

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

École Nationale Polytechnique

Filière QHSE-GRI

Mémoire de Master

Analyse et maîtrise des risques majeurs au niveau du complexe
gazier de Tiguentourine à l'aide de la méthode nœud papillon

M^r. MOHAMED EL AMINE SADALLAH

Sous la direction de M^r. ABDELMALEK CHERGUI Professeur ENP

Présenté et soutenu publiquement le (12/06/2016)

Composition du Jury :

Président	M ^r .HAMID YOUSFI	Professeur ENP
Rapporteur/ Promoteur	M ^r . ABDELMALEK CHERGUI	Professeur ENP
Examineurs	M ^r .FARID LEGUEBEDJ	Maître-Assistant
ENP		
	M ^r MOHAMED BOUBAKEUR	Maître-Assistant
ENP		

ENP-2016-

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche Scientifique



École Nationale Polytechnique

Filière QHSE-GRI

Mémoire de Master

Analyse et maîtrise des risques majeurs au niveau du complexe gazier de Tiguentourine à l'aide de la méthode nœud papillon

M^r. MOHAMED EL AMINE SADALLAH

Sous la direction de M^r. ABDELMALEK CHERGUI Professeur ENP

Présenté et soutenu publiquement le (12/06/2016)

Composition du Jury :

Président	M ^r .HAMID YUCEFI	Professeur ENP
Rapporteur/ Promoteur	M ^r . ABDELMALEK CHERGUI	Professeur ENP
Examineur 1	M ^r .FARID LEGUEBEDJ	Maître-Assistant ENP
Examineur 2	M ^r MOHAMED BOUBAKEUR	Maître-Assistant ENP

ملخص العمل

العمل المنجز في اطار مذكرة الماستر يتمثل في تطوير تحليل المخاطر بالاعتماد على طريقة عقدة الفراشة Nœud Papillon وهذا بالنسبة لمنشأة عين اميناس كل هذا من اجل التنبؤ بوقوع الحوادث الكبيرة. هذه الطريقة تسمح لنا بتقديم شجرة مفصلة قادرة على شرح التسلسل الزمني لكل حادث. في البداية قمنا بوضع اساسيات طريقة الشجرة المفصلة , ثم قمنا بعمل دراسة لخمس حالات تحصلنا عليهم عن طريق التحليل الاولي للمخاطر الذي قمنا باجرائه من قبل في اطار مشروع نهاية الدراسة . وكذلك اقترحنا ايضا بعض حواجز السلامة و قمنا بتصنيفها وفقا لانواعها .

الكلمات المفتاحية: عقدة الفراشة Nœud Papillon, مركب تيغنتورين ,المخاطر الكبرى .

Abstract:

Work in the Master's thesis framework is to develop risk analysis by the Butterfly Knots method to the case of the installation of In Amenas to prevent the occurrence of major accidents. This method can provide a detailed tree able to explain the chronology of each accident.

At first, the principles of the method have been introduced. Then we developed a study of five cases that have been selected through the preliminary risk analysis that we have developed during our work of final dissertation. We proposed later some safety barriers we have classified according to their types.

Key words: Major accidents, The Butterfly Knots method, In Amenas installation.

Résumé :

Le travail effectué dans le cadre de mémoire de Master, consiste à développer l'analyse de risques par la méthode Nœud Papillon pour le cas de l'installation d'In Aménas afin de prévenir la survenance des accidents majeurs. Cette méthode permet de fournir une arborescence détaillée capable d'explicitier le déroulement chronologique de chaque accident.

Dans un premier temps, les principes de la méthode ont été introduits. Ensuite, nous avons élaboré une étude de cinq cas qui ont été retenus grâce à l'analyse préliminaire des risques que nous avons élaborée lors de notre travail de mémoire de fin d'étude.

Nous avons proposé par la suite quelques barrières de sécurité que nous avons classées selon leurs types.

Mots clés :

Nœud papillon, l'installation d'In Aménas, Risques majeurs.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

1. Introduction.....	6
2. Analyse préliminaire de risques.....	8
2.1. Description de l'analyse préliminaire des risques APR	8
2.2. Application de l'APR sur l'installation de In Aménas	9
3. Présentation de la méthode nœud papillon	12
3.1 Historique et domaine d'application.....	12
3.2 Construction de la méthode nœud papillon	12
3.3 Avantages et limites de la méthode	12
3.4 Schéma descriptif du nœud papillon	13
4. Barrières de sécurité.....	16
5. Description du logiciel utilisé	21
6. Application de la méthode nœud papillon aux scénarii retenus.....	24
7. Conclusion	49
8. Références bibliographiques	50

Liste des tableaux

Tableau 1: Etude APR de l'installation d'In Aménas	9
Tableau 2: Barrières de prévention	17
Tableau 3: Barrières de protection	18
Tableau 4: Les diagrammes utilisés dans le logiciel BowTieXP	21

Liste des figures

Figure 3-1: Nœud papillon utilisé par l'INERIS [6]	13
--	----

Liste des abréviations

APR	Analyse Préliminaire des Risques
BLEVE	<i>Blowing Liquid Expanding Vapor Explosion</i>
BP	<i>British Petroleum</i>
BT	<i>BowTie</i>
DA	Dinar algérien
EC	Evénement courant
EI	Evénement initiateur
EIn	Evénement indésirable
EM	Evénement majeur
EPI	Equipement Protection Individuelle
ER	Evénement Redouté
ERC	Evénement Redouté Central
ERS	Evénement Redouté secondaire
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
HSE	Hygiène Sécurité Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
LER	Sous station Electrique
Ph D	Phénomène Dangereux
POI	Plan d'Opération Interne
PPI	Plan Particulier d'Intervention
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1. Introduction

L'analyse de type « Nœud papillon » a été utilisée en complément à l'évaluation des risques effectuée dans notre projet de fin d'étude.

L'analyse de type « Nœud papillon » permet l'identification des mesures de réduction des risques et la définition de leurs exigences fonctionnelles. Elle décrit des scénarios de risques complexes sous un format graphique facile à comprendre qui montre les relations entre les causes d'événements indésirables et leur aggravation potentielle par rapport aux pertes et dommages.

Après avoir élaboré l'analyse préliminaire de risques pour le complexe gazier de Tigentourine de In Aménas, nous avons retenu des scénarii que nous allons utiliser comme événements redoutés pour la construction des nœuds papillons.

La méthode du nœud papillon regroupe un arbre de défaillances et un arbre d'événements, une fois construits, nous allons mettre en place des barrières de prévention pour tenter de réduire les risques.

Ce type d'analyse montre également :

- les mesures de réduction de risques spécifiques à chaque danger ce qui empêchent l'événement majeur (redouté) de se produire ;
- les mesures de réduction des risques spécifiques à chaque conséquence crédible qui sont en place pour limiter les effets potentiels une fois que cet événement majeur s'est produit.

Nous avons choisi d'étudier cinq scénarii de l'installation d'In Aménas pour prévenir la survenance des accidents majeurs en fournissant une arborescence détaillée capable d'explicitier le déroulement chronologique de chaque accident.

**CHAPITRE 2 : ANALYSE
PRELIMINAIRE DE RISQUES**

2. Analyse préliminaire de risques

2.1. Description de l'analyse préliminaire des risques APR

L'analyse préliminaire des risques (dangers) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires [1]. Elle est très utilisée dans les domaines où les préoccupations de sécurité sont les plus présentes comme les transports, la chimie et la pétrochimie [2].

L'objectif général d'une démarche APR est d'évaluer les problèmes à résoudre en matière de maîtrise des risques.

Une APR doit permettre :

- de se rendre compte si le projet pourrait être abandonné parce que certains risques inacceptables se révéleraient irréductibles ;
- d'étudier les possibilités de réduction de risques ;
- de localiser les domaines du système qui demanderont le plus d'efforts et de compétences en matière de maîtrise des risques.

La démarche APR permet aussi d'anticiper sur la nature des faiblesses en matière de sûreté de fonctionnement d'un système donné.

La démarche APR repose sur trois étapes :

- Identification des dangers, des événements redoutés à prendre en compte ;
- Evaluation et classement des risques associés ;
- Propositions des mesures de couverture des risques.

La méthode APR peut être utilisée :

- soit dans la phase de conception d'une installation comme étant une première analyse de sécurité pour définir les consignes d'exploitation,

- soit dans un projet, pour permettre de définir les situations dangereuses sur lesquelles nous allons appliquer en aval d'autres méthodes d'analyse des risques plus détaillées [1].

2.2. Application de l'APR sur l'installation de In Aménas

Nous avons élaboré une analyse préliminaire des risques du site d'In Aménas, à l'aide de la grille de probabilité et celle de sévérité utilisées par l'entreprise BP. Le tableau 1 résume les scénarii retenus :

Tableau 1: Etude APR de l'installation d'In Aménas

Dangers majeurs	Probabilité	Sévérité Impact HSE	Sévérité Impact économique	Estimation des coûts USD	Estimation des coûts DA
E1- Explosion de vapeurs – torche	4	6	5	375	27750
E2- BLEVE – Stockage de GPL	3	5	5	500	37000
E3- Éclat de pression – Équipement industriel	4	5	5	150	11100
E4- Feu torche et feu de nappe – torche et zones de traitement	4	4	4	75	5550
E5- Feu de nappe non confiné – Zone d'huile chaude	5	4	4	40	2960
E6- Feu de nappe – Citerne de stockage de condensat	4	4	5	290	21460

E7- Incendie dans l'enceinte de turbine à gaz	4	4	4	45	3330
E8- Incendie de bâtiment	5	3	3	2	148
E9- Feu électrique (sous-station/ LER)	5	3	3	4	296
E10- Rejet de gaz toxique / asphyxiant	5	3	3	2.5	185
E11- Effondrement de bâtiment	4	5	3	4	296
E12- Défaillance structurelle	5	3	3	4	296
E13- Incident de transport routier	6	4	N/A	N/A	N/A
E14- Incident de transport aérien (charter depuis/ vers le site)	3	6	N/A	N/A	N/A
E15- Rejet d'hydrocarbures non contrôlé – Opérations sur le puits	5	4	4	5	370
E16- Défaillance de canalisation	3	5	5	285	21090
E17- Survitesse de turbine	3	4	4	45	3330

*Taux de change 1 dollar = 109 DA

Nous sommes référés à l'étude de danger de l'entreprise [3] pour estimer les coûts.

Les scénarii qui ont été retenus pour effectuer notre travail sont :

- E2- BLEVE – Stockage de GPL
- E3- Éclat de pression – Équipement industriel
- E4- Feu torche et feu de nappe – torche et zones de traitement
- E5- Feu de nappe non confiné – Zone d’huile chaude
- E6- Feu de nappe – Citerne de stockage de condensat

Dans le chapitre 5 nous allons élaborer un nœud papillon pour chaque scénario, puis détailler les types de barrières seulement pour le scénario 1.

CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE LA METHODE NŒUD PAPILLON

3. Présentation de la méthode nœud papillon

3.1 Historique et domaine d'application

La méthode du nœud papillon est habituellement réservée pour l'analyse de scénarii d'accidents dont les combinaisons de causes sont complexes à identifier et/ou lorsque des barrières de prévention et de mitigation (protection) sont prévues respectivement pour prévenir et limiter les conséquences associées à l'événement redouté. Dans les études de dangers, le nœud papillon est généralement utilisé pour étudier les scénarii d'accident majeur, c'est-à-dire ceux dont les effets sortent des limites du site [4].

3.2 Construction de la méthode nœud papillon

Pour mener à bien une analyse par nœud papillon, cinq étapes clefs sont à mettre en œuvre :

- Définir l'événement redouté qui constitue le point central du nœud papillon.
- Construire l'arbre de défaillances afin de mettre en évidence l'ensemble des combinaisons de causes pouvant mener à l'événement redouté ;
- Construire l'arbre d'événements afin de mettre en évidence l'ensemble des conséquences possibles en fonction que les barrières de mitigation remplissent ou non leurs fonctions de sécurité ;
- Mettre en place des barrières de sécurité ;
- Quantifier le nœud papillon, c'est-à-dire évaluer les fréquences d'occurrence des conséquences générées par l'arbre d'événements. [4]

3.3 Avantages et limites de la méthode

- Approche de type arborescente, largement utilisée pour la gestion des risques, qui est une combinaison d'un arbre des défaillances et d'un arbre d'évènements ;
- Permet de décrire complètement les scénarii d'accident autour d'un même évènement redouté central ;
- Permet de positionner les mesures de maîtrise des risques et favorise leur valorisation.
- Permet la caractérisation en probabilité des phénomènes dangereux, pouvant conduire à des accidents majeurs [5] ;

- la mise en œuvre de cette méthode peut être coûteuse en temps. Son utilisation doit être décidée pour des cas qui justifient effectivement un tel niveau de détail (elle est utilisée pour les accidents dits majeurs) [1].

3.4 Schéma descriptif du nœud papillon

La figure 3-1 nous donne un schéma descriptif de nœud papillon utilisé par l'INERIS.

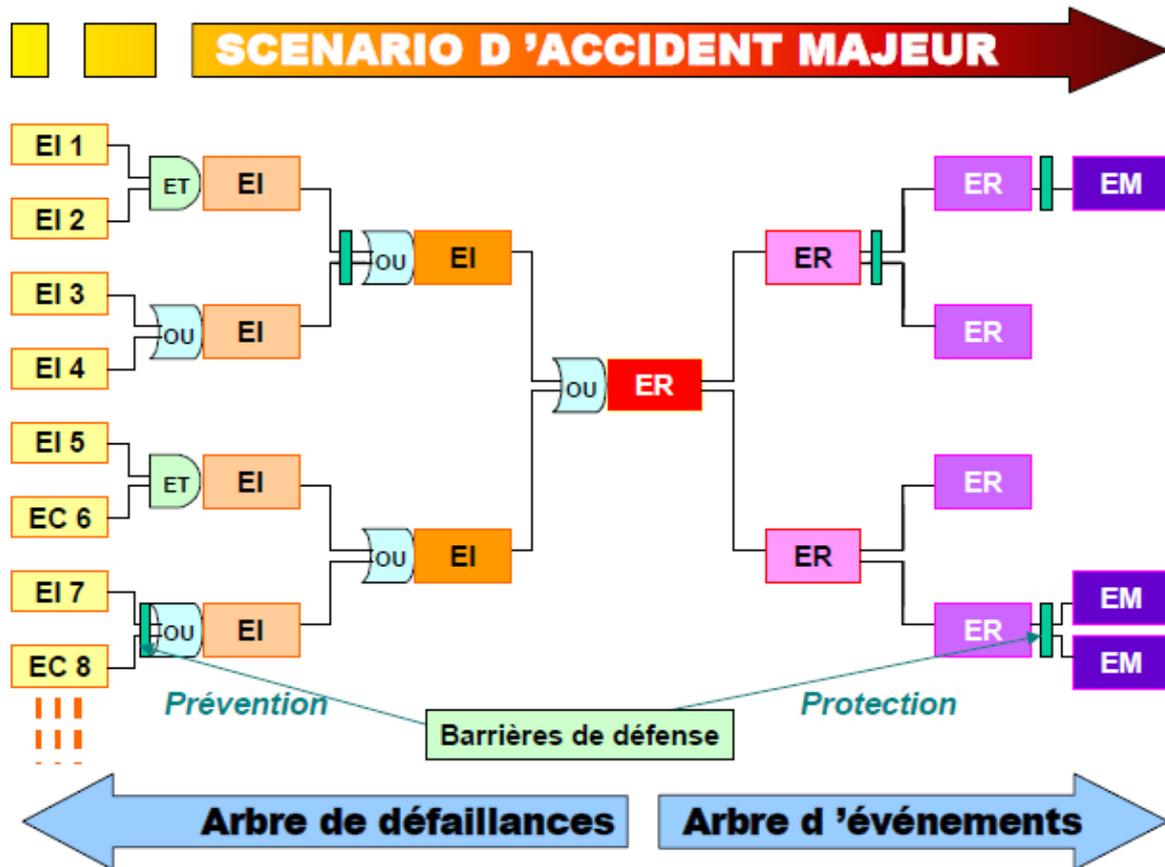


Figure 3-1: Nœud papillon utilisé par l'INERIS [6]

Ce schéma de la figure 3-1 illustre un nœud papillon. Ce nœud est composé d'un arbre de défaillances et d'un arbre d'événements qui sont liés entre eux par l'événement redouté ER (ou événement redouté central ERC).

Dans ce qui suit nous allons définir les différents types d'événements représentés dans le schéma précédent ainsi que les autres termes utilisés [1].

- Événement initiateur EI : Cause directe d'une perte de confinement ou d'intégrité physique.
- Événement : Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions

- indésirable EIn : d'exploitation usuelles définies.
- Evénement courant EC : Evénement admis survenant de façon récurrente dans la vie d'une installation.
 - Evénement redouté central ERC : Perte de confinement sur un équipement dangereux ou perte d'intégrité physique d'une substance dangereuse.
 - Evénement redouté secondaire ERS : Conséquence directe de l'événement redouté central, l'événement redouté secondaire caractérise le terme source de l'accident.
 - Phénomène dangereux Ph D : Phénomène physique pouvant engendrer des dommages majeurs.
 - Effets majeurs EM : Dommages occasionnés au niveau des éléments vulnérables (personnes, environnement ou biens) par les effets d'un phénomène dangereux.
 - Barrières de prévention : Barrières visant à prévenir la perte de confinement ou d'intégrité physique.
 - Barrières de protection : Barrières visant à limiter les conséquences de la perte de confinement ou d'intégrité physique.

CHAPITRE 4 : BARRIERES DE SECURITE

4. Barrières de sécurité

A partir des scénarios identifiés comme critiques, une démarche itérative de réduction des risques sera conduite. L'étude détaillée de réduction des risques porte sur toutes leurs conditions d'exploitation (phases transitoires et d'arrêt incluses). Elle nécessite l'utilisation de méthodes systémiques. Ces méthodes peuvent également faire apparaître l'importance pour la sécurité du respect de certaines conditions prises comme hypothèses (délai de réaction des opérateurs, par exemple), envisager les défaillances de mode commun (situations où un événement tel qu'un séisme, un incendie, une explosion, une erreur de maintenance, etc., est susceptible d'affecter simultanément plusieurs systèmes nécessaires à la sûreté de l'installation) et permettre une évaluation correcte des conséquences. Pour chacune des menaces il faudra identifier toutes les barrières déjà en place capables de s'opposer à l'apparition de l'événement redouté ou de ces conséquences. Une barrière est constituée de tout dispositif instrumental, mécanique ou procédural permettant de prévenir ou de réduire la probabilité d'occurrence ou de limiter les conséquences d'un événement susceptible d'aboutir à l'accident. Il existe des barrières de prévention et des barrières de protection [7] :

- Les barrières de prévention agissent en vue de prévenir ou limiter l'occurrence de l'événement redouté. Parmi celles-ci, nous pouvons trouver, par exemple, des mesures concernant le design, de détection de niveau, pression, température de débit, des procédures de sécurité etc.
- Les barrières de protection visent à diminuer les conséquences de l'événement redouté. Parmi celles ci nous pouvons trouver par exemple :
 - Les procédures ou consignes de sécurité,
 - Les mesures de détection (gaz inflammables ou toxiques, feu, fumée etc....),
 - Le choix du matériel pour les zones classées,
 - Les mesures d'abattement (rideau d'eau, arrosage etc....),
 - Les plans d'intervention interne ou externe (POI, PPI, PPRT).

Les critères d'appréciation des barrières seront mesurés en termes d'efficacité, de fiabilité et de disponibilité. Ces trois caractéristiques sont prépondérantes et indissociables.

Lorsqu'interviendra le choix des barrières, aux trois critères ci-dessus viendra également s'ajouter la notion de coût/efficacité [7].

Après avoir choisis les barrières de prévention et celles de protection, nous allons répartir chaque barrière en fonction de son type. Nous avons pris comme référence les cinq types suivants [8]:

- Barrières de conception
- Système de prévention et de protection
- Procédures d'utilisation
- Inspections surveillance
- Management et formation.

Les barrières de prévention et de protection de la zone de Stockage de GPL BLEVE du complexe de Tiguentourine (Nœud papillon n°1) sont données dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2: Barrières de prévention

Barrières de conception	Système de prévention	Procédures d'utilisation	Inspections surveillance	Management et formation
-conception réalisé en fonction des opérations attendues -processus réalisé selon l'enveloppe de conception -minimiser le nombre de connections en brides afin de réduire les possibilités de	-minimiser l'inventaire de stockage de GPL -système d'arrêt de processus -valve de suppression de sécurité reliée à la torchère -réponse d'urgence -barrières en place et accès	-procédure d'exploitation -système de contrôle du processus -procédures d'entretien ménager -permis de travail	-programmes d'inspection et de maintenance -programme de vérification d'intégrité -contrôle des processus de travail -canaux de drainage restent ouverts -canaux de drainage	-processus rigoureux de sélection du personnel -formation et compétence -supervision

fuites -équipement électrique conforme à la classification des zones dangereuses -équipements protégés contre le risque d'explosion -les cuves de stockage du GPL sont situés loin de et sous le vent par rapport aux installations principales avec la tête de cuve pointée loin des autres parties de l'installation	contrôlé aux installations centrales de traitement		nettoyés de tout sable ou autres débris	
---	--	--	---	--

Tableau 3: Barrières de protection

Barrières de conception	Système de protection	Procédures d'utilisation	Inspections surveillance	Management et formation
-les surfaces des containers et les structures de support sont conçus afin de	-systèmes d'arrêt et de dépressurisation -système fixe de pulvérisation	-nettoyage afin de minimiser les projectiles		-plan d'évacuation et réponse d'urgence -formation et

résister jusqu'à 2 heures aux radiations thermiques de feu de nappe	d'eau -détection de feu et de gaz -minimiser les effectifs dans l'installation de traitement -EPI			sensibilisation aux dangers -formation HSE -exercices et tests
---	--	--	--	--

CHAPITRE 5 : DESCRIPTION DU LOGICIEL UTILISE

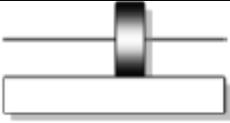
5. Description du logiciel utilisé

BowTieXP est un outil d'évaluation des risques qui utilise la méthode nœud-papillon pour évaluer les risques. BowTieXP est unique dans sa capacité à visualiser des risques complexes d'une manière compréhensible, et permet encore aussi de détailler les risques qui sont basés sur les plans d'amélioration.

Le risque dans la méthodologie BowTie est élaboré par la relation entre Dangers, Evénement majeurs, Menaces et Conséquences. [9]

Le tableau 4 illustre les diagrammes utilisés dans le logiciel BowTieXP.

Tableau 4: Les diagrammes utilisés dans le logiciel BowTieXP

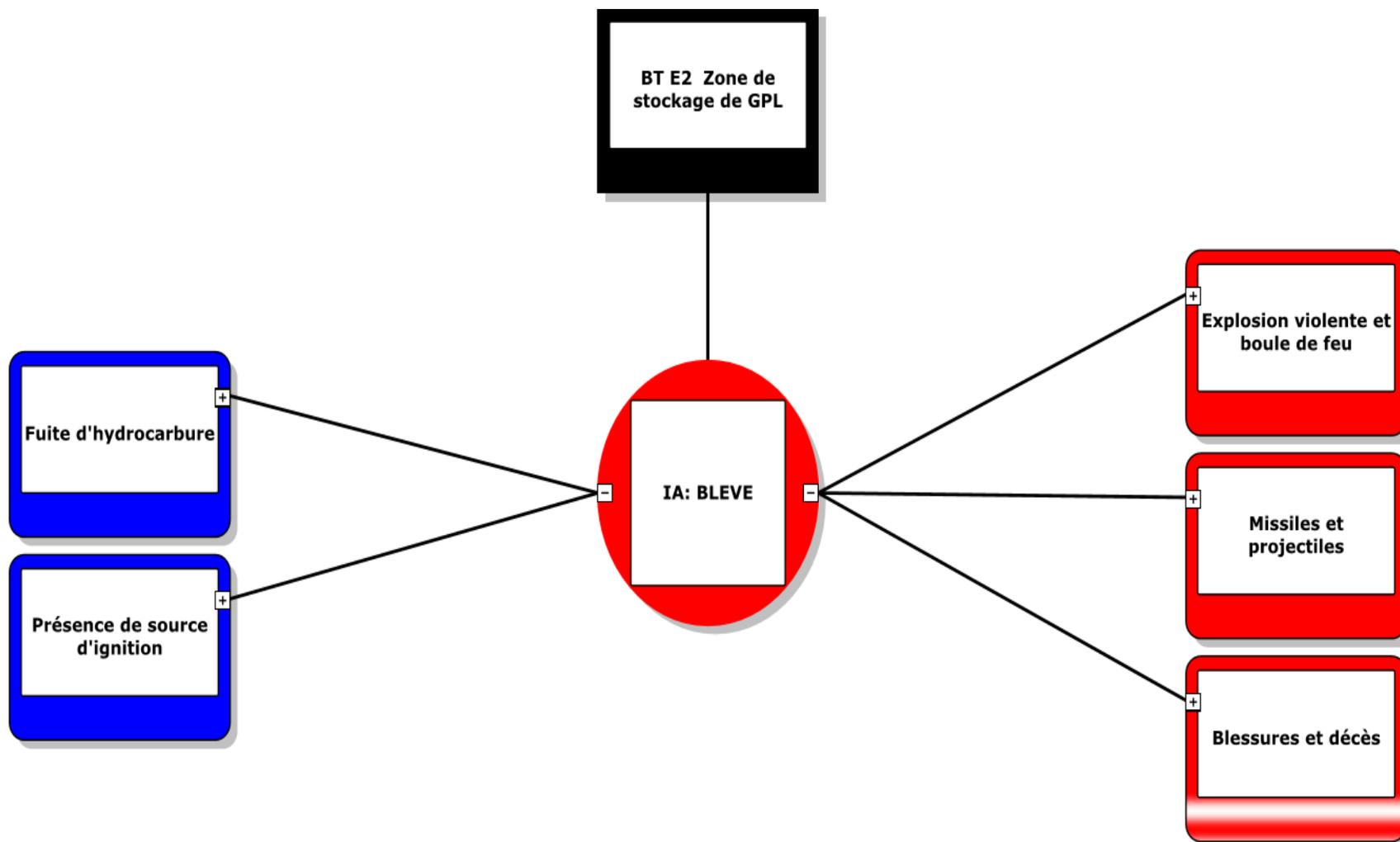
Mot-clé	Légende du diagramme	Descriptif
MAH (Accident majeur)		La catégorie des dangers d'accident majeur
Source de danger		Les sources qui peuvent potentiellement causer un préjudice.
Menaces		Les causes potentielles qui pourraient entraîner la survenue de l'événement majeur.
Barrières (mesures de prévention)		Les aspects matériels ainsi que les procédures en place pour minimiser la chance qu'un événement ne se produise, en éliminant le danger ou en éliminant les causes potentielles.
Mesures de contrôle		Les mesures qui ont été prises pour contrôler et contenir le danger au moyen de systèmes conçus pour minimiser la magnitude ou la durée de l'incident, par ex. la fermeture des systèmes de

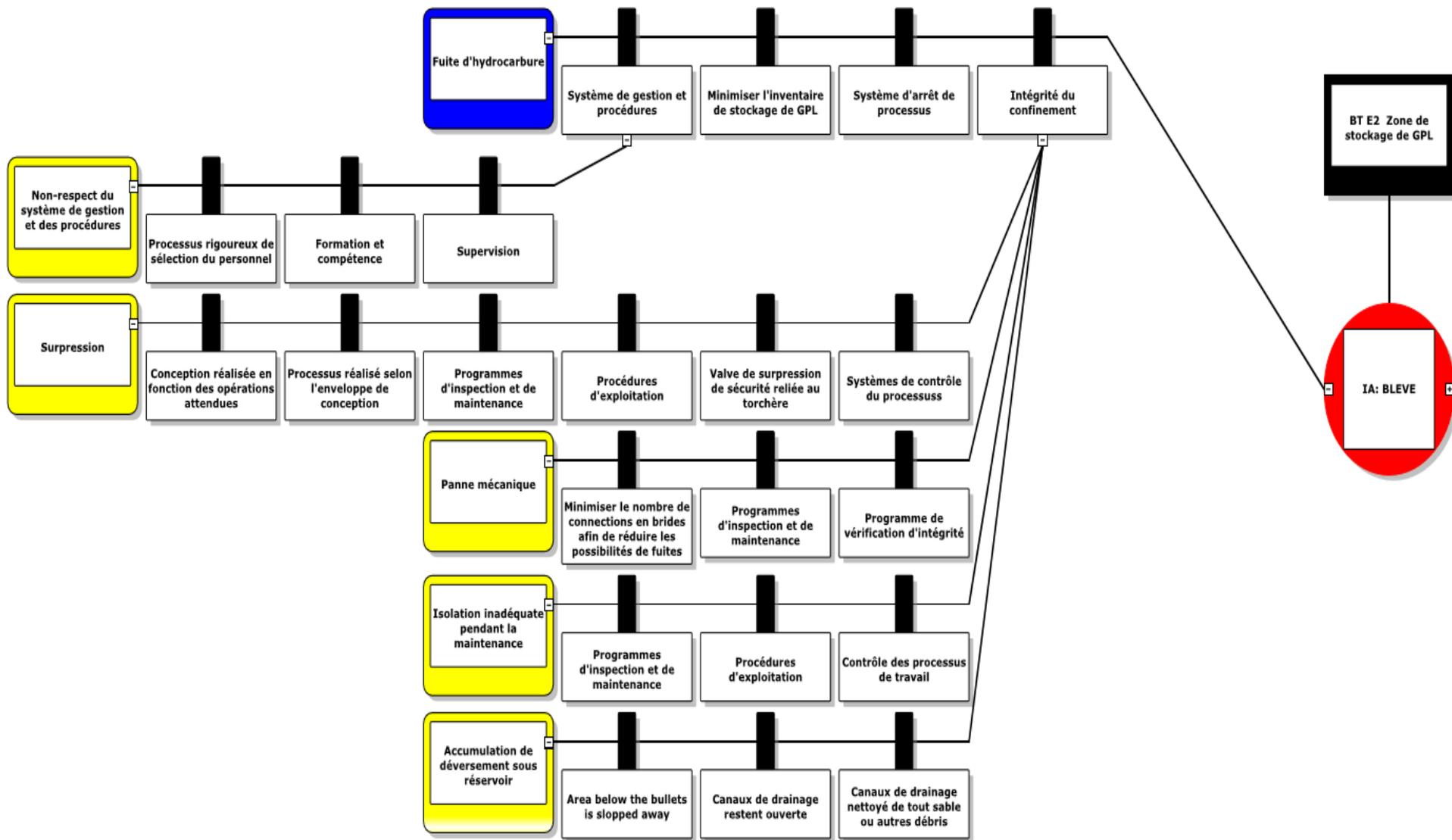
		dépressurisation.
Conséquences		Les conséquences directes du danger telles que modélisées, par ex. feu torche et flux de chaleur, surpressions d'explosion, énergie d'impact d'une collision, décès, déversement d'hydrocarbures etc.
Mesures de rétablissement (mitigation)		Les mesures qui ont été prises pour réduire les conséquences du danger sur le personnel et l'installation, par ex. système de détection d'incendie et de gaz. Plan d'intervention en cas d'urgence.
Facteurs d'aggravation		Les facteurs d'aggravation sont les facteurs qui peuvent entraîner la défaillance d'une barrière/mesure de prévention sensée être en place.
Contrôle du facteur d'aggravation		Les mesures qui ont été prises pour empêcher la défaillance des barrières identifiées.

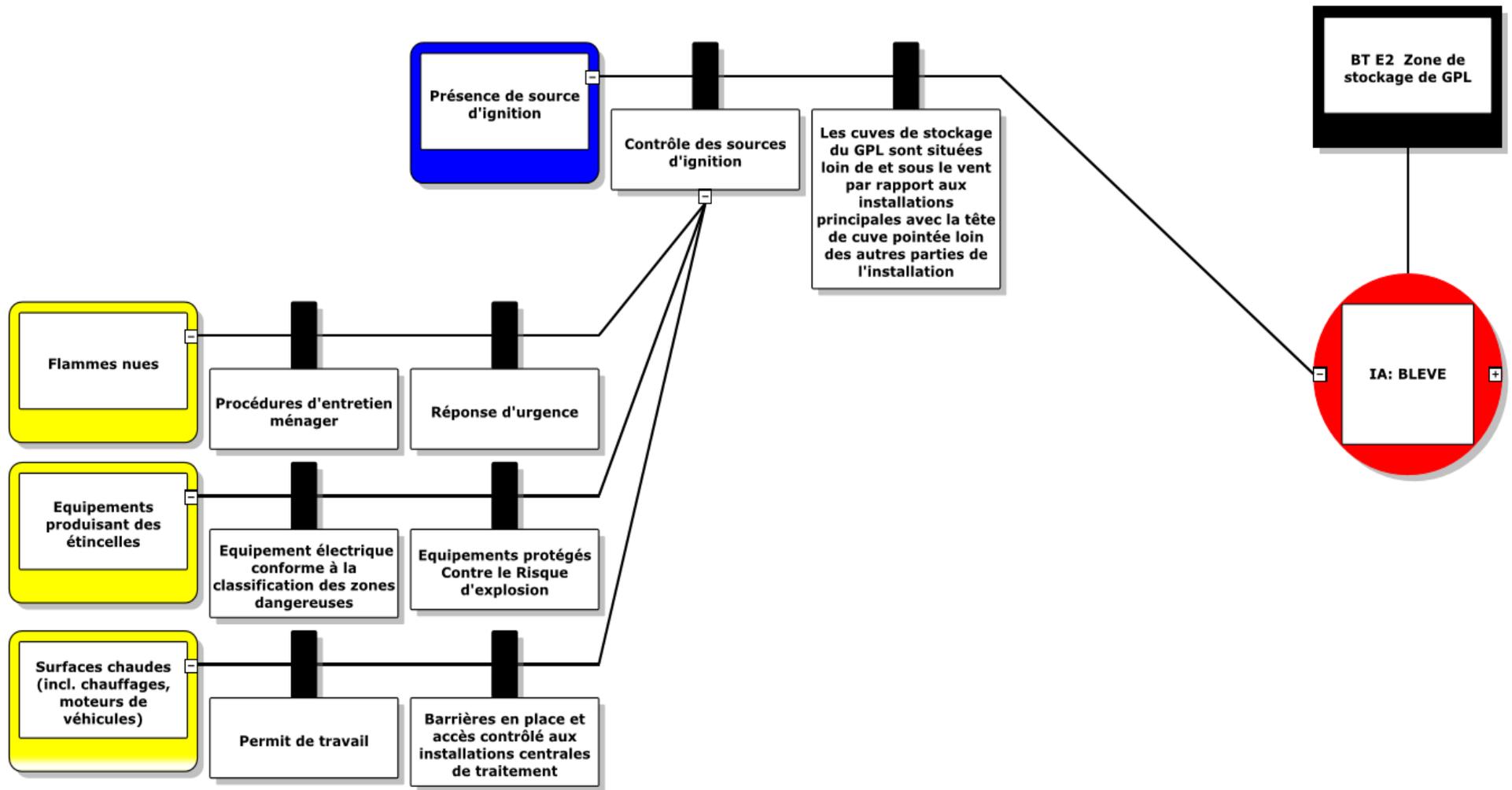
**CHAPITRE 6 : APPLICATION DE LA
METHODE NŒUD PAPILLON AUX
SCENARI RETENUS**

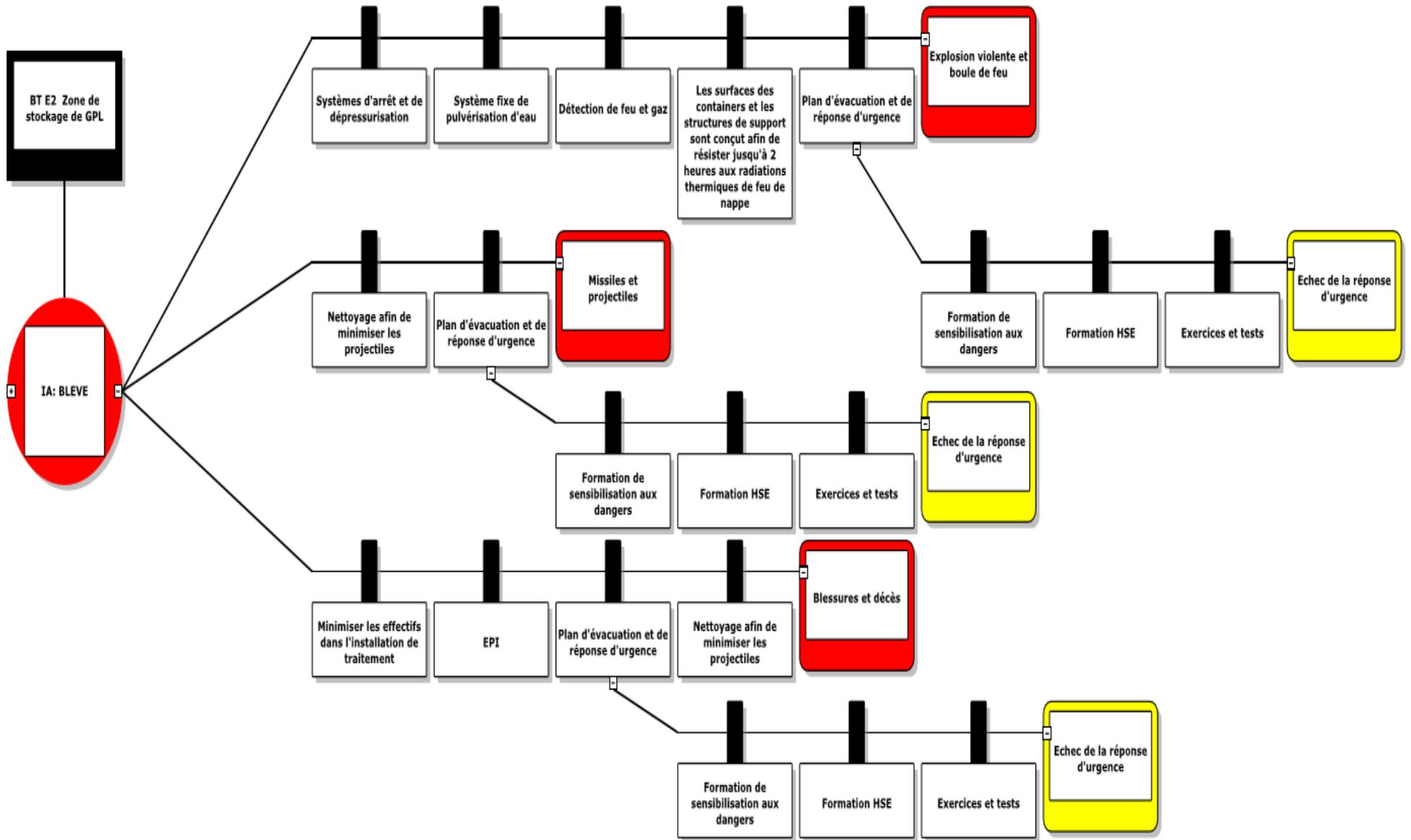
6. Application de la méthode nœud papillon aux scénarii retenus

6.1.BT E2 Zone de Stockage de GPL BLEVE

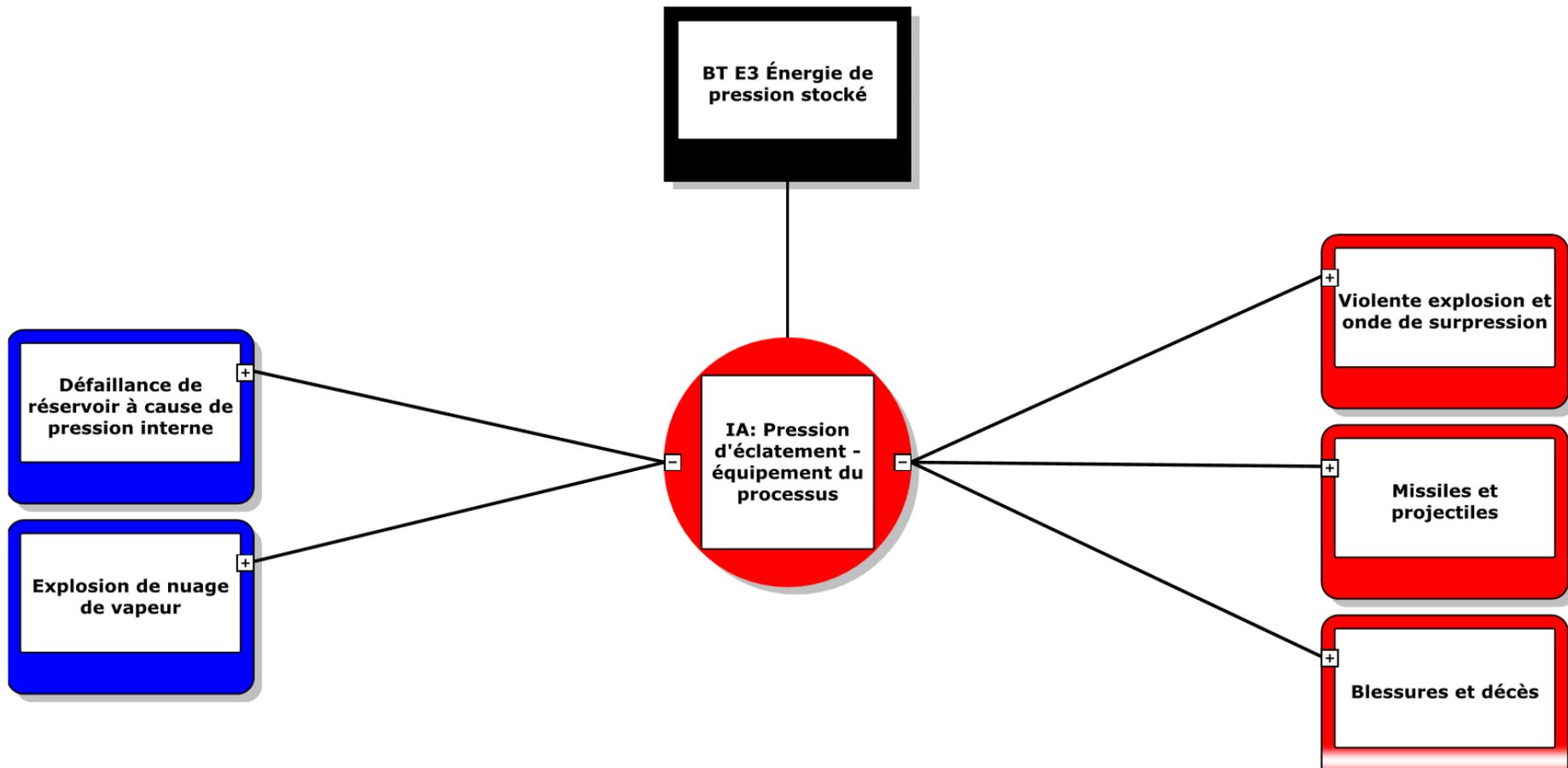


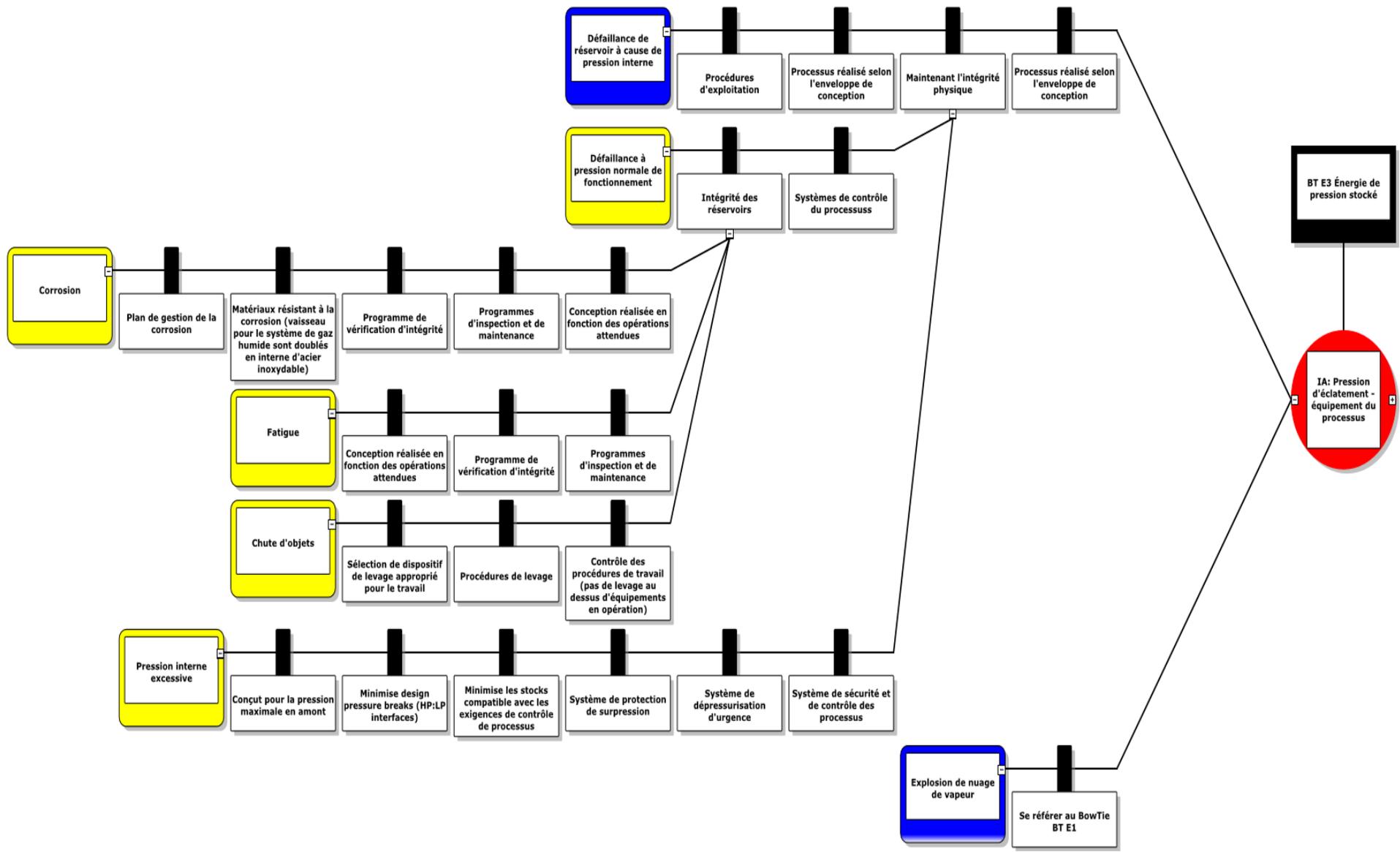


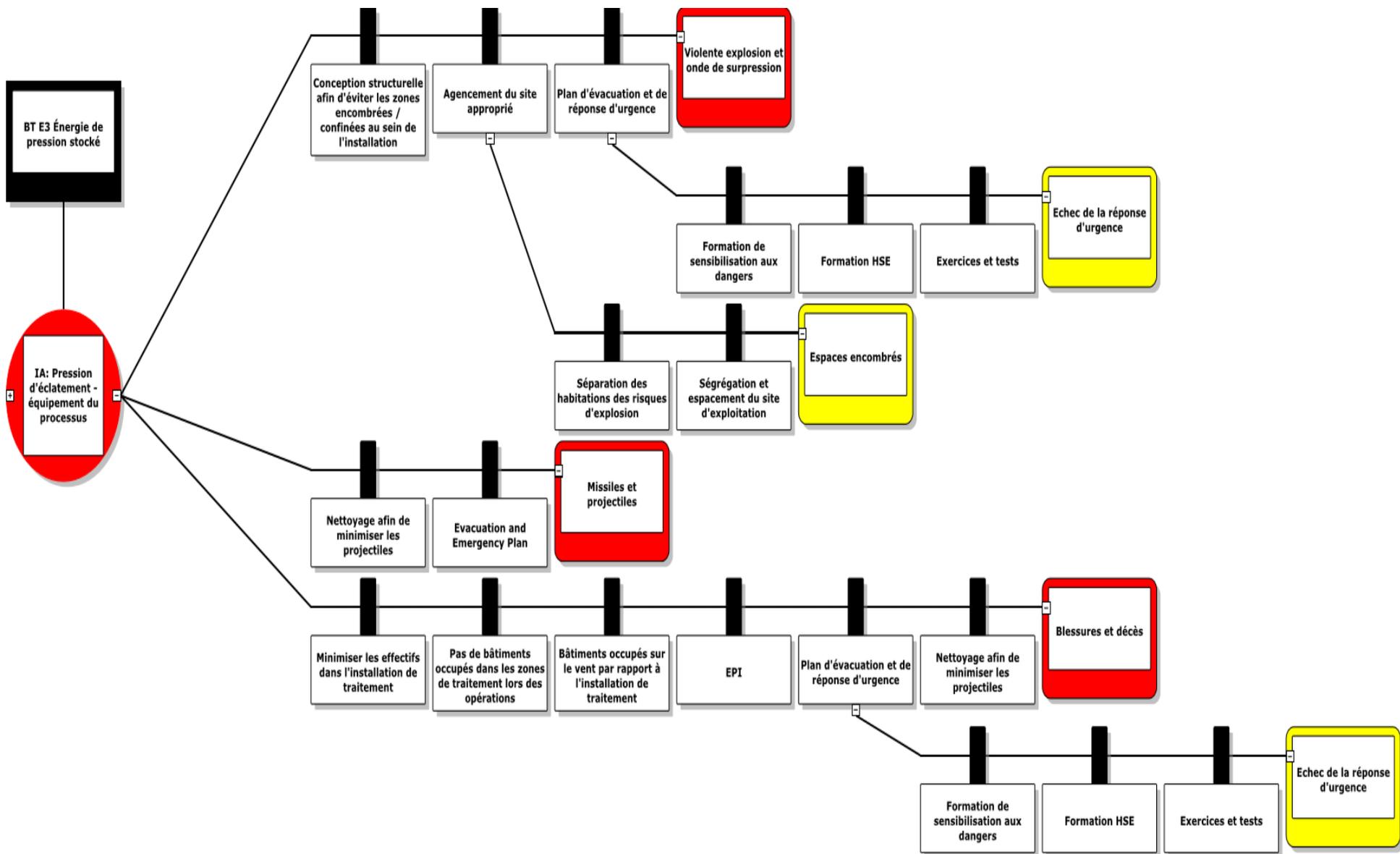




6.2.BT E3 Énergie de Pression Stocké
Pression d'Éclatement - Équipement du Processus

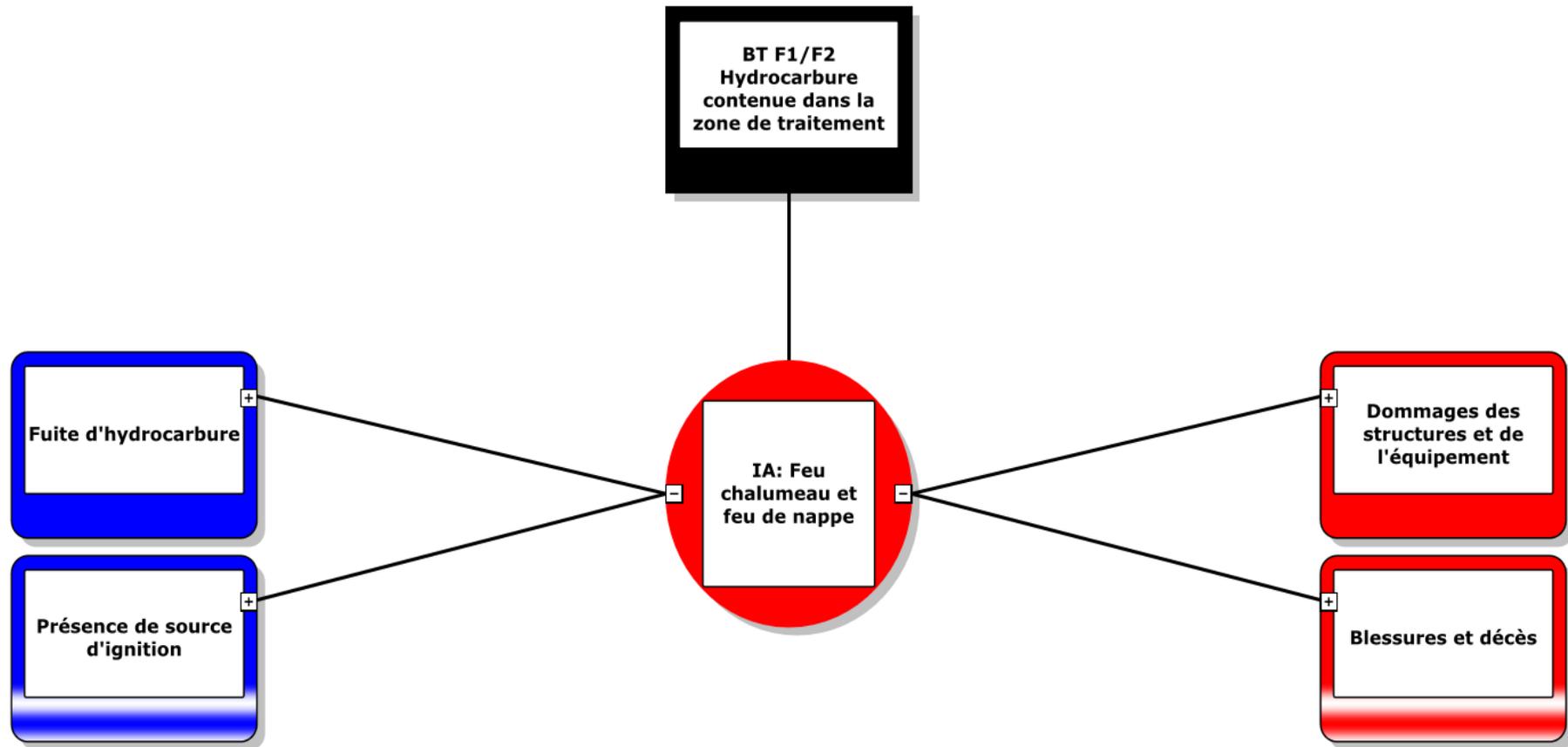


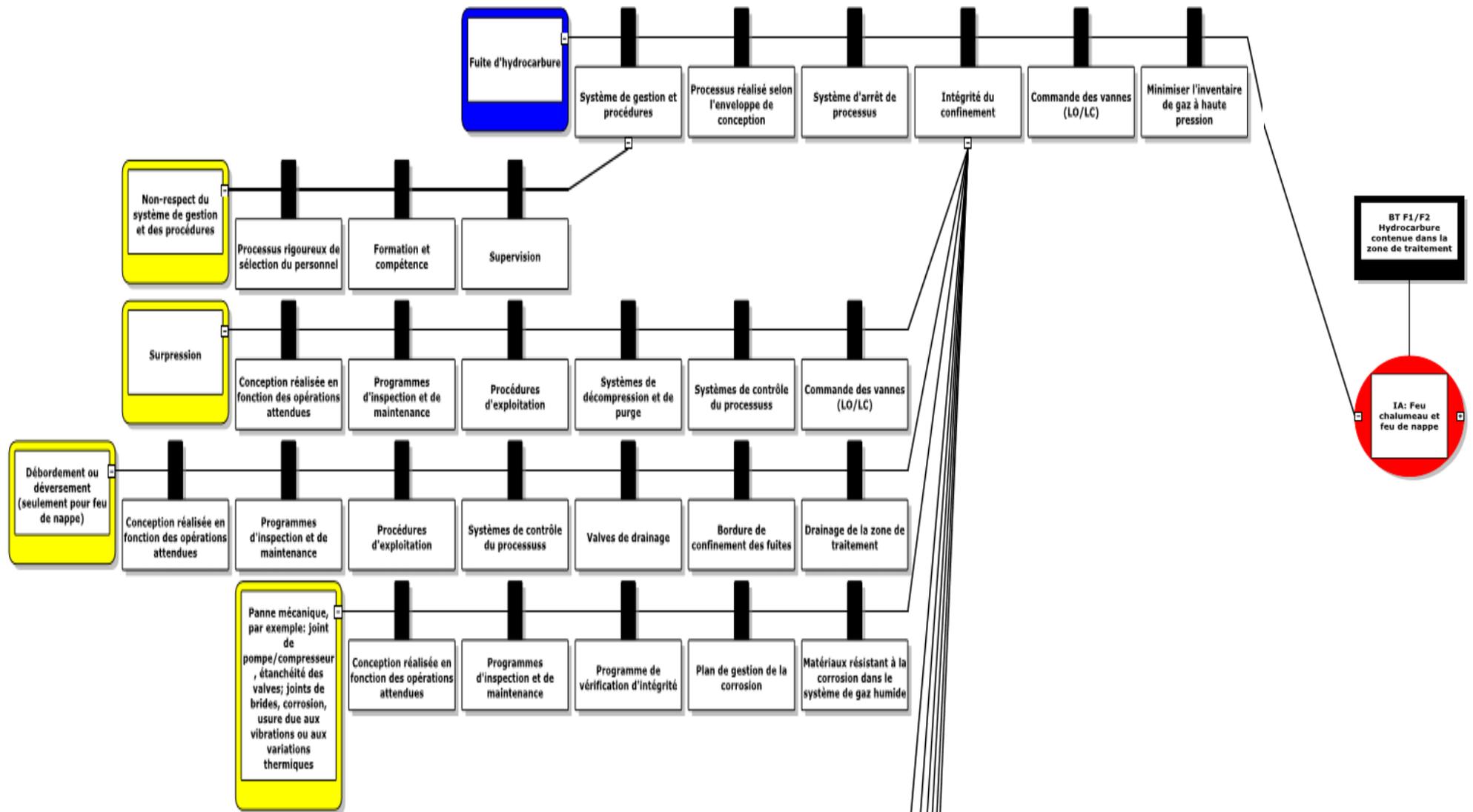


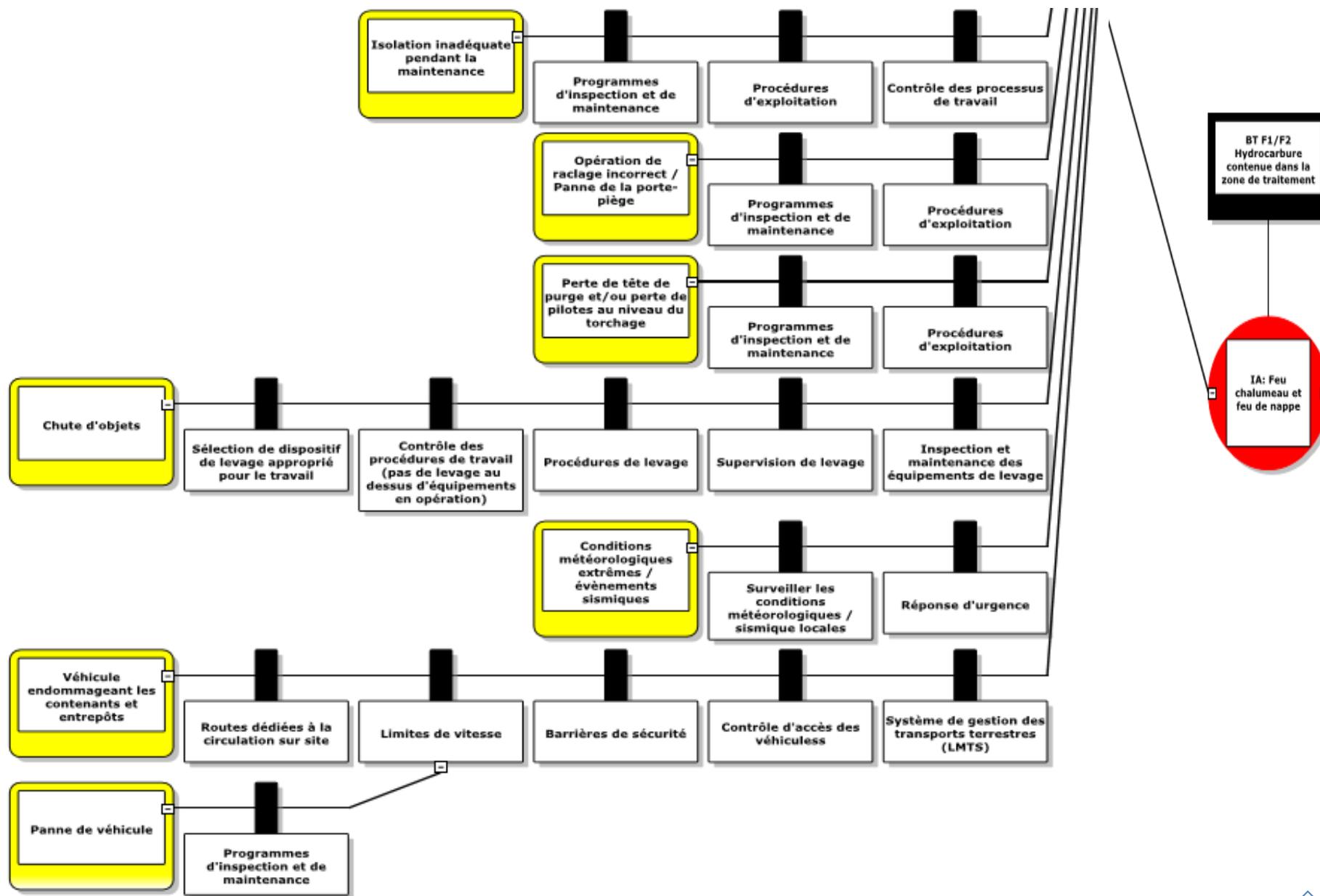


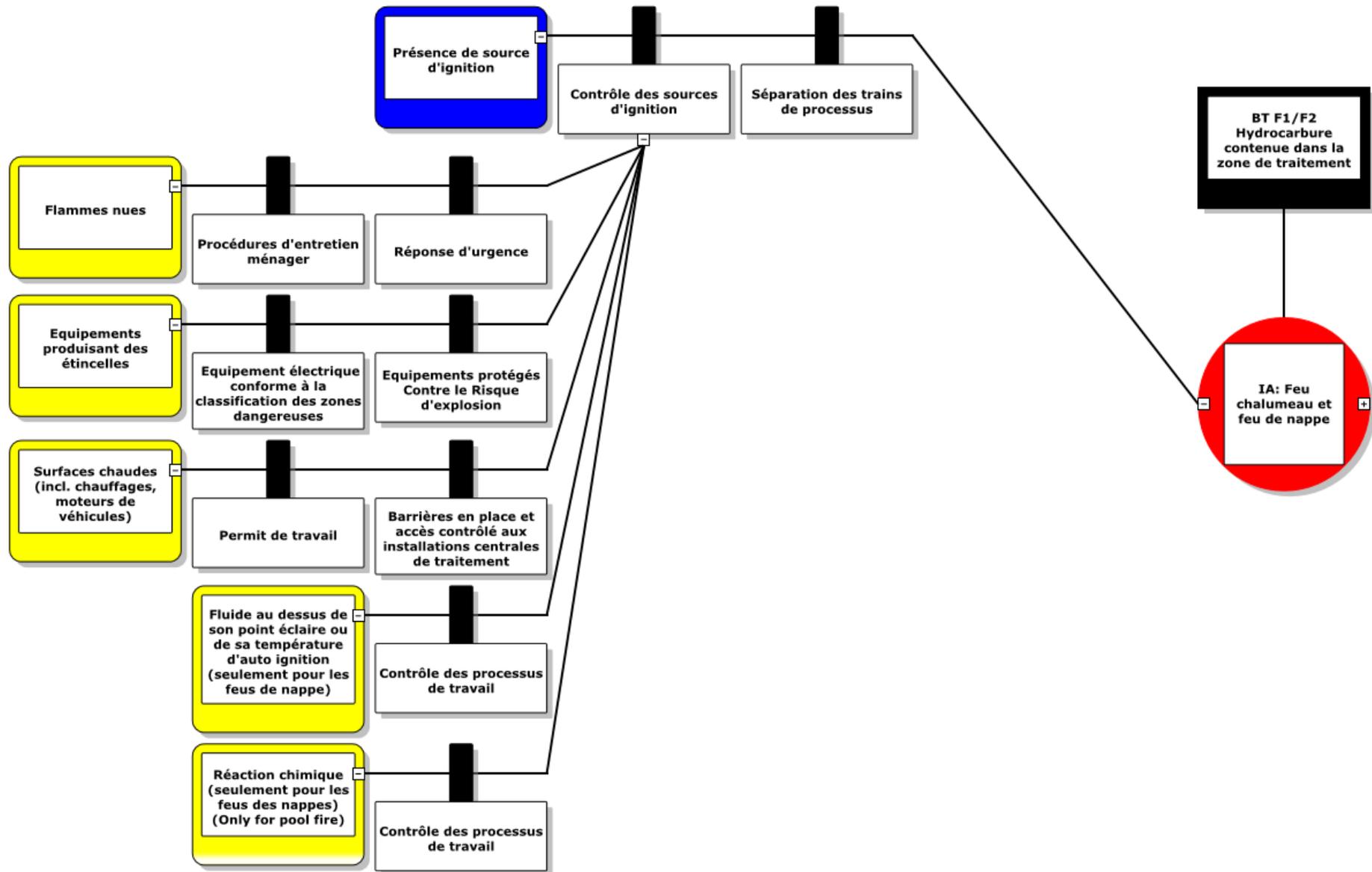
6.3.BT F3 Zone d'Huile Chaude

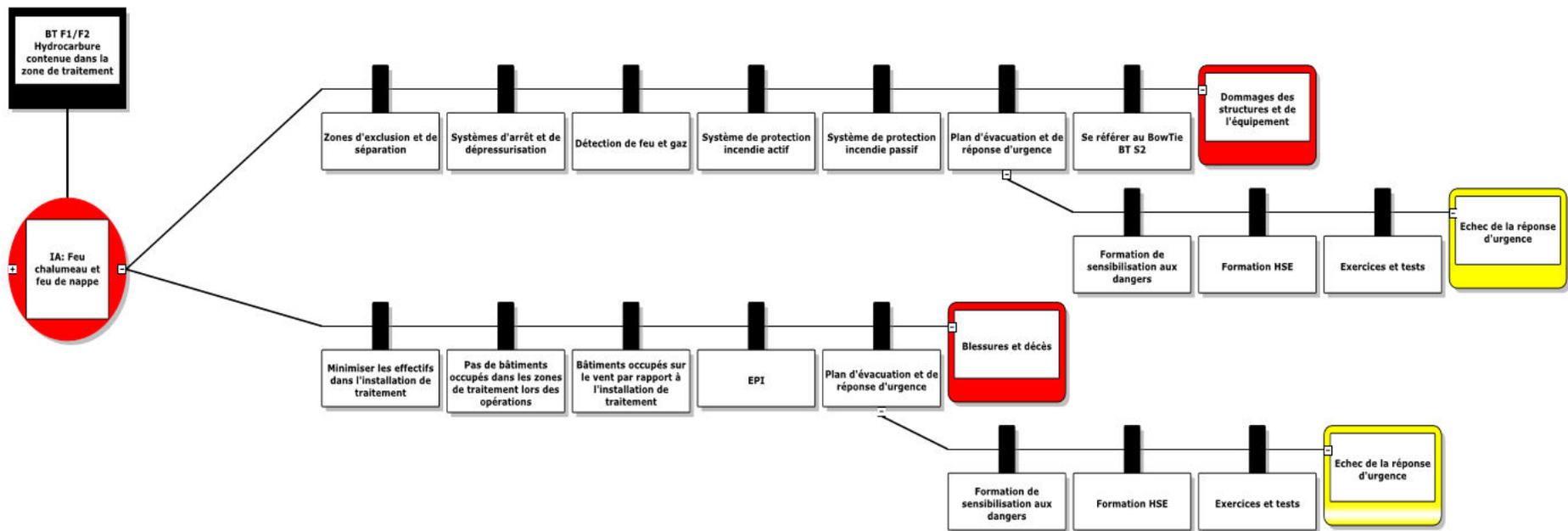
Feu de Nappe Non Confiné

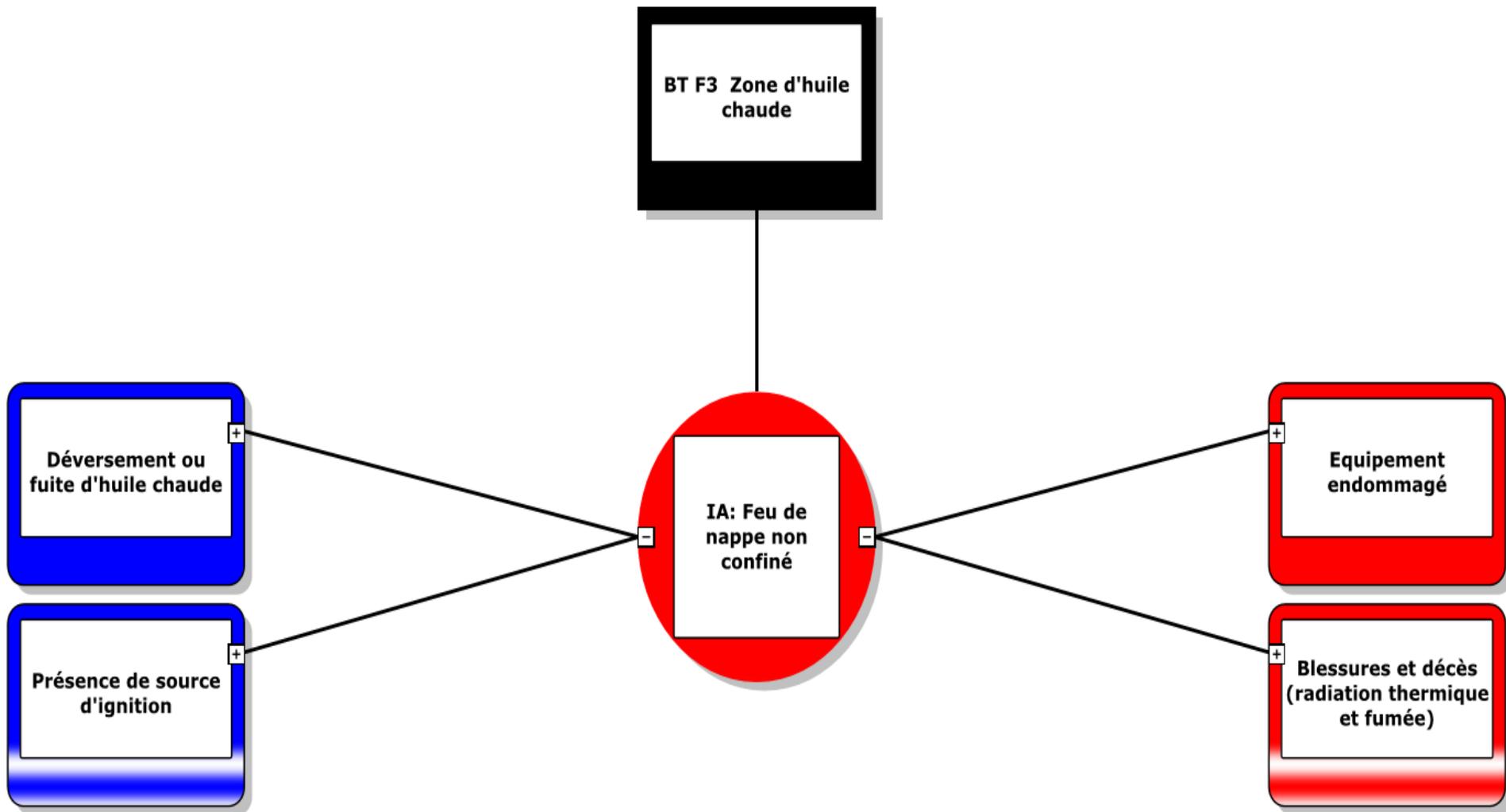


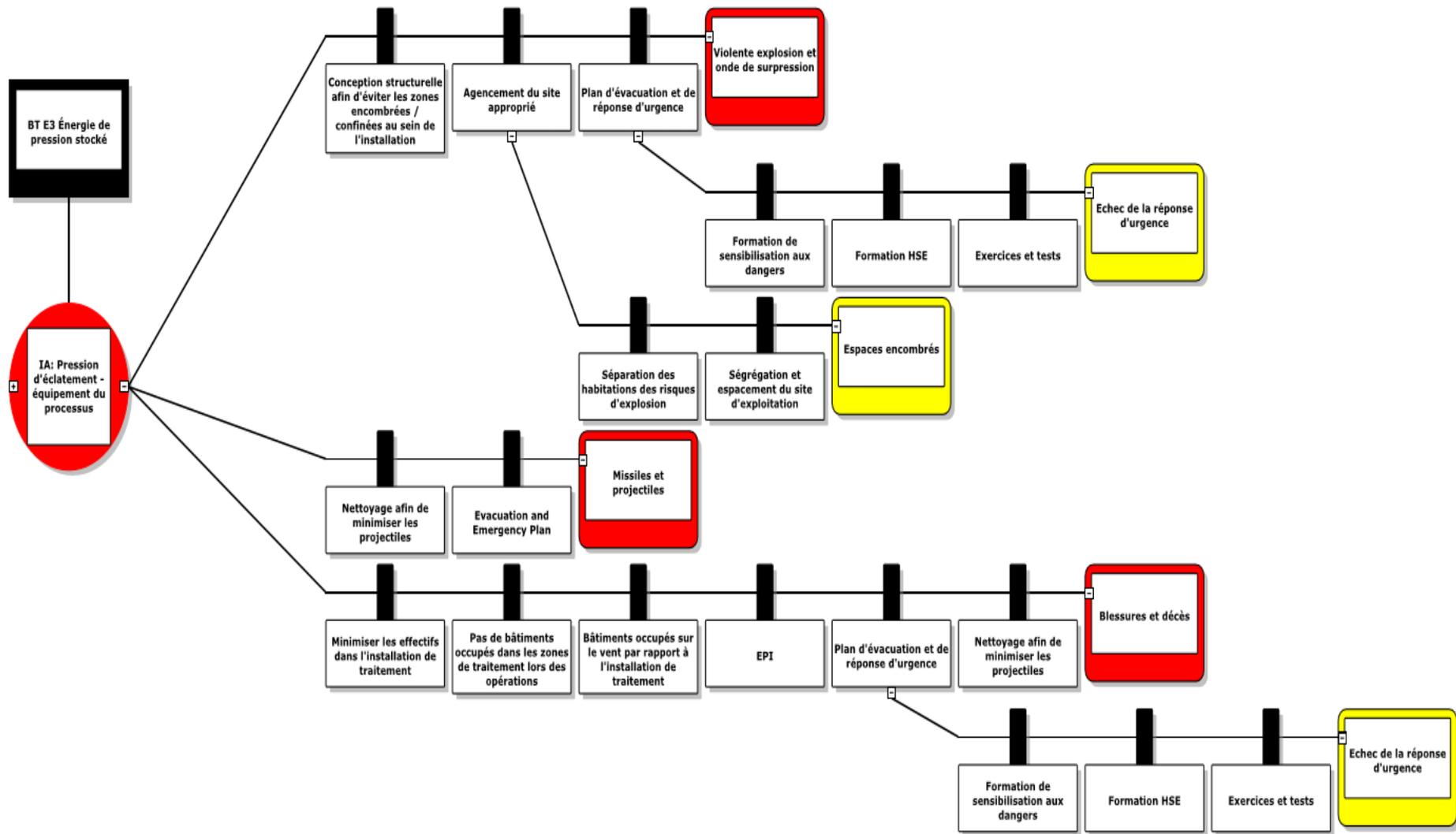


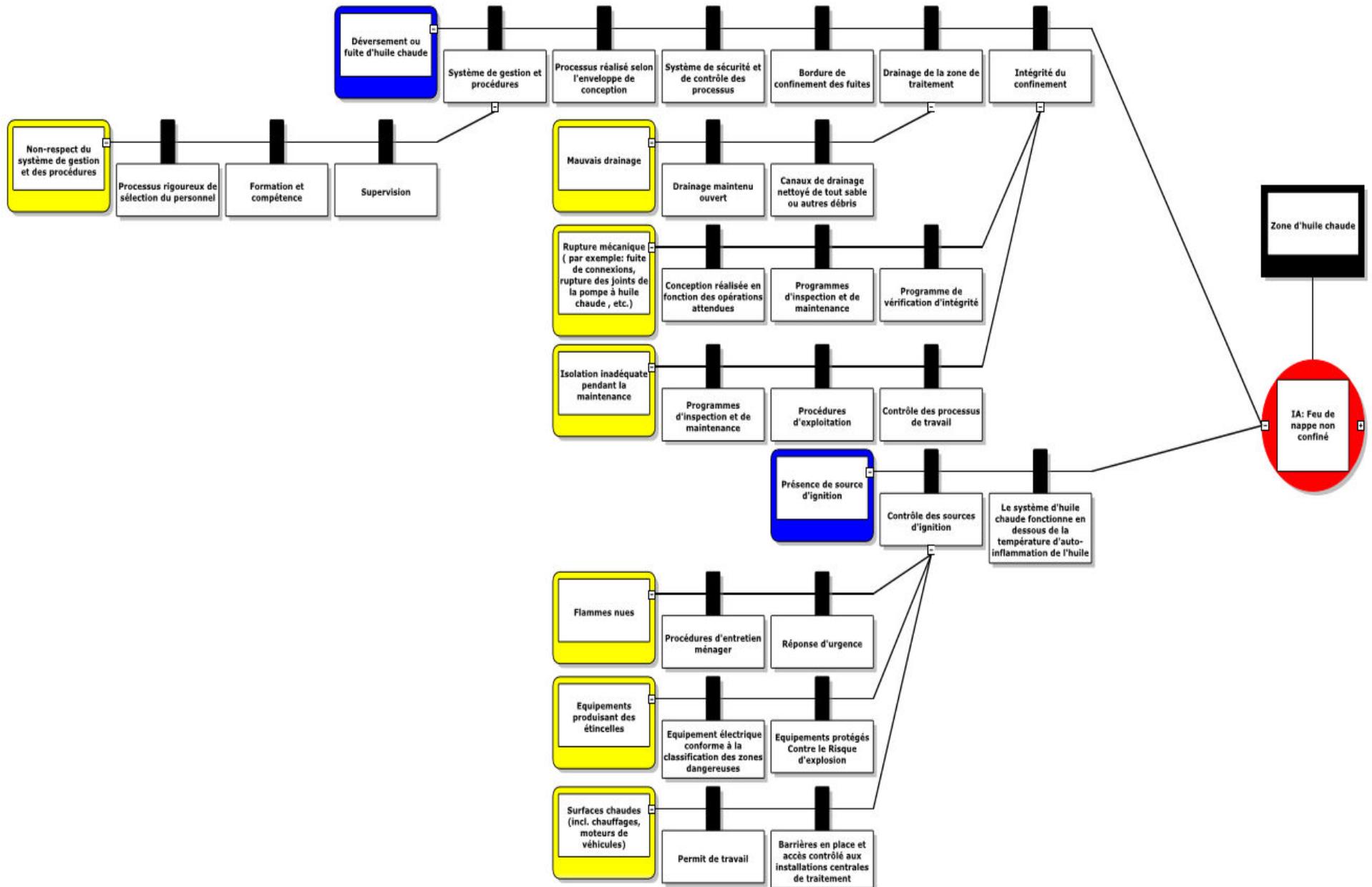


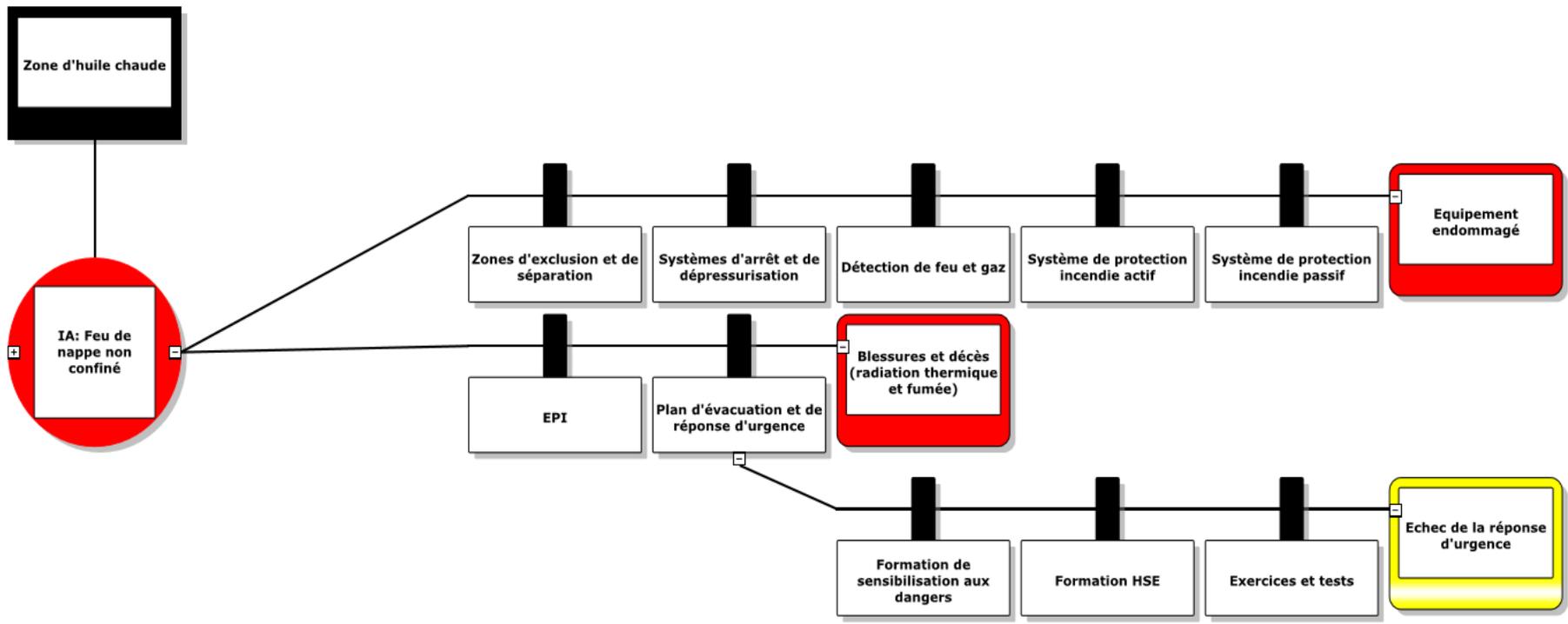






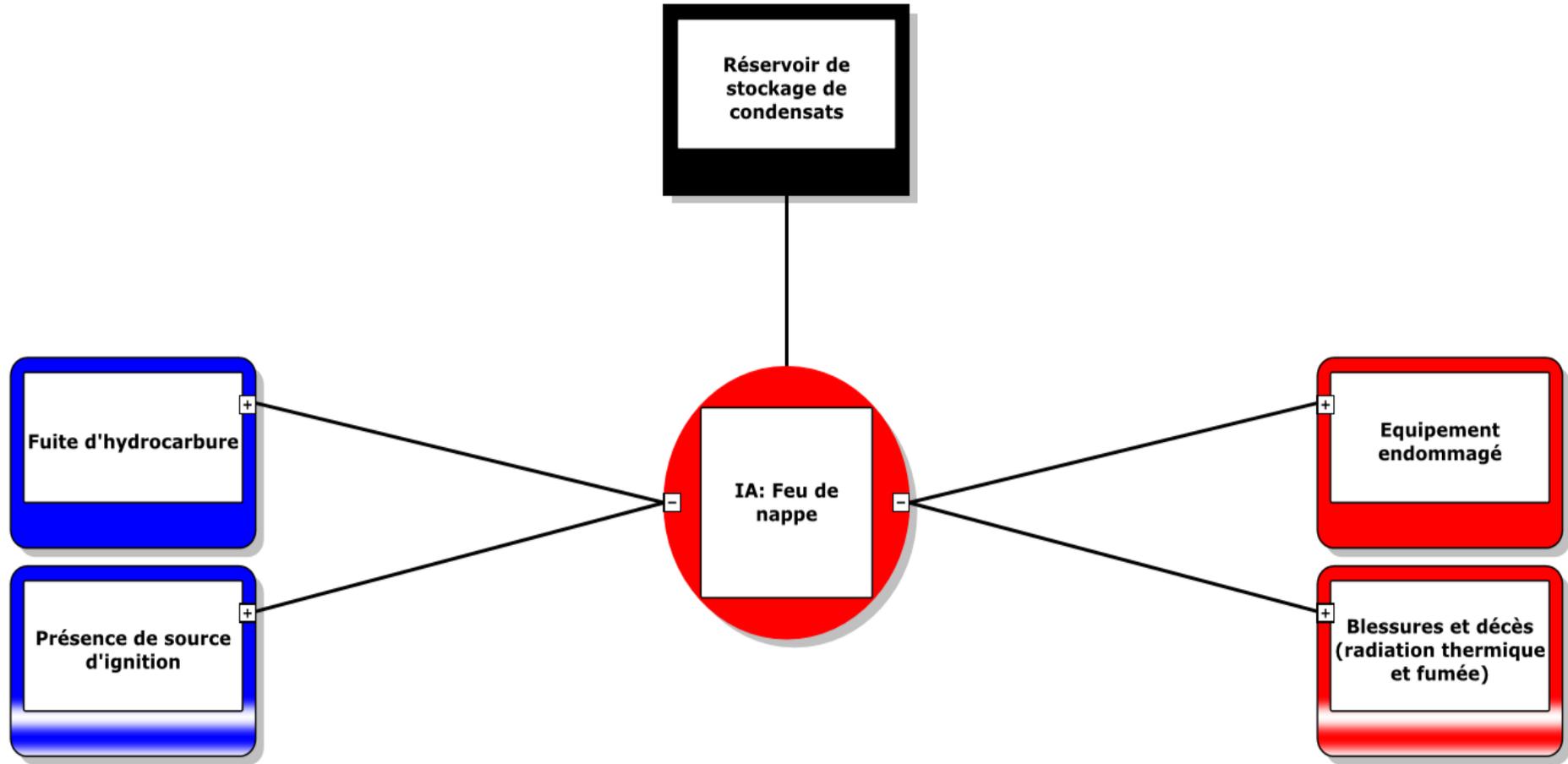


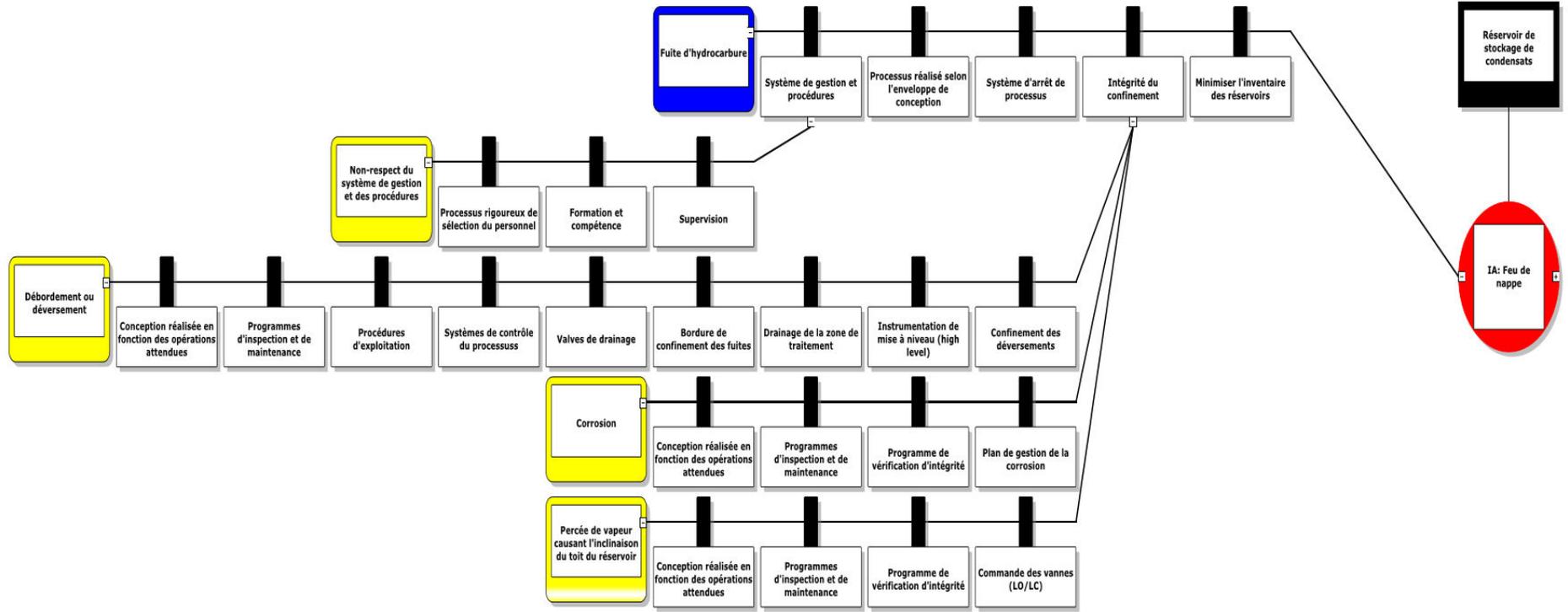


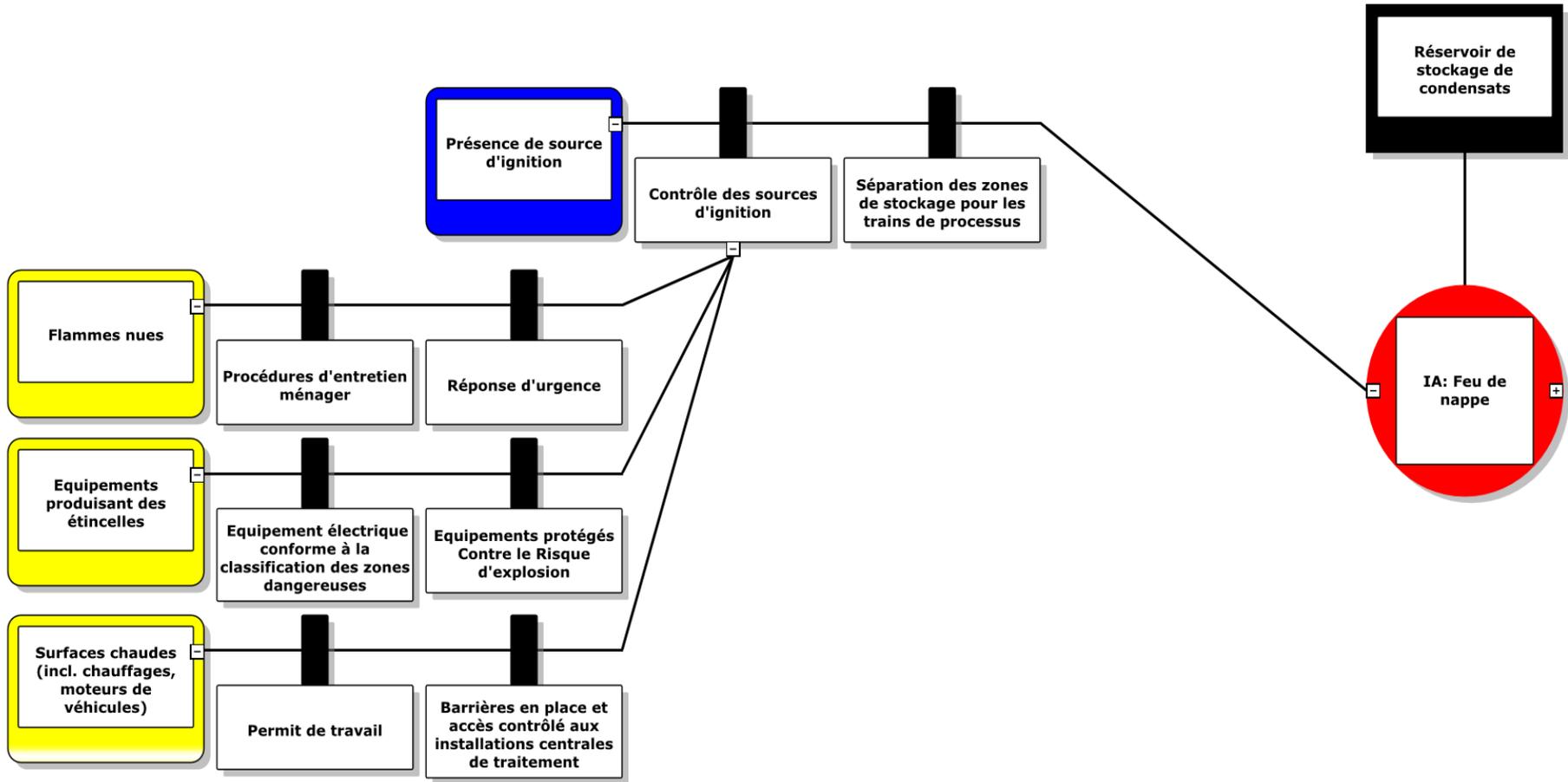


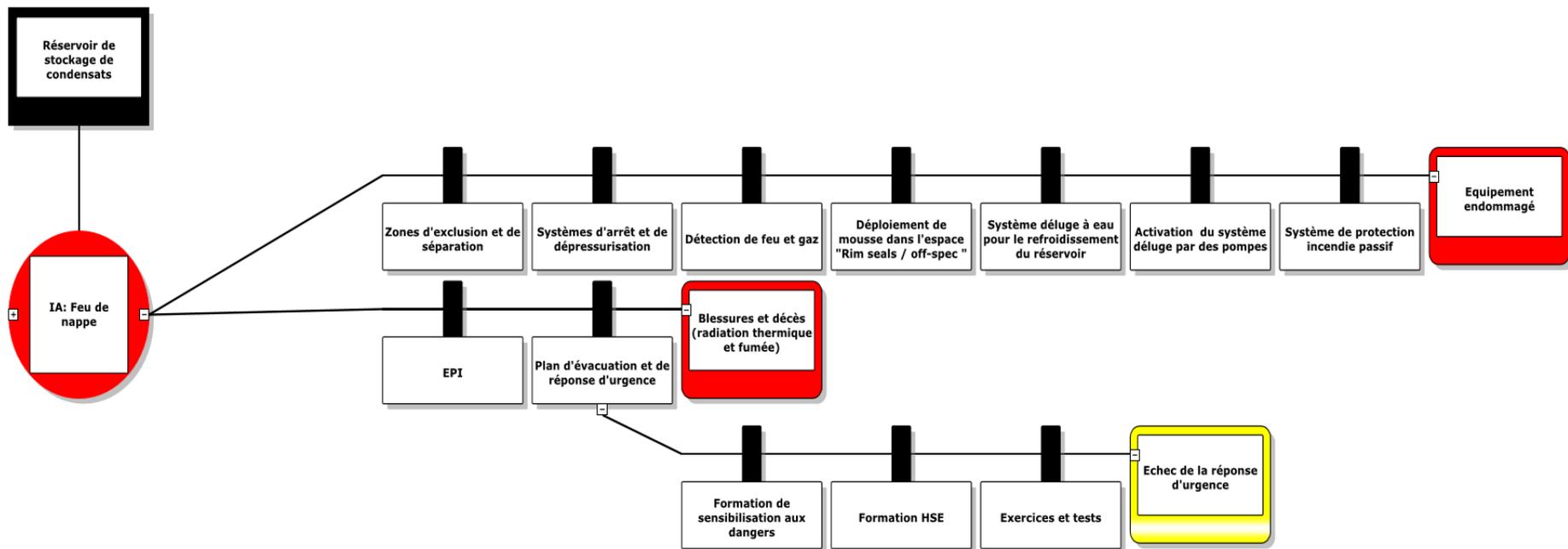
6.4.BT F3 Zone d'Huile Chaude

Feu de Nappe Non Confiné

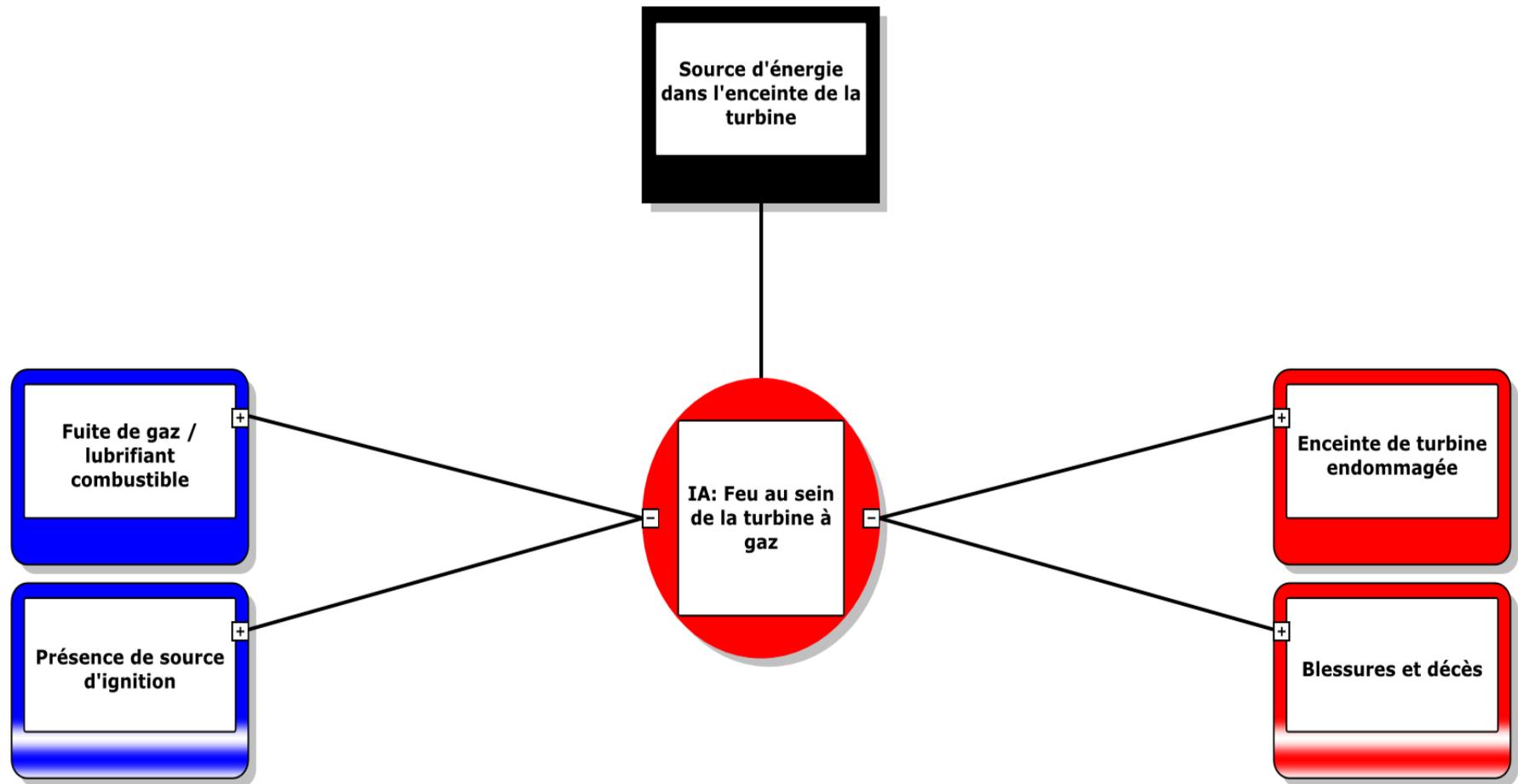


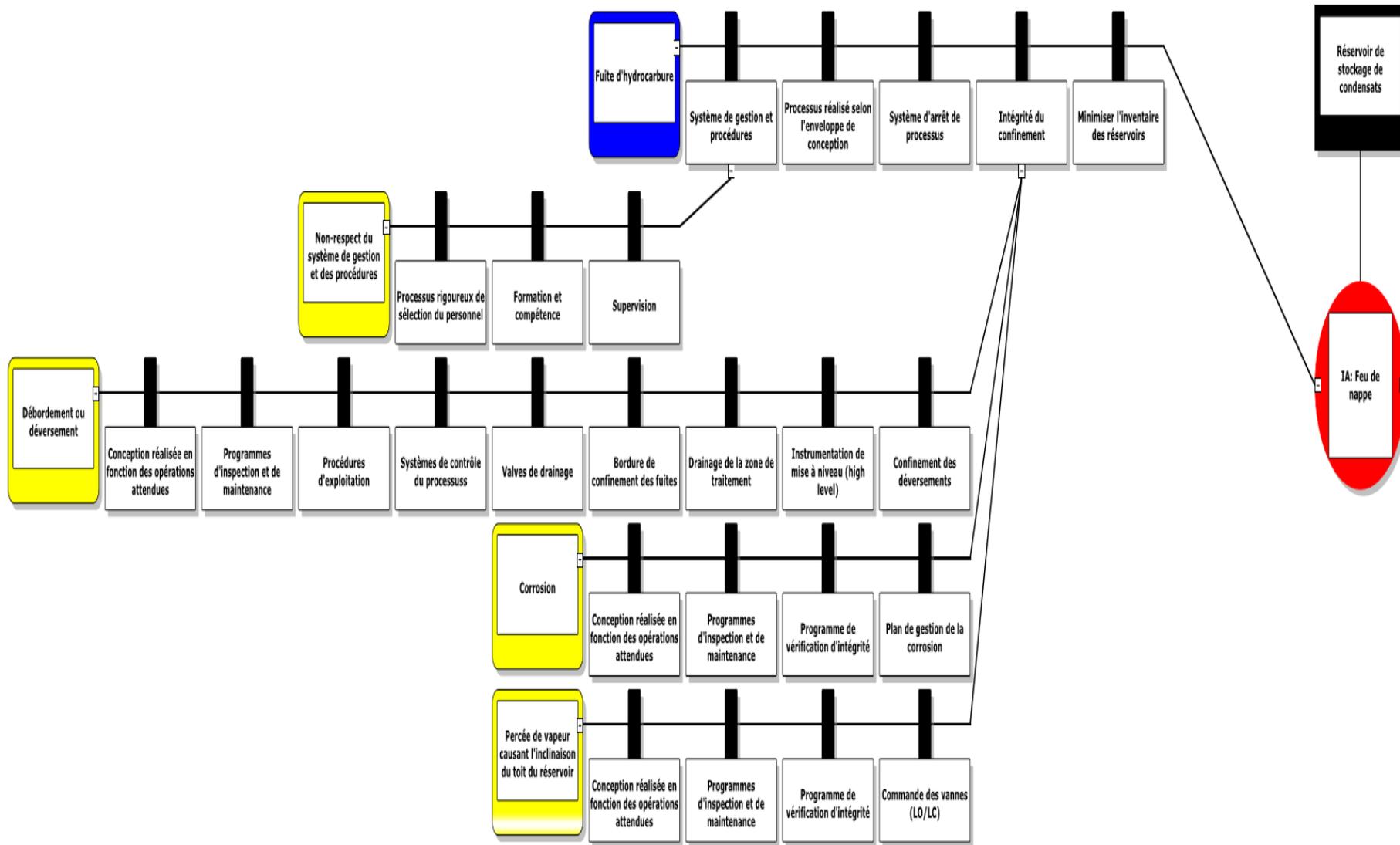


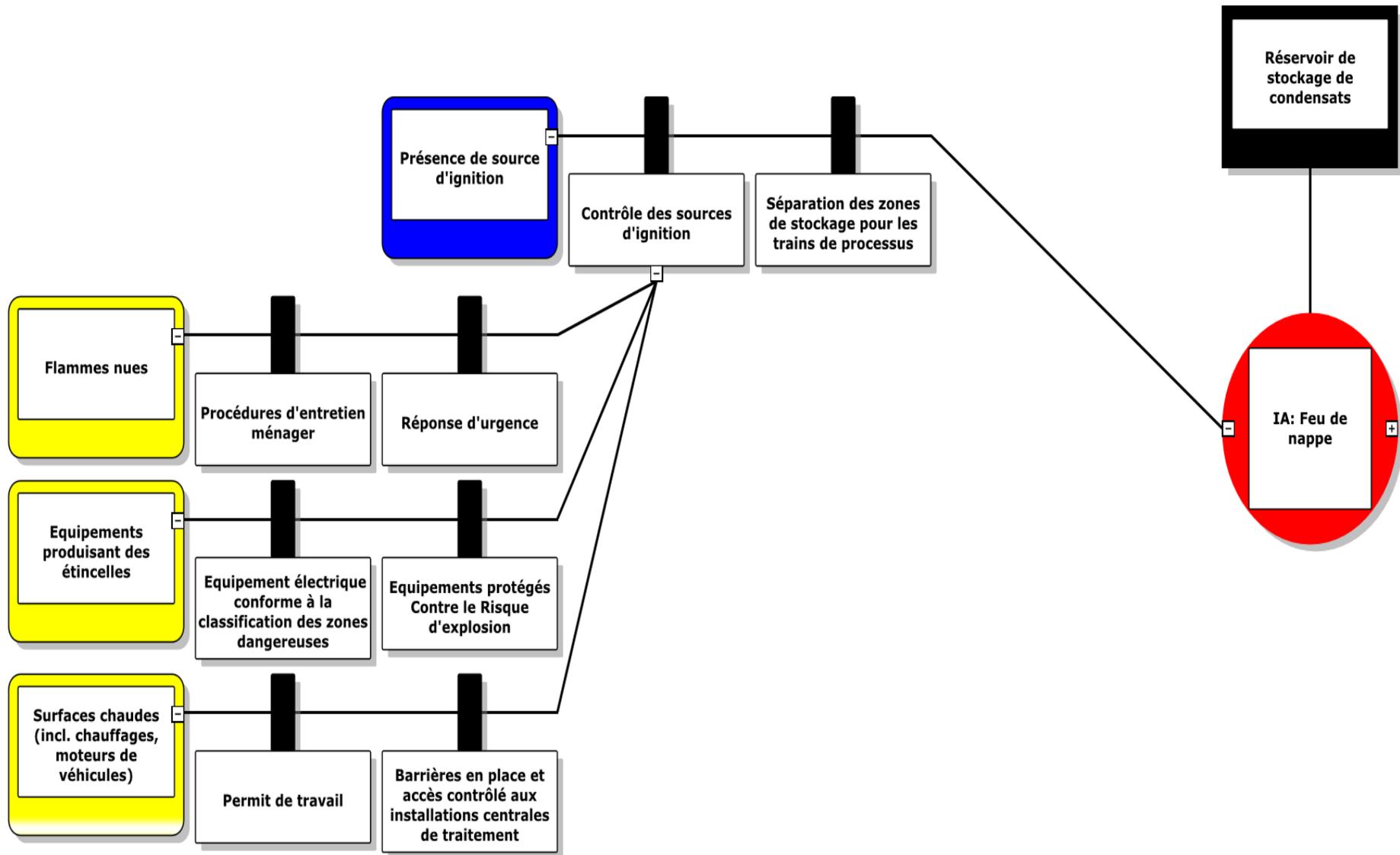


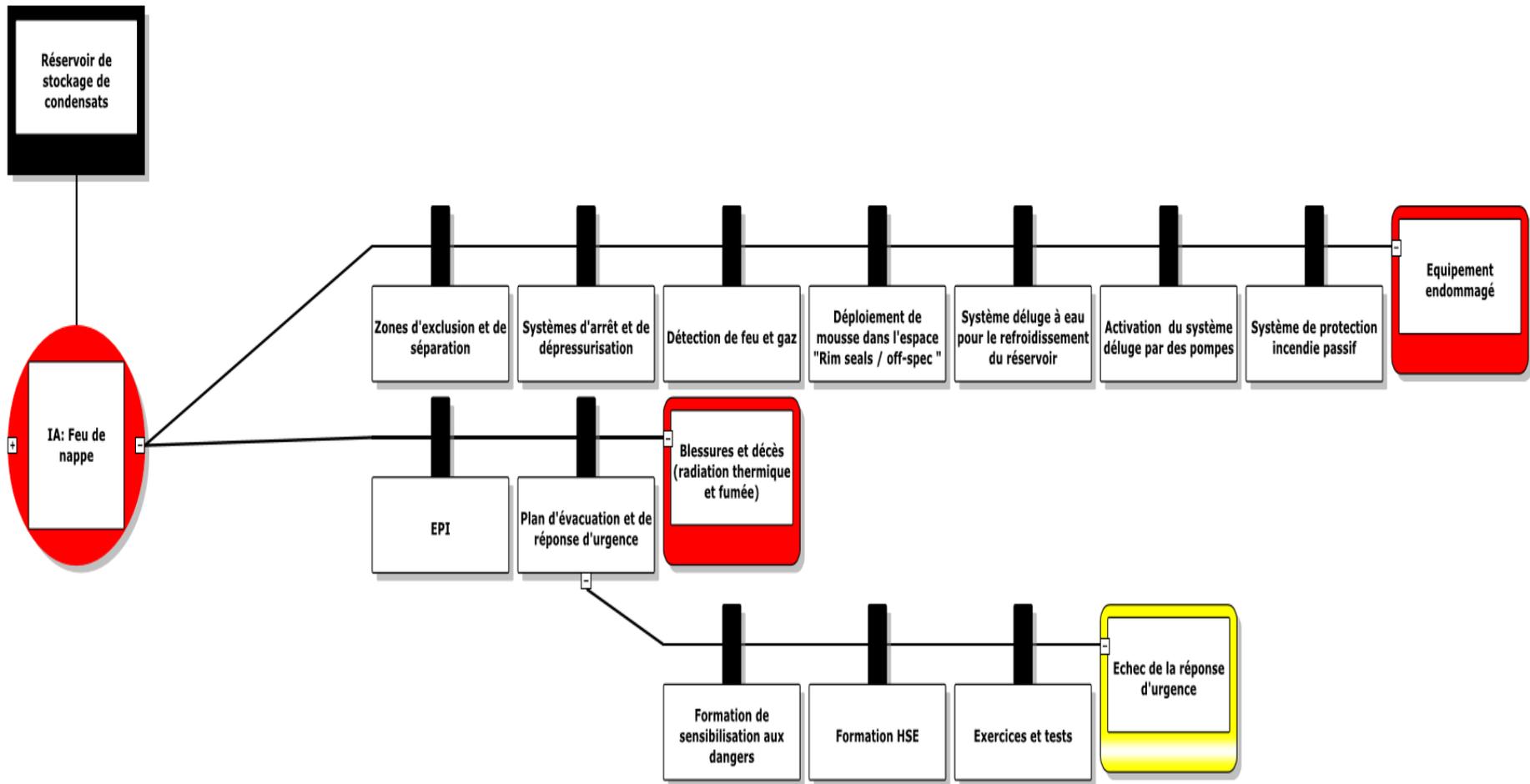


6.5.BT E4 Feu de Nappe









CHAPITRE 7 : CONCLUSION

7. Conclusion

Pour prévenir la survenue d'accidents majeurs, les industriels réalisent des analyses de risques. Le retour d'expérience permet de souligner que les accidents industriels majeurs sont généralement la conséquence d'un enchaînement d'événements indésirables combiné à des défaillances de barrières de sécurité.

Pour analyser de tels accidents, il est nécessaire de disposer de méthodes d'analyse suffisamment fines et détaillées pour identifier l'ensemble des séquences accidentelles sans en écarter aucune à priori. Le nœud papillon permet de répondre à ce besoin en fournissant une arborescence détaillée capable d'explicitier le déroulement chronologique d'un accident.

La méthode du nœud papillon présente les causalités et les conséquences d'un éventuel évènement. Elle nous permet d'avoir une vue d'ensemble sur le processus d'un accident et ainsi de mettre en place des barrières et leurs champ d'action pour éviter un évènement indésirable.

L'élaboration de la méthode du nœud papillon nous a permis aussi de proposer des solutions de maîtrise de risque sous forme des barrières de prévention et de protection pour les cinq événements étudiés.

Cette méthode est cependant complexe et longue à mettre œuvre, et sera privilégiée pour les événements particulièrement critiques pour lesquels le niveau de risque est élevé et requiert une maîtrise des risques importante.

8. Références bibliographiques

- [1] Rapport d'étude n° INERIS-DRA-2006-P46005-CL4756, 13 octobre 2006, Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) -Oméga 7 ($\Omega 7$)-Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.
- [2] Yves MORTUREUX, analyse préliminaire de risques, article issu de : Environnement- Sécurité / Sécurité et gestion des risques, technique de l'ingénieur SE4010, 10 octobre 2002.
- [3] Maggie Zhang, Etude De Danger (EDD), In Amenas, Révision: 2, Octobre 2011.
- [4] Olivier IDDIR, Le nœud papillon : une méthode d'analyse de risques, article issu de : Environnement- Sécurité / métier : responsable environnement, technique de l'ingénieur SE0537, 29 juin 2012.
- [5] Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire- France, construction d'une étude de dangers, 10 juin 2008.
- [6] Rapport intermédiaire d'opération de l'INERIS, étude et recherche (DRA-014),: Evaluation des performances des barrières techniques de prévention et de protection pour réduire les risques majeurs, décembre 2002.
- [7] Jean Claude COUROUTINEAU, mise en œuvre de la nouvelle approche d'analyse des risques dans les installations classées, 2010.
- [8] Djamila Nesrine AMROUS, Analyse par la méthode nœud papillon : cas du séparateur primaire « slug catcher » du groupement berkine - El Merk, mémoire pour l'obtention du diplôme de master en QHSE-GRI – Ecole Nationale Polytechnique, juin 2015.
- [9] Site internet : <http://www.cgerisk.com/software/risk-assessment/bowtiexp> visité le 5 mai 2016.