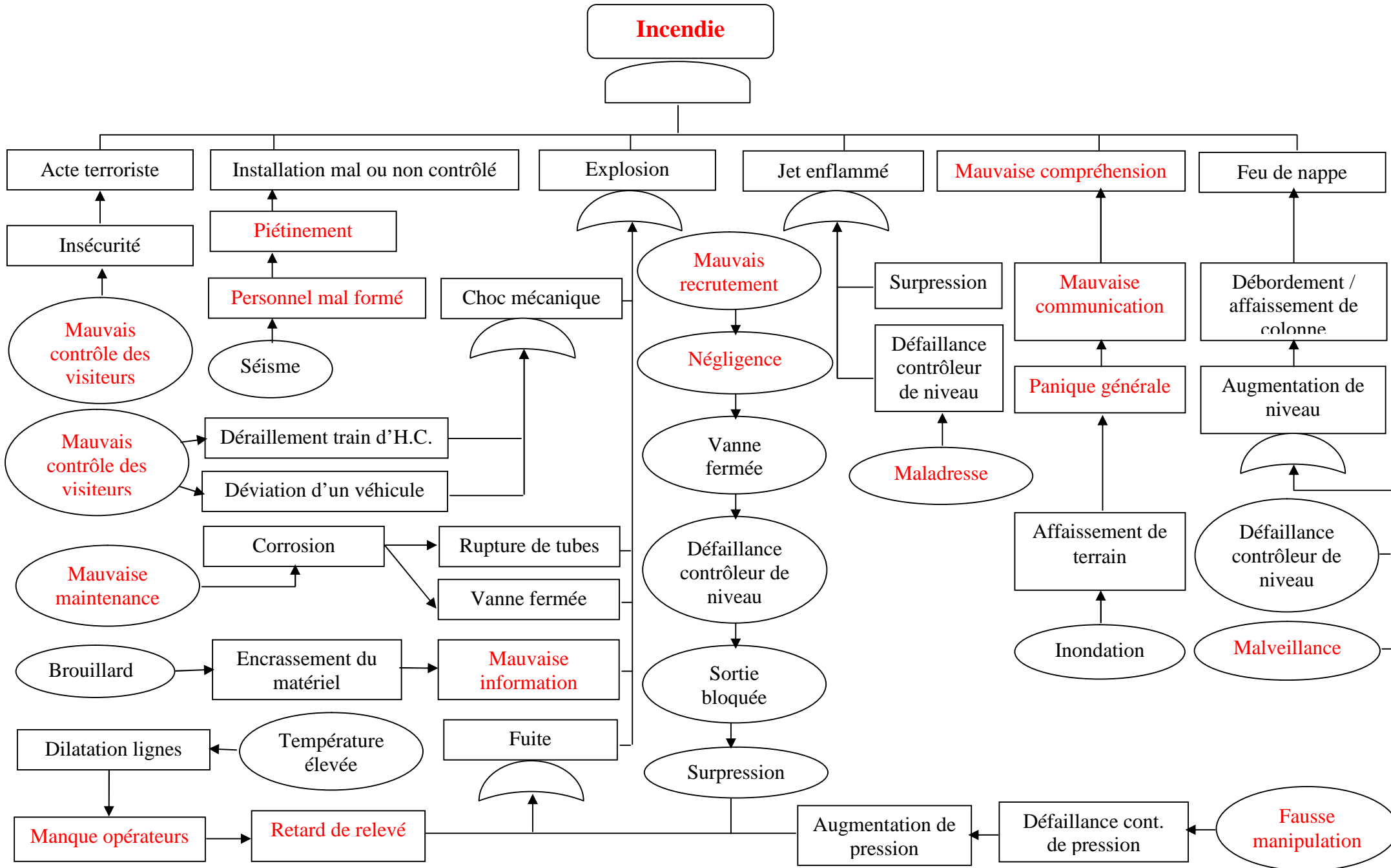










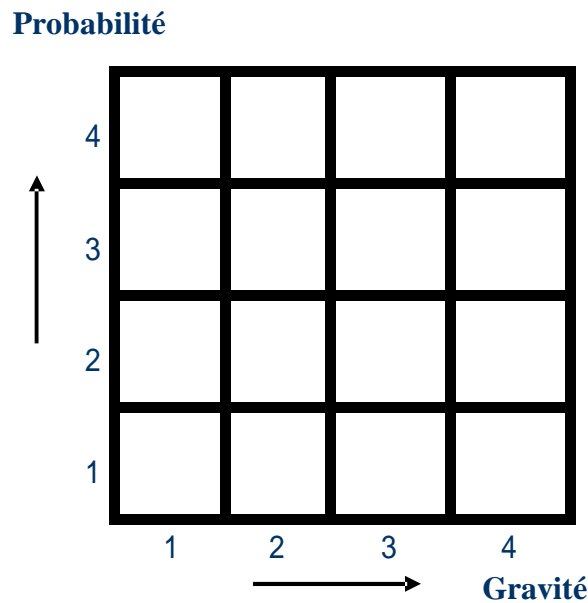


**V.5- 4ème étape du module A : Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios :**

Jusqu'ici nous n'avons pas situé le travail d'analyse par rapport à des objectifs. Dans un premier temps, il est nécessaire de construire un outil qui permettra de concrétiser ces objectifs. Celui choisi est la grille gravité x probabilités. Nous allons négocier les niveaux des deux axes de la grille. Nous allons construire des axes à quatre niveaux (nombre pair afin de ne pas se situer à un niveau médian). Dans un deuxième temps, il est nécessaire de faire passer la frontière entre ce qui acceptable et ce qui ne l'est pas. Ceci constitue le deuxième niveau de négociation.

Le travail s'est déroulé de la manière suivante :

- 1- Construction d'un outil qui permettra de concrétiser ces objectifs. Celui choisi est la grille gravité x probabilité.
- 2- Négociation des niveaux des deux axes de la grille.

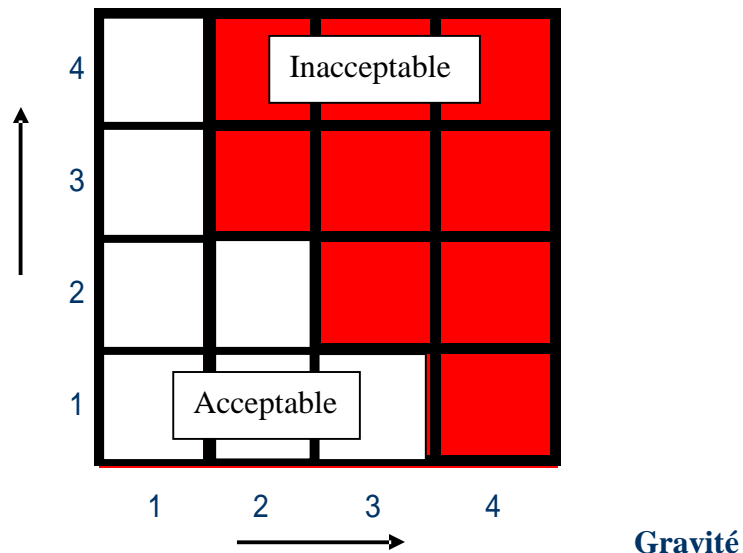


**Figure 15 :**  
Premier niveau de négociation :  
Négociation des échelles.

3- Délimitation de la frontière entre l'acceptable et l'inacceptable.

On s'est mis d'accord (en se référant aux études à la bibliographie, une lecture de différents cas) de faire passer la frontière entre ce qui est acceptable et ce qui ne l'est pas.

**Probabilité**



**Figure 16 :**  
**Deuxième niveau de négociation :**  
**Passage de la frontière.**

4- Définition de la probabilité et de la gravité :

La définition de la probabilité a fait l'objet d'une étape à part lors des négociations, nous avons choisis quatre (04) niveaux de gravité et quatre (04) niveau de probabilité, afin que nous n'ayons pas de scénarios qui seront situés ni dans l'acceptable ni dans l'inacceptable.

Pour les niveaux de probabilité nous somme partie du très improbable (P1) au probable (P4). Quand au niveau de gravité, nous nous somme mis d'accord (en se basant sur les définitions les plus courantes dans la bibliographie) que la gravité G1 représente le scénario le moins catastrophe avec effets mineur sur une cible et des blessures légères.

Par ailleurs, la gravité G4 représente le niveau le plus grave avec comme scénario : effet sur une cible très important avec mort d'homme.

Tableau 4 :

Note	Niveau	Définition de la fréquence (probabilité)
4	<b>Fréquent</b>	L'événement se produira certainement une fois dans les 12 prochains mois
3	<b>Probable</b>	L'événement s'est déjà produit. Il peut à nouveau se produire avec une fréquence d'une fois tous les 10 ans
2	<b>Possible</b>	L'événement peut se produire une fois durant une vie professionnelle (une fois tous les 30 ans)
1	<b>Improbable</b>	L'événement est difficilement envisageable. Il n'a jamais été observé dans des entreprises ou installations similaires.

Tableau 5 :

Note	Niveau	Définition de la gravité
4	<b>Catastrophique</b>	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 12 mois ou plus d'arrêt total ou quasi-total</li> <li>➤ Un dommage aux biens très important</li> <li>➤ La perte éventuelle de multiples vies humaines</li> <li>➤ Une perte de crédibilité importante du site auprès du siège, des clients, des sous-traitants, du personnel et du public</li> </ul>
3	<b>Majeur</b>	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Un arrêt de l'activité interrompant la livraison de produits sur un délai supérieur à la capacité des stocks tampons (réduction de l'activité commerciale)</li> <li>➤ La perte ou l'indisponibilité de biens importants</li> <li>➤ La perte éventuelle de vies humaines</li> <li>➤ Une diminution durable de la qualité du service</li> </ul>
2	<b>Modéré</b>	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Un arrêt d'une unité interrompant la livraison des produits sur un délai inférieur à la capacité des stocks tampons (maintien de l'activité commerciale)</li> <li>➤ Des frais de remise en état</li> <li>➤ Une diminution ponctuelle de la qualité du service</li> </ul>
1	<b>Mineur</b>	La situation entraîne une perturbation de la production sans conséquence notable

5- Définition du risque : on a adopté la définition de Seveso 2.

On reprenant les définitions de la probabilité / gravité on obtient la criticité - risque, telle que rapporté dans le tableau suivant.

Tableau 6:

Probabilité	Gravité	Risque-Criticité
P1=4	G1=4	R=16
P2=3	G2=3	R=9
P3=2	G3=2	R=4
P4=1	G4=1	R=1

6. Hiérarchisation des scénarios de risques : Nous allons maintenant faire une situation des scénarios dans les grilles G x P et une hiérarchisation de ces derniers. Au vu des définitions de gravité et de probabilité, on classe les différents scénarios de la manière suivante :

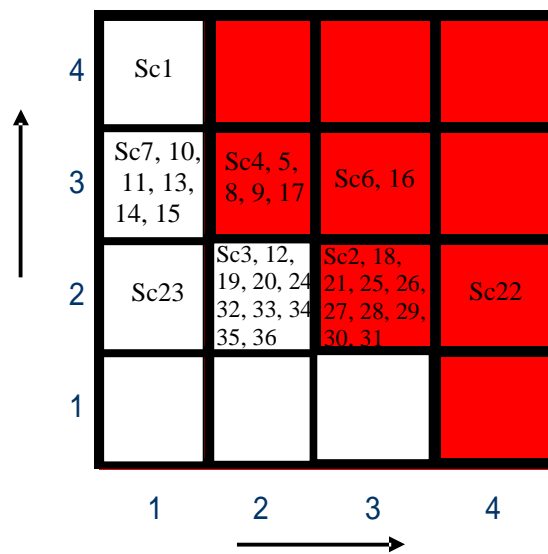
Tableau 7 :

Scénarios	Probabilité	Gravité	Criticité
Sc1	P1=4	G4=1	4
Sc2	P3=2	G2=3	6
Sc3	P3=2	G3=2	4
Sc4	P2=3	G3=2	6
Sc5	P2=3	G3=2	6
Sc6	P2=3	G2=3	9
Sc7	P2=3	G4=1	3
Sc8	P2=3	G3=2	6
Sc9	P2=3	G3=2	6
Sc10	P2=3	G4=1	3
Sc11	P2=3	G4=1	3
Sc12	P3=2	G3=2	4
Sc13	P2=3	G4=1	3
Sc14	P2=3	G4=1	3
Sc15	P2=3	G4=1	3
Sc16	P2=3	G2=3	9
Sc17	P2=3	G3=2	6
Sc18	P3=2	G2=3	6
Sc19	P3=2	G3=2	4
Sc20	P3=2	G3=2	4
Sc21	P3=2	G2=3	6
Sc22	P3=2	G1=4	8
Sc23	P3=2	G4=1	2
Sc24	P3=2	G3=2	4

Sc25	P3=2	G2=3	6
Sc26	P3=2	G2=3	6
Sc27	P3=2	G2=3	6
Sc28	P3=2	G2=3	6
Sc29	P3=2	G2=3	6
Sc30	P3=2	G2=3	6
Sc31	P3=2	G2=3	6
Sc32	P3=2	G3=2	4
Sc33	P3=2	G3=2	4
Sc34	P3=2	G3=2	4
Sc35	P3=2	G3=2	4
Sc36	P3=2	G3=2	4

7- On peut ainsi les situer dans la grille GXP afin de voir s'ils sont dans le domaine de l'acceptabilité ou l'inacceptabilité.

**Probabilité**



**Figure 17 :  
Hiérarchisation des scénarios de risques :  
Les situer dans la grille GXP.**

Suite à cette négociation sur l'acceptabilité et l'inacceptabilité des scénarios ; il ressort que :  
Les scénarios 2, 4, 5, 6, 8, 9, 16, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 ; se trouvent dans l'inacceptabilité ; Ce qui nous amène à passer à l'étape suivante : la prévention.

### **V.6- 5ème étape du module A : Définition des moyens de prévention et de protection et qualification de ces moyens :**

Nous allons maintenant essayer d'identifier des barrières de prévention et de protection. Ces barrières vont permettre de neutraliser les scénarios de risque, de les réduire en terme de gravité ou de fréquence ou des deux. Ainsi, ils passeront peut être du côté acceptable de la frontière. Elles sont de deux ordres :

a- Barrières opératoires ou d'utilisation (BU) : Ce sont des actions nécessitant une intervention humaine, reposant sur une consigne précise, activée ou non par un ensemble technologique. Elles concernent les situations suivantes :

- Formation continue de personnels d'opérations sur les risques encourus et le processus à suivre en cas d'incident
- Tenu de sécurité (habillement, chaussures et équipements de protection).
- Agents en bonne santé : contrôle médical permanent.
- Consignes de sécurité : en cas d'incendie.
- Secourisme : premier soins sur les lieux en cas d'accident.
- Inspection visuelle fréquente à chaque prise de quart.
- Inspection des lignes après décalorifugeage (tuyauterie, brides, soudures et chaînes surtout).
- Inspection (interne & externe) fréquente des calandres après décalorifugeage pour vérifier les points de corrosion é surtout lors des arrêts périodiques.
- Prise d'épaisseur et changement des tronçons corrodés ou ceux dont l'épaisseur a diminué de 20% de son épaisseur nominale.
- Mesures pyrométriques des tubes selon les procédures.
- Ressuage en vue de détecter les fuites (rayons x) en cas de doute.
- Contrôle fréquent du bon fonctionnement des vannes, purge, événements.
- Maintien de l'instrumentation en bon état de fonctionnement et test inter - look de vérification.
- Contrôle de la fiabilité des instruments.
- Test des détecteurs de gaz (vérification de fonctionnalité).
- Test des rideaux d'eau et rideaux de vapeur.
- Vérification des connexions sur les bouteilles quotidiennement à l'aide d'un détecteur portatif.
- Respect des procédures de démarrage & de la consignation.
- Surveillance continue des paramètres process.
- Respect impératif de la procédure de fonctionnement.
- Interdiction d'accès aux installations aux personnes étrangères.

b- Barrières technologiques (BT) : Ce sont des éléments ou ensemble technologique faisant partie de l'installation empêchant l'apparition d'événement gênant et indépendant de l'activité humaine. Elles concernent les situations suivantes :

- Matériaux de construction : choix des matériaux selon les normes.
- Installations électriques : centralisation électriques.
- Installations fixes : rénovation, modernisation.
- Cadre de travail : amélioration continu (vestiaires, douches, ergonomie ...).
- Réglementation : s'y conformer et s'y adapter.
- Maintenance préventive.
- Télésurveillance.

Hierarchisation des scénarios des risques après mise des barrières :

Après avoir établi des barrières et être assurer qu'ils ne génèrent pas de nouveaux risques, on reproduit le tableau N°6 pour vérifier la situation des scénarios après la mise des barrières, les résultats obtenus sont reproduits dans le tableau N°7.

Tableau 8:

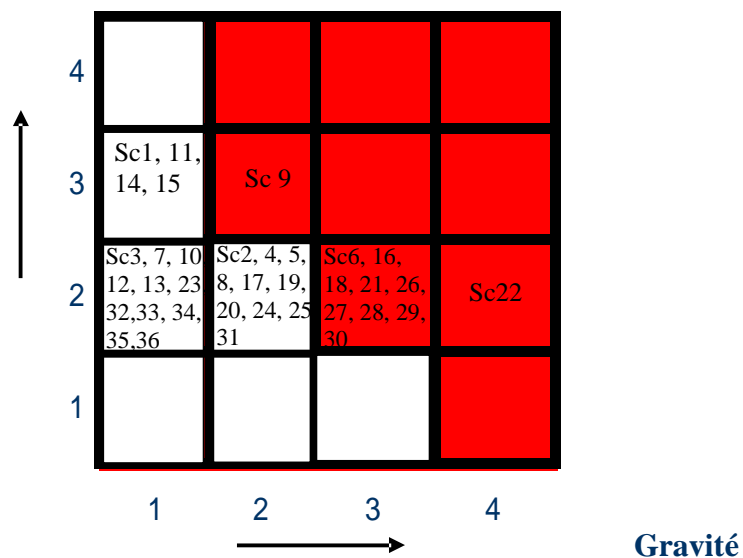
Scénarios	Probabilité	Gravité	Criticité
Sc1	P2=3	G4=1	3
Sc2	P3=2	G3=2	4
Sc3	P3=2	G4=1	2
Sc4	P3=2	G3=2	4
Sc5	P3=2	G3=2	4
Sc6	P3=2	G2=3	6
Sc7	P3=2	G4=1	2
Sc8	P3=2	G3=2	4
Sc9	P2=3	G3=2	6
Sc10	P3=2	G4=1	2
Sc11	P2=3	G4=1	3
Sc12	P3=2	G4=1	2
Sc13	P3=2	G4=1	2
Sc14	P2=3	G4=1	3
Sc15	P2=3	G4=1	3
Sc16	P3=2	G2=3	6
Sc17	P3=2	G3=2	4
Sc18	P3=2	G2=3	6
Sc19	P3=2	G3=2	4
Sc20	P3=2	G3=2	4
Sc21	P3=2	G2=3	6
Sc22	P3=2	G1=4	8
Sc23	P3=2	G4=1	2



Sc24	P3=2	G3=2	4
Sc25	P3=2	G3=2	4
Sc26	P3=2	G2=3	6
Sc27	P3=2	G2=3	6
Sc28	P3=2	G2=3	6
Sc29	P3=2	G2=3	6
Sc30	P3=2	G2=3	6
Sc31	P3=2	G3=2	4
Sc32	P3=2	G4=1	2
Sc33	P3=2	G4=1	2
Sc34	P3=2	G4=1	2
Sc35	P3=2	G4=1	2
Sc36	P3=2	G4=1	2

On reprend les scénarios tel que rapportés dans le tableau N°5 dans la grille PXG (Figure 18).

**Probabilité**



**Figure 18 : Probabilité x Gravité (Après mise des barrières d'ordre)**

On constate que Sauf les scénarios 2, 4, 5, 8, 17, 25 & 31 sont passé dans l'acceptabilité après la mise en forme des barrières.

Les scénarios 6, 9, 16, 18, 21, 22, 26, 27, 28, 29 & 30 se sont rapprochés de la zone limite entre l'acceptabilité et l'inacceptabilité, la criticité à diminuer mais ils restent du côté des risques jugés inacceptables. C'est ce que l'on appelle des risques résiduels. Ces risques restent encore trop importants car il devient très difficile de construire une barrière efficace.

## *CONCLUSION*

L'application de la méthode MADS-MOSAR à une installation de GNL telle que GLIZ nous a permis d'identifier quelques scénarios de risques et d'établir des barrières que nous pensons adéquates en vue d'éliminer les systèmes sources de dangers mais non suffisante. Il apparaît clairement que dans ce parcours, analyser les risques ; consiste à identifier, évaluer, maîtriser, manager et gérer ces derniers.

L'établissement de barrières ne veut nullement dire que nous sommes dans un scénario de risque zéro, le déroulement d'un événement non souhaité (incendie, explosion, débordement...etc.) N'est jamais acquise dans une installation industrielle d'où la nécessité d'élaborer un plan d'organisation interne et d'un plan particulier d'intervention.

Globalement, nous pouvons dire que MADS est une bonne méthode d'analyse de risque. En effet, si elle a été essentiellement créée pour des applications dans le monde de l'industrie, elle n'en reste pas moins parfaitement transposable à ce domaine.

Par conséquent, les faiblesses et les points forts de l'analyse des risques dans le domaine de l'industrie sont les mêmes que pour tout autre domaine. Le point négatif de la méthode est qu'elle ne nous dit pas si notre liste de scénarios ou de source de danger (tableau A) est complète. Par conséquent, nous avons en permanence une liste non exhaustive d'événements, ce qui peut amener à oublier certains risques. Mis à part cet aspect, la méthode MADS s'utilise très facilement. De plus, et cela est très intéressant pour notre étude mais aussi pour d'autres, elle est extrêmement flexible et s'adapte très bien à divers domaines.

Nous pensons que dans le futur, il faudra compléter cette étude en recherchant de nouveaux scénarios de risque, de nouvelles sources de danger et de nouvelles barrières. On pourra bien entendu réaliser le module B de la méthode, c'est à dire l'approche microscopique.

L'approche rigoureuse développée ci dessus a pour objectif de faire (ou de refaire) un inventaire exhaustif de tous les risques présents dans les installations avec pour chacun d'eux la possibilité de vérifier qu'une maîtrise en est assurée et surtout que les risques majeurs sont ramenés à un risque acceptable. Elle permet de s'assurer de façon rigoureuse qu'un lien avec le système de management de la sécurité a bien été fait notamment pour la gestion rigoureuse des barrières mises en place. Il va de soi que la mise en oeuvre d'une telle méthode ne peut être efficace qu'avec la participation active de l'industriel seul à posséder le passé et le présent de ses installations.

En conclusion, il y a lieu de souligner que nous vivons encore dans le paradigme hérité des années passées d'un système conduit par des opérateurs de proximité (de première ligne) responsables du comportement final de l'ensemble homme - machine. Néanmoins celui-ci s'est optimisé au fil des ans, en franchissant différentes barrières (travail en ambiances nocives, travail de nuit, travail sur écrans, conduite à distance, aides automatisées, etc.). Par ailleurs, les solutions techniques ont améliorés mais en augmentant progressivement la complexité du système, et cette complexité est devenue le point limitant l'action du facteur humain. Celui-ci doit s'adapter aux exigences de la complexification des systèmes sociotechniques. Son rôle étant capital dans l'évitement des dérives accidentelles ou intentionnelles, prévisibles ou imprévisibles à caractère risque mineur ou majeur.

Les solutions existent potentiellement, mais elles demandent une éducation des différents acteurs aux risques et un changement conséquent de mentalité à tous les niveaux de la hiérarchie. Il s'agit de repenser la relation entre la technique et l'homme dans le dialogue des disciplines. Il s'agit d'entamer une logique d'intégration, de confrontation, une mise en tension permanente dans un esprit constructif.

Il est admis quand la technique et l'homme doivent s'assembler, la résultante est irréductiblement hétérogène. Même si la part intégrable de l'homme progresse de pair avec la connaissance, elle n'en demeure pas moins marginale en regard de sa globalité : *l'homme ne peut être appréhendé sous forme de facteur, il est l'acteur et l'acteur principal.*

## *Bibliographies*

- [1] BELKHATIR A. Systémie, complexité, lois du chaos et Méthode de Conceptualisation Relativisée MCR : Nouveaux Concepts et construits pour une science du danger en devenir. 2010. 27p.
- [2] KEMPOWSKY. SURVEILLANCE DE PROCÉDES A BASE DE METHODES DE CLASSIFICATION : CONCEPTION D'UN OUTIL D'AIDE POUR LA DETECTION ET LE DIAGNOSTIC DES DEFAILLANCES. Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes du CNRS. En vue de l'obtention du titre de Docteur de l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse. Soutenue le 14 décembre 2004.
- [3] COURONNEAU J.C. Mise en œuvre de la nouvelle approche d'analyse des risques dans des installations classées (Principes généraux pour l'élaboration des études de dangers). 2004-12p.
- [4] HADJ-MABROUK, H. L'analyse préliminaire de risques. Paris : Editions HERMES, 1997. 127 p.
- [5] LEROY, A. – SIGNORET, J.P. Le risque technologique (Que sais-je ?) Paris : Editions Presses universitaires de France, octobre 1992. 124 p.
- [6] PAGES, A. – GONDRAN, M., Fiabilité des Systèmes. Paris : Editions EYROLLES, 1980. 323 p.
- [7] Peyras L., Royet P., Salmi A., Salembier M., Boissier D. 2006. Etude de la sûreté de fonctionnement d'un aménagement hydraulique de génie civil : application à des ouvrages de protection contre les inondations de la ville de Nîmes. In Revue Européenne de Génie Civil, Volume 10 n°5/2006, juin 2006, Hermès / Lavoisier. p.615 à 631.
- [8] Peyras L., Boissier D., Royet P. Approches de l'analyse de risques en génie civil : exemple des barrages. In Revue Française de Génie Civil, Vol. 8, 2004, p.931-952.
- [9] PEYRAS L. Diagnostic et analyse de risques des barrages - Développement de méthodes d'aide à l'expertise. Thèse en génie civil, Université Blaise Pascal – Clermont II, janvier 2003, Clermont-Ferrand, France.
- [10] PROTH, J.-M. Conception et gestion des systèmes de production. Paris : Editions Presses Universitaires de France, 1992. p. 173 à 236
- [11] TALON A. Evaluation des scénarii de dégradation des produits de construction. Thèse Génie Civil. Clermont-Ferrand : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment – Division Environnement, Produits et Ouvrages Durables et Laboratoire Génie Civil, 2006, 223 p. A paraître.
- [12] VILLEMEUR, A. Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels. Paris : Editions EYROLLES, 1988

[13] SUBIAS A. CONTRIBUTION AU DIAGNOSTIC DES SYSTEMES COMPLEXES  
Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes du CNRS. L'Université Paul Sabatier  
de Toulouse, 2006.

[14] ZWINGELSTEIN, G. Diagnostic des défaillances. Paris : Editions HERMES, 1995.

[15] Fanchini, H. & Bieder, C. (1996). Le rôle positif de l'homme dans la fiabilité des  
systèmes. Rapport ISdF, Projet 7/95.

[16] P. Périlhon. Eléments méthodologiques. Revue Phoebus N.12, 1er trimestre 2000.

[17] Fraisse Matthieu, Haudin Delphine, Kipp Jean-Sébastien, Responsable : G.Chantelauve.  
METHODE MOSAR APPLIQUEE AU DOMAINE MARITIME. Ecole nationale supérieure  
des mines SAINT-ETIENNE en RHONE-ALPES 18 avril 2002.

[18] Rapport de l'inspecteur des installations classées au conseil départemental d'hygiène.  
Département de l'Eure – Nufarm S.A. à Notre Dame de la Garenne. Référence :  
DE/2003/11/910 – SB – EDDchlore

[19] Jean Claude Couronneau. MISE EN OEUVRE DE LA NOUVELLE APPROCHE  
D'ANALYSE DES RISQUES DANS LES INSTALLATIONS CLASSEES

[20] Le manuel opératoire du procédé industriel de liquéfaction du gaz du complexe GL1Z.

[21] Haroun TAZIEFF. Commissaire à l'étude et à la prévention des catastrophes naturelles  
(1981), Secrétaire d'État à la prévention des risques technologiques et naturels majeurs (1984-  
1986), Président du Comité supérieur des Risques Volcaniques et membre de la société  
Philomatique et de l'Explorers club de New York (1988- 1995).

[22] *Revue Préventique-Sécurité*, N °88, 2006

[23] *Readings in model-based diagnosis*, W Hamscher, L Console et J de Kleer, Morgan  
Kaufmann Publishers Inc., 1992.

- [Le site du workshop international 2009 sur le diagnostic](#)
- [Le site du workshop international 2007 sur le diagnostic](#)
- [Le site du workshop international 2006 sur le diagnostic](#)

[24] <http://www.agora21.org/ari/perilhon1.html>

[25] <http://www-hs.iuta.u-bordeaux.fr/lesbats/cdsdl/Amenu.htm>

[26] <http://www.bureauveritas.fr> (info@fr.bureauveritas.com):  
**ANALYSE DES RISQUES PROCÉDÉS**  
**REVUE DES BARRIERES DE SECURITE**  
**ETUDE DE DANGER CHLORE**

[27] <http://www.uved.fr>

## *Annexe*

Loi n°88-07 du 26 janvier 1988

Article 1 : La présente loi a pour objet les voies et les moyens ayant pour but d'assurer au travailleur les meilleures conditions en matière d'hygiène, de sécurité et de médecine au travail, et de désigner les personnes responsables et organismes employeurs chargés d'exécution des mesures prescrites.

Article 2 : Les dispositions de cette présente loi sont applicables à tout organisme employeur quelle que soit l'activité auquel il appartient.

Article 3 : L'organisme employeur est tenu d'assurer l'hygiène et la sécurité au travailleur.

Article 4 : Les locaux affectés au travail, les emplacements de travail et leurs environnements, leurs dépendances et leurs annexes, y compris les installations de toutes natures mises à la disposition des travailleurs, doivent être tenus dans un état constant de propreté et présenter les conditions d'hygiène et de salubrité nécessaires à la santé des travailleurs.

L'ambiance de travail devra répondre aux conditions de confort et d'hygiène, notamment de cubage, d'aération, de ventilation, d'éclairage, d'ensoleillement, chauffage, de protection contre les poussières et autres nuisances et d'évacuation des eaux usées et de déchets.

Les travailleurs doivent pouvoir pratiquer la gymnastique de pause et bénéficier des moyens d'assurer leur hygiène individuelle, notamment, par la mise à leur disposition, vestiaires, lavabos, douches, toilettes, eau potable et par l'hygiène dans les cantines.

Article 5 : Les établissements, les locaux affectés au travail, leurs dépendances et leurs annexes visés en annexe citée ci-dessus, doivent être conçus, aménagés et entretenus de telle sorte à garantir l'hygiène et la sécurité au travailleur.

Ils doivent, notamment, répondre aux nécessités suivantes :

- o Garantir la protection contre les fumées, vapeurs dangereuses, gaz toxiques et bruit, et toutes autres nuisances
- o Éviter les encombrements et surcharge
- o Garantir la sécurité des travailleurs lors de leur circulation pendant la mise en marche des engins et moyens de manutention et de transport, et pendant la manipulation des matières, matériaux, produits, marchandises et autres objets ;
- o Assurer les conditions afin de prévenir toute cause d'incendie ou d'explosion, ainsi que pour combattre l'incendie d'une façon rapide et efficace ;
- o Placer les travailleurs à l'abri des dangers et hors zones dangereuses par éloignement ou séparation par l'interposition d'une efficacité reconnue ;
- o Assurer l'évacuation rapide des travailleurs en cas de danger imminent ou sinistre.

Article 6 : En fonction de la nature de l'activité et des risques, le travailleur doit bénéficier de vêtements spéciaux, équipements et dispositifs individuels de protection d'une efficacité reconnue.

Article 7 : L'organisme employeur est tenu d'intégrer la sécurité des travailleurs dans le choix des techniques et technologies de travail dans l'organisation du travail.

Les installations, les machines, mécanismes, appareils, outils et engins, matériels et tous moyens de travail doivent être appropriés aux travaux à effectuer et à la prévention des risques auxquelles les travailleurs peuvent être exposés.

Ils doivent faire l'objet de vérification périodique et de mesures d'entretien de nature à les maintenir en bon état de fonctionnement, en vue de garantir la sécurité au travail.

Article 8 : Est interdite la fabrication, l'exposition, la mise en vente, la vente, l'importation, la location ou la cession à quelque titre que ce soit en vue de leurs utilisations :

- o Des appareils, machines ou éléments de machines qui, du fait de leurs défauts de conception, de construction ou suite à une détérioration, ne répondant pas aux normes nationales et internationales en vigueur, en matière d'hygiène et de sécurité.

- o Des dispositifs, équipements ou produits de protection qui ne sont pas de nature à garantir contre les dangers auxquelles les travailleurs peuvent être exposés, du fait de l'utilisation de matériels, de substances ou préparations nécessitant l'emploi de tels moyens.

Article 9 : Les normes d'efficacité des produits, dispositifs ou appareils de protection seront fixées conformément à la législation en vigueur, après avis d'une commission nationale d'homologation.

Article 10 : Pour répondre aux exigences d'hygiène et de sécurité en milieu de travail, la fabrication, l'importation, la cession et l'utilisation de substances, produits, ou préparation dangereuse sont soumises à la réglementation en vigueur.

Les organismes employeurs, en particuliers les fabricants et importateurs sont tenus, avant toute introduction sur le marché des substances ou préparation présentant des dangers pour la santé des travailleurs, de fournir aux institutions et organismes national en matière d'hygiène et de sécurité, les informations nécessaires à l'appréciation des risques par les dites substances ou préparations.

Article 11 : Outre les dispositions législatives en vigueur, l'organisme employeur doit que les travaux confiés aux femmes, aux travailleurs mineurs, aux travailleurs handicapés n'exigent pas un effort excédant leurs forces.

Article 12 : La protection de la santé du travailleur par la médecine du travail est partie intégrante de la politique nationale de santé.

Dans le cadre des missions, telle que définies par la législation en vigueur, la médecine du travail dont la double mission est préventive essentiellement et curative accessoirement, a pour but :

- o De promouvoir et maintenir le plus haut degré de bien être physique et mental des travailleurs dans toutes les professions et en vue d'élever le niveau des capacités de travail et de création ;

- o De prévenir et protéger les travailleurs des risques pouvant engendrer des accidents ou des maladies professionnelles et de tout dommage causé à leur santé ;

- o D'identifier et de surveiller en vue de réduire ou d'éliminer tout les facteurs qui, sur les lieux de travail, peuvent affecter la santé des travailleurs ;

- o De placer et maintenir les travailleurs dans un emploi convenant à leurs aptitudes physiologiques et psychologiques, et en règle générale, adapter le travail à l'homme et chaque homme à sa tâche ;

- o De réduire les cas d'invalidité et assurer la prolongation de la vie active des travailleurs ;

- o D'évaluer le niveau de santé des travailleurs en milieu de travail ;

- o D'organiser les soins d'urgence aux travailleurs, la prise en charge des traitements ambulatoires et le traitement des maladies professionnelles ou à caractère professionnel ;

- o De contribuer à la sauvegarde de l'environnement par rapport à l'homme et à la nature.

Article 13 : La médecine de travail constitue une obligation de l'organisme employeur elle est à la charge de celui-ci.

Article 14 : La médecine du travail s'exerce sur les lieux même du travail.

En application des dispositions de l'article 13 ci-dessus l'organisme employeur est tenu de mettre en place un service de médecine de travail conformément à des normes fixées par la réglementation.

Dans le cas où les normes visées à l'alinéa ci-dessus n'obligent l'organisme employeur à créer un service de médecine de travail, il est tenu :

o Soit de créer ou de participer à la création, sur une base territoriale, d'un service inter organisme de médecine de travail ;

o Soit d'établir, selon une convention type, une convention avec le secteur sanitaire ; Au cas où le secteur sanitaire ne peut répondre à la demande de l'organisme employeur ou s'il ne s'acquitte pas de ses obligations, l'organisme employeur est tenu d'établir une convention, selon une convention type, avec toute structure compétente en médecine de travail ou tout médecin habilité.

Les représentants des travailleurs sont obligatoirement associés à toute décision de la mise en place de l'activité de médecine de travail au sein de l'organisme employeur.

Les conditions d'organisation et de fonctionnement des services de médecine de travail ainsi que la convention type sont fixées par voie réglementaire.

Article 15 : Dans le cadre des missions qui leur sont dévolues en matière de protection et de promotion de la santé, les services de santé sont chargés :

o D'organiser, de coordonner, d'évaluer et de contrôler régulièrement des activités de la médecine au travail ;

o De mettre en place des services de références, de normalisation et de recherche ;

o D'assurer le recyclage des médecins et techniciens sanitaires.

Article 16 : L'exercice de la médecine de travail est soumis aux dispositions législatives en vigueur et notamment la loi n°85-05 du 16 janvier 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé.

Toute fois, en tant que besoins et à titre transitoire, le ministère de la santé pourra habilité les médecins généralistes à exercer la médecine du travail

Les obligations à la charge de médecin du travail, dans le cadre de ses activités, sont fixées par voie réglementaire.

Article 17 : Tout travailleur ou apprenti est obligatoirement soumis aux examens d'embauchage ainsi qu'aux examens périodiques, spéciaux et de reprise.

Par ailleurs les apprentis feront l'objet d'une surveillance médicale particulière. Tout travailleur peut en outre à sa demande, bénéficier de visite spontanée.

L'organisme employeur est tenu de prendre en considération l'avis du médecin du travail.

Article 18 : Le médecin du travail peut effectuer ou faire effectuer des prélèvements ou fin d'analyses ou tout examen à toutes fins utiles.

Au vu des résultats d'analyses ou examens, il recommande toute mesure jugée nécessaire à la préservation de la santé des travailleurs



## *Glossaire*

**1-Accident Majeur** : Evénement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement couvert par la présente directive, entraînant pour la santé humaine, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, et/ou pour l'environnement un danger grave, immédiat ou différé, et faisant intervenir une ou plusieurs substances dangereuses. (Source : Directive "Seveso 2")

**2-Catastrophe** : Rupture grave du fonctionnement d'une communauté, accompagné d'importantes pertes humaines, matérielles ou environnementales qui dépassent sa capacité à faire face, par ses propres moyens, aux actions nécessaires de secours, de récupération et de reconstruction. (Source : Comité français pour la décennie internationale pour la réduction des catastrophes naturelles)

**3-Catastrophes naturelles** : Sont considérés comme les effets de catastrophes naturelles, au sens de la présente loi, les dommages matériels directs ayant eu pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises. (Source : Loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles)

**4-Danger** : Propriété intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique de pouvoir provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement. (Source : Directive "Seveso 2")

**5-Effets dominos** : Les interactions entre les installations d'un même établissement, action d'un premier phénomène (émission de débris par explosion, par exemple) qui pourrait en déclencher un second (fuite d'un réservoir perforé par un équipement, par exemple), ainsi que le caractère approprié d'une mesure de sécurité dans le cas où plusieurs phénomènes se conjuguent, doivent également faire l'objet d'un examen. Il en est de même en ce qui concerne l'examen des possibilités d'interactions entre les établissements proches

(Examen des effets dominos). (source : Circulaire du 10 mai 2000 relative à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation (application de la directive Seveso II) )

**6-Effets mécaniques** : Les effets mécaniques correspondent aux effets liés à une surpression, résultant d'une onde de choc (déflagration ou détonation), provoquée par une explosion. Celle-ci peut être issue d'un explosif, d'une réaction chimique violente, d'une combustion violente (combustion d'un gaz), d'une décompression brutale d'un gaz sous pression (explosion d'une bouteille d'air comprimé par exemple) ou d'un nuage de poussières combustibles. Pour ces conséquences, les spécialistes calculent la surpression engendrée par l'explosion (par des équations mathématiques), afin de déterminer les effets associés (effets sur l'homme : tympan, poumons...). (Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2002) - Le risque industriel, dossier d'information - MEDD, DPPR, SDPRM, 16 p.)

**8-Effets thermiques** : Les effets thermiques sont liés à une combustion d'un produit inflammable ou à une explosion. Pour déterminer les conséquences sur l'homme (brûlures du 1er, 2nd ou 3ème degré), il est essentiel de définir des flux (quantité de chaleur par unité de surface). (Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2002) - Le risque industriel, dossier d'information - MEDD, DPPR, SDPRM, 16 p.)

**9-Effets toxiques :** Les effets toxiques correspondent à l'inhalation d'une substance chimique toxique (chlore, ammoniac, phosgène...), suite à une fuite sur une installation. Les effets résultant de cette inhalation peuvent être, par exemple, un Œdème du poumon ou une atteinte du système nerveux. (Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2002) - Le risque industriel, dossier d'information - MEDD, DPPR, SDPRM, 16 p.)

**10-Plan Particulier d'Intervention (PPI) :** Des plans particuliers d'intervention préparés par le représentant de l'Etat dans le département, après avis des maires et de l'exploitant concernés, définissent les mesures à prendre aux abords des installations ou ouvrages.

**11-POI (Plan d'Opération Interne) :** La réglementation Seveso prévoit que l'industriel générateur de risque doit être capable de maîtriser un sinistre en interne. Pour ce faire, l'industriel dont l'installation est classée Seveso seuil haut a l'obligation de mettre en place un Plan d'Organisation Interne (POI). Les autres sites soumis à autorisation ou Seveso seuil bas peuvent se voir imposer la mise en place d'un tel plan par le wali, si ce dernier estime que les risques présents sur ce site sont de nature à nécessiter une telle organisation des secours (par exemple si l'évolution du sinistre pouvait menacer un autre établissement voisin). Dans le cadre du POI, l'industriel est seul responsable de l'organisation des secours. Le POI se limite donc à la gestion d'un sinistre interne à l'établissement et n'ayant pas de répercussion sur les populations hors du site. (Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2002) - Le risque industriel, dossier d'information - MEDD, DPPR, SDPRM, 16 p.)

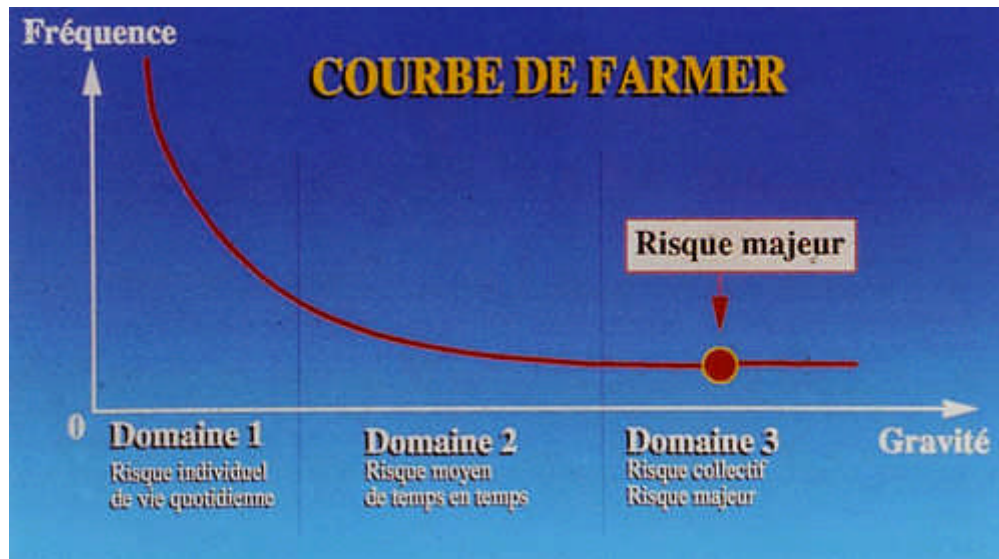
**12-PPI (Plan Particulier d'Intervention) :** Dans le cas d'un incident où les effets risqueraient de sortir des limites de l'établissement classé Seveso (menace pour les populations), l'industriel doit prévenir le Préfet, qui décide alors de déclencher ou non le Plan Particulier d'Intervention. Ce PPI est un plan départemental d'urgence dont l'objectif est de protéger les populations des effets du sinistre. Ce plan prévoit la mobilisation des services de secours publics et de l'ensemble des services de l'Etat concernés (sapeurs-pompiers, gendarmes, Police, ...). Dans le cas d'un déclenchement du PPI, c'est le Préfet du département qui dirige les opérations de secours. Il est alors le décideur de l'ensemble des mesures à prendre pour assurer la protection de la population et pour la lutte contre le sinistre. Le Directeur du site reste cependant le directeur des opérations de secours internes au site. (Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2002) - Le risque industriel, dossier d'information - MEDD, DPPR, SDPRM, 16 p.)

**13-Prévention :** Ensembles de mesures de toutes natures prises, avant qu'ils se produisent, pour réduire les effets dommageables des phénomènes naturels. La prévention englobe le contrôle de l'occupation du sol, la mitigation, la protection, la surveillance, la préparation. (Source : Commission interministérielle de l'évaluation des politiques publiques. Commissariat Général du Plan (1997) - La prévention des risques naturels, rapport d'évaluation. La documentation Française, 702 p.)

**14-Retour d'expérience :** Analyse détaillée d'un événement et de ses effets à partir des constats qui ont été faits pour en tirer des enseignements. (Source : Paul Henry BOURRELIER, Guy DENEUFBOURG, Bernadette de VANSSAY (2000) - Les catastrophes naturelles, le grand cafouillage. Ed. Osman Eyrolles, Santé & Société, 262 p.)

**15-Risque (directive "Seveso 2") :** Probabilité qu'un effet spécifique se produise dans une période donnée ou dans des circonstances déterminées. En conséquence, un risque se caractérise selon deux composantes : - la probabilité d'occurrence d'un événement donné - la gravité des effets ou conséquences de l'événement supposé pouvoir se produire. (source : Directive "Seveso 2" )

**16-Risque** = aléa x enjeux. Il est également la combinaison d'une probabilité et d'une gravité. Voir ci-dessous la courbe de Farmer:



**17-Risque industriel :** Le risque industriel se caractérise par un accident se produisant sur un site industriel et pouvant entraîner des conséquences graves pour le personnel, les populations, les biens, l'environnement ou le milieu naturel. (Source : Institut des Risques Majeurs (2001). - Memento du maire et des élus locaux- Altitude Impression. )

**18-Risque industriel majeur :** Un risque industriel majeur est un événement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens ou l'environnement. (Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2002) - Le risque industriel, dossier d'information - MEDD, DPPR, SDPRM, 16 p.)

**19-Risque majeur :** Un risque majeur se définit comme la survenue soudaine et inopinée, parfois imprévisible, d'une agression d'origine naturelle ou technologique dont les conséquences pour la population sont dans tous les cas tragiques en raison du déséquilibre brutal entre besoins et moyens de secours disponibles. (Source : Haroun TAZIEFF)

**20-Risque naturel :** C'est un événement dommageable, doté d'une certaine probabilité, conséquence d'un aléa survenant dans un milieu vulnérable. Le risque résulte, donc, de la conjonction de l'aléa et d'un enjeu, la vulnérabilité étant la mesure des dommages de toutes sortes rapportés à l'intensité de l'aléa. A cette définition technique du risque, doit être associée la notion d'acceptabilité pour y intégrer sa composante sociale. (Source : Commission interministérielle de l'évaluation des politiques publique. Commissariat Général du Plan (1997) - La prévention des risques naturels, rapport d'évaluation. La documentation Française, 702 p.)

**21-Risque sismique :** Pertes économiques et en vies humaines pouvant résulter de l'aléa sismique. Le risque sismique est le produit de l'aléa par la vulnérabilité à cet aléa. Il peut être évalué à l'échelle d'un site ou d'une région. Il dépend de la période de référence considérée, des personnes et des biens exposés et, pour ces derniers, de leur implantation et de leur résistance aux ébranlements. (Source : LAMBERT Jérôme (sous la dir.) (1997) - Les tremblements de terre en France, hier, aujourd'hui, demain... - Ed. BRGM, 196 p.)

**22-Risques de surpression** : Ces effets se font sentir suite à une explosion qui provoque une onde de surpression pouvant déstabiliser les structures matérielles (projections, effondrement des bâtiments) et causer des lésions chez l'homme (lésions internes au niveau des tympans et des poumons, traumatismes). (Source : Institut des Risques Majeurs (2001). - Memento du maire et des élus locaux- Altitude Impression. )

**23-Risques thermiques** : L'exposition à un flux thermique lié à un incendie ou à une explosion peut provoquer des brûlures à des degrés variables, en fonction de la distance à laquelle on se trouve. (Source : Institut des Risques Majeurs (2001). - Memento du maire et des élus locaux- Altitude Impression. )

**24-Risques toxiques** : Suite à une fuite de gaz toxique, l'inhalation d'une telle substance peut provoquer l'intoxication des individus exposés. C'est par les poumons que les produits pénètrent dans le corps. La peau et les yeux peuvent aussi être atteints. Selon que l'on est gravement touché ou pas, les symptômes peuvent varier d'une simple irritation de la peau ou d'une sensation de picotement de la gorge à des atteintes graves, comme des asphyxies ou des oedèmes pulmonaires.

(Source : Institut des Risques Majeurs (2001). - Memento du maire et des élus locaux- Altitude Impression. )

**25-SEVESO (établissement)** : Parmi les ICPE soumises à autorisation, les établissements où la quantité de produits dangereux dépasse les seuils fixés dans la directive européenne Seveso, sont soumis à une réglementation encore plus stricte et répondent à des exigences particulières, à savoir l'obligation de réaliser des études de dangers sur les produits en question, l'obligation de réaliser des plans de secours et d'informer les populations. Une maîtrise de l'urbanisation doit être réalisée autour de ces sites. Ces installations qui relèvent la plupart du temps des secteurs de la chimie et de la pétrochimie, sont appelées communément "établissement SEVESO". (source : Institut des Risques Majeurs (2001). - Memento du maire et des élus locaux- Altitude Impression. )

**Nom : KHALDI**

**Prénom : Mustapha**

**Thème : Diagnostic et surveillance du procédé industriel lié au GNL  
-étude du cas GL1Z-**

**Résumé :**

Aujourd'hui, les statistiques industrielles estiment que le coût économique des situations anormales est autour des 20 milliards d'euros et ce, seulement, dans l'industrie pétrochimique.

Dans ce contexte, de nombreuses approches sont développées, en vue de la détection de défaillances et du diagnostic, par les différentes communautés de recherche en automatique, productique et intelligence artificielle.

De ce fait, les systèmes de supervision qui intègrent les outils de surveillance, de détection et de diagnostic sont nécessaires afin de fournir à l'opérateur des critères suffisants pour la prise des décisions.

Le procédé lié au GNL autant qu'industrie pétrochimique peut donc présenter des risques d'incendie, d'explosion et de pollution ; autant plus qu'à l'heure actuelle, nous vivons dans une société qui accepte de moins en moins des accidents, c'est pourquoi il est devenu important de comprendre et de limiter les risques en matière de l'industrie technologique.

Notre contribution consiste en analyse des risques par une approche systémique. Nous appuyons sur les apports méthodologiques et les outils d'analyse qu'offre la science de danger. Nous proposons de comparer nos résultats avec ceux qui étaient jusque là appliqués au domaine du GNL pour la détermination de risques industriels. L'approche adoptée (MADS-MOSAR); se base d'une part sur une vision d'abord macroscopique pour inventorier les sources de vulnérabilités du système, complété par une analyse en vision microscopique du système afin d'assurer la sûreté de fonctionnement des équipements, de leur personnel (opérateurs), et de protéger l'environnement.

**Mots clés :** la détection de défaillances, diagnostic, surveillance, le procédé lié au GNL, risques d'incendie, d'explosion et de pollution, accidents, approche systémique, la science de danger, sûreté de fonctionnement.

## **Theme: Diagnosis and monitoring of industrial process related to LNG -case study GL1Z-**

### **Summary :**

Today, industry statistics estimate that the economic cost of abnormal situations is around 20 billion euros and only in the petrochemical industry.

In this context, many approaches are developed for fault detection and diagnosis, by different research communities' automatic, industrial and artificial intelligence.

As a result, oversight systems that integrate the tools of surveillance, detection and diagnosis are necessary to provide the operator with sufficient criteria for making decisions.

The process related to LNG as an industry petrochemical can present a risk of fire, explosion and pollution, especially as at present, we live in a society which accepts fewer accidents; therefore it became important to understand and mitigate risks in the technology industry.

Our contribution consists of a risk analysis approach. We rely on the methodological and analytical tools offered by the science of risk. We propose to compare our results with those previously applied to the field of LNG for the determination of industrial risks. The approach (MADS-MOSAR) is based in part on a macroscopic vision first to inventory the sources of vulnerabilities in the system, supplemented by an analysis of microscopic vision system to ensure the safe operation of equipment, staff (operators), and protect the environment.

**Keywords :** fault detection, diagnosis, surveillance, process related to LNG, fire, explosion and pollution, accidents, systems approach, the science of risk, dependability.