

RAPPORT D'ÉTUDE
N° DRA-08-85167-13165B

31/10/2008

**Programme EAT-DRA 71-Opération C2.1 :
Estimation des aspects probabilistes**

**Fiches pratiques : Intégration de la probabilité
dans les études de dangers**

INERIS

Programme EAT-DRA-71 - Opération C2.1

Estimation des aspects probabilistes

Fiches pratiques : Intégration de la probabilité dans les études de dangers

Verneuil-en-Halatte (Oise)

Client : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Cécile DEUST

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Relecture	Vérification	Approbation
NOM	Cécile DEUST	Christophe BOLVIN	Marie-Astrid KORDEK	Sylvain CHAUMETTE
Qualité	Ingénieur Unité EQRI Direction des Risques Accidentels	Responsable d'unité EQRI Direction des Risques Accidentels	Déléguée Appui à l'administration Direction des Risques Accidentels	Responsable de Pôle AGIR Direction des Risques Accidentels
Visa	Signé	Signé	Signé	Signé

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
2. RAPPEL DU CADRE REGLEMENTAIRE.....	7
3. INTEGRATION DE LA PROBABILITE DANS LES ETUDES DE DANGERS – GUIDE PRATIQUE	9
3.1 ETAPE 1 : Choix de la méthode retenue pour l'estimation de la probabilité	11
3.1.1 Rappel des exigences réglementaires.....	11
3.1.2 Le nœud papillon, un support privilégié	11
3.1.3 Règles de bonnes pratiques - Ecueils à éviter.....	11
3.2 ETAPE 2 : Collecte des données d'entrée nécessaires	12
3.2.1 Rappel des exigences réglementaires.....	13
3.2.2 Règles de bonnes pratiques	13
3.3 ETAPE 3 – estimation de la probabilité d'occurrence de l'accident potentiel et affectation d'une classe.....	17
FICHE N°1 – Analyse probabiliste –Définition du cadre de l'étude	19
FICHE N° 2 – Traitement des portes OU entre EI.....	25
FICHE N° 3 – Traitement du cas où une ou plusieurs mesures de maîtrise des risques s'appliquent à un même EI.....	29
FICHE N° 4 – Traitement d'une porte ET entre des EI	33
FICHE N°5 – Traitement d'une porte « ET » entre un ES et un ERC – Cas de la probabilité d'inflammation	37
FICHE N°6 – Illustration des règles probabilistes sur un exemple	39
FICHE N°7 – Glossaire	51
4. REFERENCES	53

1. INTRODUCTION

Conformément à l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 (arrêté dit PCIG relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation) les probabilités d'occurrence des phénomènes dangereux et des accidents potentiels identifiés dans les études de dangers des installations classées doivent être examinées.

Après un rappel réglementaire au chapitre 2, l'objectif de ce guide est de donner des règles de bonnes pratiques pour l'intégration de la probabilité dans les études de dangers.

La phase d'intégration de la probabilité est décomposée en trois étapes : le choix de la méthode d'estimation de la probabilité, la collecte des données d'entrée et l'estimation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et des accidents à proprement dite. Des règles de bonnes pratiques sont données au chapitre 3 pour chacune de ces étapes.

Il n'existe pas de méthode unique d'estimation de la probabilité d'occurrence des accidents potentiels¹. Ainsi, la méthode retenue dépendra généralement des données à disposition et de la finesse de la modélisation du système que l'on cherchera à étudier (principe de proportionnalité).

La méthode de représentation utilisée dans cette note pour conduire l'estimation de la probabilité est le nœud papillon². Les règles de bonnes pratiques sont donc énoncées dans ce cadre. Elles sont présentées au chapitre 3 sous la forme d'un recueil de fiches pratiques. Les principaux traitements probabilistes rencontrés dans les études de dangers y sont détaillés et illustrés (porte OU, porte ET, agrégations d'une ou plusieurs mesures de maîtrise des risques, etc.).

¹ De nombreuses méthodes ou outils probabilistes peuvent être utilisés pour déterminer la probabilité d'occurrence des accidents potentiels. Certains outils quantitatifs sont présentés dans le cadre de travaux effectués précédemment par l'INERIS (référence [3]).

² Dans la mesure où un nœud papillon est la combinaison d'un arbre des causes et d'un arbre d'événement, le traitement probabiliste du nœud papillon permettra de couvrir le traitement probabiliste de ces deux outils arborescents.

2. RAPPEL DU CADRE REGLEMENTAIRE

L'objectif de ce paragraphe est de citer les principaux textes réglementaires et guides d'application traitant de l'aspect probabiliste dans les études de dangers. L'intégration de la probabilité dans les études de dangers devra donc être réalisée en conformité avec ces documents.

- **Arrêté du 29 septembre 2005** relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation (appelé « **Arrêté PCIG** » dans la suite du document)

Cet arrêté détermine les règles minimales relatives à la prise en compte de la probabilité d'occurrence des accidents et des phénomènes dangereux dans les études de dangers.

- **Circulaire n°DPPR.SEI2/MM-05-0316 du 7 octobre 2005** relative aux installations classées – Diffusion de l'arrêté ministériel relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation – **Glossaire technique des risques technologiques.**

Le glossaire technique vise à harmoniser le vocabulaire utilisé par les services d'inspection des installations classées. En particulier, les termes de « probabilité d'occurrence » et de « probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux » y sont définis.

- **Circulaire du 28 décembre 2006 n°DPPR/SEI2/CB-06-388 - Guide d'élaboration et de lecture des études de dangers pour les établissements soumis à autorisation avec servitudes :**

⇒ Fiche n°8 – Traitement spécifique de certains événements initiateurs

Cette fiche définit, sous certaines conditions, une liste d'événements initiateurs pour lesquels la probabilité d'occurrence ne sera pas évaluée et qui ne seront pas retenus lors de l'estimation de la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux ou de l'accident correspondant.

Note : Ces événements initiateurs font pour la plupart l'objet d'une réglementation déterministe par ailleurs. Il est donc considéré que « le respect strict, intégral et justifié de cette réglementation » détermine « permet de considérer qu'une démarche de maîtrise des risques importante a été menée ».

⇒ Fiche n°7 – Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) fondées sur une intervention humaine

Cette fiche fournit des éléments d'appréciation sur la prise en compte des mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine. Elle fournit en particulier des ordres de grandeurs maximaux pour les niveaux de confiance de ces mesures de maîtrise des risques.

- **Arrêté ministériel du 10 mai 2000** modifié relatif 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

Cet arrêté établit en Annexe 4 une liste d'événements externes pouvant ne pas être pris en compte dans l'étude de dangers.

- **Courrier DPPR/SEI2/FA-07-0007 du 05 février 2007**

Ce courrier précise sous quelles conditions l'événement initiateur « Chute d'avion » pourra être exclu de l'évaluation probabiliste.

- **Circulaire BRTICP/2007-392/CD du 24 décembre 2007** relative à l'exclusion de certains phénomènes dangereux concernant les véhicules-citernes et wagons-citernes transportant des substances toxiques non inflammables.

Cette circulaire complète la fiche n°8 de la circulaire du 28 décembre 2006 en proposant une liste d'événements initiateurs pour lesquels la probabilité d'occurrence ne sera pas évaluée et qui ne seront pas retenus lors de l'estimation de la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux ou de l'accident correspondant (sous réserve du respect de critères mentionnés dans la circulaire) menée dans la démarche décrite dans la circulaire du 29 septembre 2005 ainsi que pour la maîtrise de l'urbanisation.

Ces événements initiateurs concernent les véhicules-citernes et wagons-citernes transportant des substances toxiques non inflammables ainsi que l'ammoniac.

- **Circulaire DPPR/SEI2/AL-07-0257 du 23 juillet 2007** relative à l'évaluation des risques et des distances d'effets autour des dépôts de liquides inflammables et des dépôts de gaz inflammables liquéfiés

Cette circulaire fixe quelques règles et principes d'évaluation des risques et des distances d'effets pour les installations de stockage de liquides inflammables et de gaz inflammables liquéfié, à la suite notamment de discussions menées dans le cadre de groupes de travail nationaux regroupant des représentants des professions, des experts et de l'inspection des installations classées.

Elle présente une liste de phénomènes dangereux que l'exploitant pourra exclure de l'étude de dangers sous réserve du respect de certaines conditions (cas de situation particulière rendant le phénomène dangereux physiquement non vraisemblable). Ainsi, par exemple, le BLEVE du réservoir pour cause d'agression thermique (hors sur-remplissage) pourra être exclu de l'étude de dangers dès lors que les mesures de conception des réservoirs ont été mises en place de manière à résister à ces agressions.

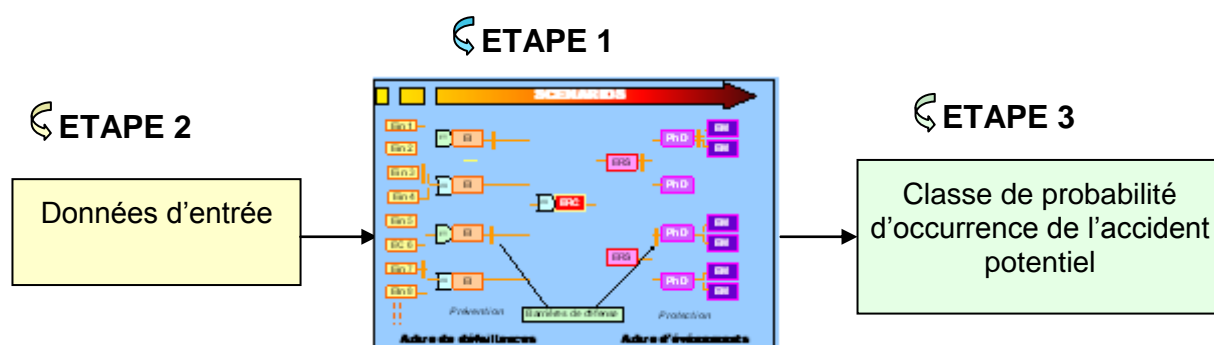
Des classes de probabilité sont proposées pour certains phénomènes dangereux sous réserve du respect de certaines conditions (BLEVE de citerne mobile).

3. INTEGRATION DE LA PROBABILITE DANS LES ETUDES DE DANGERS – GUIDE PRATIQUE

La détermination de la probabilité d'occurrence annuelle d'un accident potentiel ou d'un phénomène dangereux peut être décomposée en trois étapes principales:

- **Etape 1** : Choix d'une méthode d'estimation de la probabilité
- **Etape 2** : Collecte des données d'entrée nécessaires à l'estimation
- **Etape 3** : Estimation de la probabilité et affectation d'une classe de probabilité (utilisation d'une approche semi-quantitative) d'occurrence pour l'accident potentiel ou le phénomène dangereux conformément à l'Annexe 1 de l'arrêté PCIG.

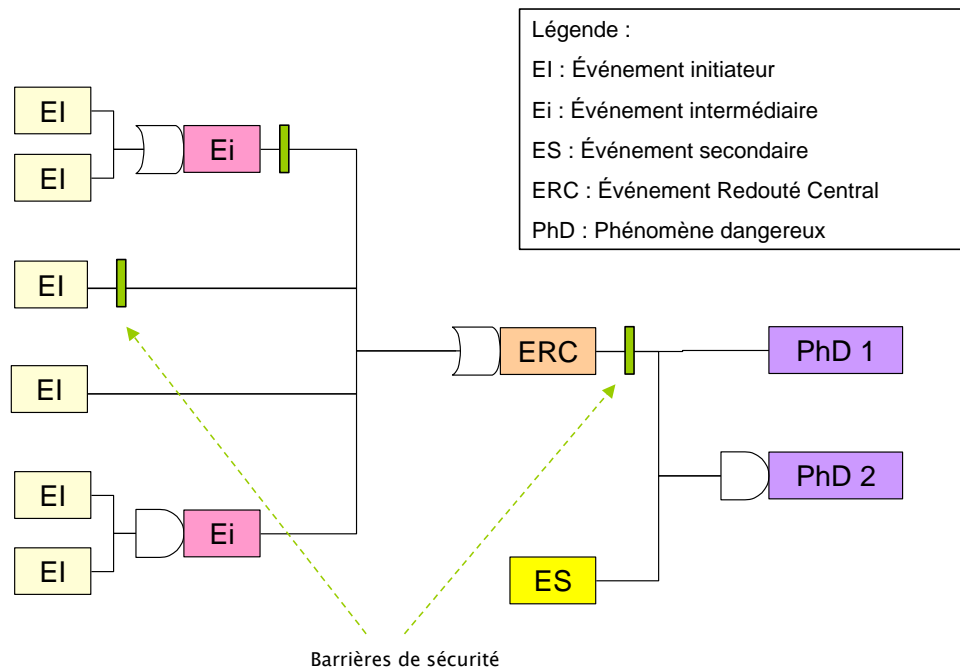
Ces étapes sont représentées sur le schéma ci dessous.



Chacune de ces étapes est étudiée dans les paragraphes suivants.

L'étape 3 est présentée sous forme de 7 fiches techniques qui rappellent les exigences réglementaires en terme d'évaluation probabiliste et donnent des règles probabilistes d'estimation.

La méthode de représentation utilisée dans cette note pour conduire l'estimation de la probabilité est le nœud papillon. Afin de formaliser le vocabulaire, le schéma ci-dessous rappelle la représentation du nœud papillon qui sera retenue pour l'ensemble du document.



Légende :

⌋ : Symbole de la porte OU

▬ : Symbole retenu pour représenter une mesure de maîtrise des risques

⌋ : Symbole de la porte ET.

Les éléments qui vont intervenir dans le calcul de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux (PhD) sont donc :

- Les événements initiateurs (EI),
- Les mesures de maîtrise des risques ou barrières de sécurité,
- Les ES (événement secondaire).

Pour mémoire, les événements initiateurs peuvent être des événements dits indésirables (dysfonctionnements, dérives internes ou agressions externes) ou des événements courants. Par exemple, la présence de combustibles dans un entrepôt est un événement courant qui sera traité dans le nœud papillon si l'on étudie la possibilité d'un feu de cellule en combinaison avec d'autres événements (présence de carburant et d'une source d'inflammation).

Les événements secondaires sont des événements de type : présence d'une source d'inflammation, présence de pluie, vent, etc.

3.1 ETAPE 1 : CHOIX DE LA METHODE RETENUE POUR L'ESTIMATION DE LA PROBABILITE

3.1.1 Rappel des exigences réglementaires

Le choix de la méthode retenue pour l'estimation de la probabilité n'est pas imposé. L'article 2 de l'arrêté PCIG rappelle les points suivants :

- « L'évaluation de la probabilité s'appuie sur une méthode **dont la pertinence est démontrée.** »
- « Cette méthode utilise des éléments qualifiés ou quantifiés tenant compte de la spécificité de l'installation considérée. »
- « Elle peut s'appuyer sur la fréquence des événements initiateurs spécifiques ou génériques et sur les niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques agissant en prévention ou en limitation des effets. »

3.1.2 Le nœud papillon, un support privilégié

Le nœud papillon est un outil de représentation des scénarios d'accident majeur. Il permet d'avoir une vision globale des scénarios d'accident en mettant en exergue leurs causes et les liens logiques existant entre elles.

La modélisation graphique des séquences accidentelles proposée par cet outil en fait un support adapté pour l'étape d'estimation probabiliste. En facilitant la compréhension des scénarios d'accident, cet outil permet d'assurer la rigueur de l'agrégation probabiliste.

C'est cet outil que nous allons retenir dans la suite du document pour présenter l'étape d'estimation probabiliste dans les études de dangers.

3.1.3 Règles de bonnes pratiques - Ecueils à éviter

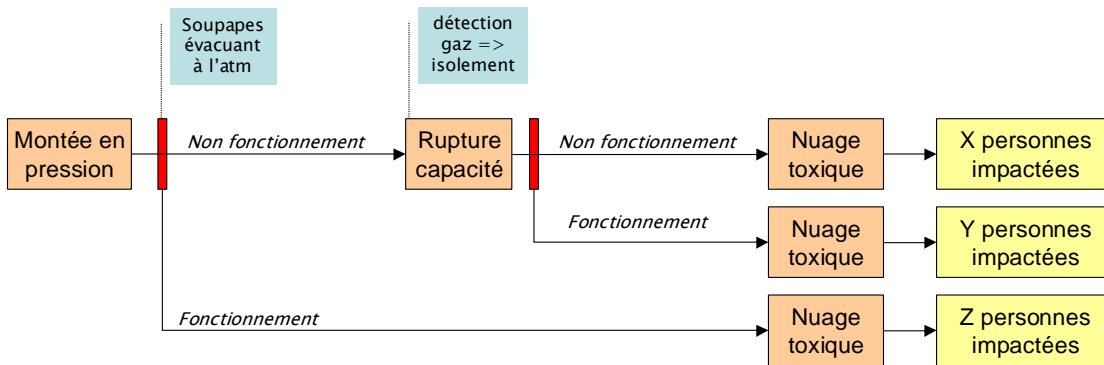
L'utilisation du nœud papillon comme support de l'estimation probabiliste répond naturellement au troisième point réglementaire de l'article 2 de l'arrêté PCIG rappelé précédemment : utilisation possible des fréquences des événements initiateurs et des niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques pour l'évaluation de la probabilité d'occurrence des accidents potentiels.

Dans la suite de ce document, il est supposé que la construction du nœud papillon, support de l'estimation probabiliste, a été correctement effectuée. Les points cités ci-dessous sont réputés avoir été vérifiés :

- Traitement exhaustif des données de l'analyse des risques menée selon les règles de l'art.
- Identification des événements initiateurs à ne pas retenir dans la quantification probabiliste (Fiche n°8 de la circulaire du 28 décembre 2006, arrêté du 10 mai 2000 modifié, courrier du 05 février 2007, circulaire du 24 décembre 2007). Ces événements seront mentionnés sur le nœud papillon mais ne feront pas l'objet d'une évaluation probabiliste. Le respect de la réglementation déterministe liée à ces événements sera justifié.
- Sélection préalable des mesures de maîtrise des risques suffisamment performantes et adaptées aux événements liés (respect des critères explicités dans l'article 4 de

l'Arrêté PCIG). Ces mesures de maîtrise des risques seront prises en compte dans l'estimation probabiliste.

- Positionnement correct des mesures de maîtrise des risques sur le nœud papillon (affectation de la bonne mesure de maîtrise des risques pour le bon scénario ; une attention particulière sera portée aux mesures de maîtrise des risques positionnées sur plusieurs chemins)
- Prise en compte des scénarios engendrés par le fonctionnement des mesures de maîtrise des risques. Le nœud papillon ci-dessous illustre ce point.



Le fonctionnement des soupapes suite à une montée en pression va libérer du produit toxique en sortie des soupapes et engendrer un nouveau scénario. La fonction d'isolement va limiter la libération de produit toxique et limiter la taille du nuage toxique.

3.2 ETAPE 2 : COLLECTE DES DONNEES D'ENTREE NECESSAIRES

On se place dans le cadre où les données nécessaires et disponibles sont :

- les fréquences annuelles des événements initiateurs (exprimées sous forme de valeurs ou de classes),
- les probabilités de défaillance à la sollicitation des mesures de maîtrise des risques retenues pour l'évaluation probabiliste (exprimées sous forme de valeurs ou de niveaux de confiance (classes de probabilité)),
- les probabilités conditionnelles des événements secondaires (exemple : probabilité d'inflammation sachant l'occurrence d'un événement redouté).

Note : Si la partie « arbre des causes » n'est pas détaillée dans le nœud papillon, le premier événement représenté sur le nœud papillon est l'événement redouté central. C'est donc la fréquence annuelle de cet événement qui sera étudiée et non les fréquences annuelles des événements initiateurs.

3.2.1 Rappel des exigences réglementaires

Les exigences réglementaires citées dans l'article 2 de l'arrêté PCIG vis-à-vis de la collecte des données sont les suivantes :

- « [la méthode sur laquelle s'appuie l'évaluation probabiliste] utilise des éléments qualifiés ou quantifiés **tenant compte de la spécificité de l'installation considérée.** ».
- « A défaut de données fiables, disponibles et statistiquement représentatives, il peut être fait usage de banques de données internationales reconnues, de banques de données relatives à **des installations ou équipements similaires** mis en œuvre dans des **conditions comparables**, et d'avis d'expert **fondés et justifiés.** »
- « Ces éléments sont **confrontés au retour d'expérience** relatif aux incidents ou accidents survenus sur l'installation considérée ou des installations comparables. »

3.2.2 Règles de bonnes pratiques

- Conformément aux exigences de la réglementation, les données utilisées pour mener l'évaluation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et leur adéquation avec la spécificité de l'installation considérée doivent être justifiées. **Le retour d'expérience de l'installation ou d'installations similaires doit être étudié.**
- **Ne pas utiliser l'échelle de probabilité de l'arrêté PCIG comme une échelle de fréquence pour caractériser les événements initiateurs.**

On pourra par exemple utiliser une échelle de fréquence de type :

Echelle semi-quantitative Classe de fréquence (en an ⁻¹)	...	10 ⁻⁶	5	10 ⁻⁵	4	10 ⁻⁴	3	10 ⁻³	2	10 ⁻²	1	10 ⁻¹	0	1	-1	10 ¹	-2	10 ²	...
--	-----	------------------	---	------------------	---	------------------	---	------------------	---	------------------	---	------------------	---	---	----	-----------------	----	-----------------	-----

Tableau 1 : Exemple d'échelle de notation en fréquence

où :

- la classe de fréquence **n** correspond aux fréquences comprises entre $10^{-n-1} \text{ an}^{-1}$ et 10^{-n} an^{-1}
- l'échelle de fréquence n'est ni limitée vers la gauche, ni limitée vers la droite.

Explication :

- Commentaire sur l'utilisation de l'échelle semi-quantitative de l'arrêté PCIG pour quantifier les événements initiateurs :

Une probabilité est une valeur sans dimension qui varie entre 0 et 1. Ainsi la classe de probabilité B de l'arrêté PCIG correspond à une probabilité d'occurrence annuelle comprise entre 10^{-3} et 10^{-2} .

Une fréquence est une valeur ayant une unité (exprimée en an^{-1} , en opération^{-1} , etc. selon la caractéristique étudiée). Elle varie entre 0 et l'infini : l'échelle de fréquence ne doit donc pas être limitée à droite.

Ainsi, un événement peut être beaucoup plus fréquent qu'une fois tous les ans : par exemple, il peut survenir tous les mois (donc au moins 10 fois par an) ou même tous les jours (donc au moins 100 fois par an). Sa fréquence est donc nettement supérieure à 1 par an. Il est donc nécessaire de prolonger plus finement l'échelle de fréquence vers des classes élevées pour pouvoir caractériser finement ces événements initiateurs fréquents.

- Commentaire sur l'utilisation de l'échelle qualitative de l'arrêté PCIG pour quantifier les événements initiateurs :

L'échelle de probabilité de l'arrêté PCIG est une échelle de caractérisation du phénomène dangereux et de l'accident qui sont par nature des **événements rares**. Les libellés qualitatifs qui y sont proposés ("Evènement possible mais extrêmement improbable", "Evènement très improbable" etc.) et qui sont mis en relation avec des classes quantitatives ont été définis en cohérence avec la faible probabilité d'occurrence de ces événements.

Or les événements initiateurs sont par nature plus fréquents que le phénomène dangereux ou l'accident.

L'échelle qualitative de l'arrêté PCIG ne peut donc pas être utilisée comme base pour l'étude des événements initiateurs.

- Ne pas utiliser de bases de données génériques sans justifier le choix de leur utilisation.

- L'objectif est ainsi de respecter le cadre réglementaire de l'arrêté PCIG (article 2).

- Ne pas oublier de mentionner **les unités** pour chacune des données utilisées.

- La mention des unités permettra d'éviter des erreurs lors de l'estimation de la probabilité d'occurrence annuelle des phénomènes dangereux : confusion dans la nature des données que l'on traite, notamment entre fréquence annuelle (en an^{-1}) et probabilité (sans unité).

- Attention aux **unités** traitées pour la fréquence des événements initiateurs.

- Dans le cas où la donnée initiale disponible n'est pas la fréquence **annuelle** d'un événement initiateur mais par exemple la fréquence par **opération ou par sollicitation**, il est nécessaire de se ramener à une fréquence annuelle en prenant en compte les caractéristiques du site : ici le nombre d'opérations effectuées à l'année ou le nombre de sollicitations. On passe alors de la fréquence par opération à la fréquence annuelle en multipliant la fréquence par opération par le nombre d'opérations effectuées à l'année.

Exemple : La fréquence de rupture d'un flexible est estimée à 10^{-2} par opération de transfert. 40 opérations sont effectuées par an. La fréquence annuelle de rupture du flexible est donc estimée à $(10^{-2} / \text{opération}) \times (40 \text{ opérations/an}) = 4 \cdot 10^{-1} / \text{an}$.

- Dans le cas où l'occurrence de l'événement initiateur ne peut survenir qu'une partie du temps (exemple : opération spécifique ou fonctionnement non-permanent de l'installation), il est nécessaire de s'assurer que la fréquence annuelle retenue prend correctement en compte cette spécificité.

Exemple : La fréquence de rupture d'un flexible sollicité **en continu** est estimée à 10^{-2} par an. Le flexible n'est cependant sollicité que lors des opérations de transfert. 40 opérations de transfert sont effectuées par an. Chaque opération dure 2 heures. Le flexible est donc utilisé $40 \times 2 = 80$ heures par an. La fréquence annuelle de rupture du flexible est donc estimée à $(10^{-2} / \text{an}) \times (80 \text{ heures} / 8760 \text{ heures}) = 9 \cdot 10^{-5} / \text{an}$.

- Ne pas estimer la fréquence des événements initiateurs en prenant en compte le fonctionnement des mesures de maîtrise des risques en prévention.

- Le risque mentionné ici est de comptabiliser deux fois le fonctionnement de la mesure de maîtrise des risques en prévention si celle-ci est identifiée dans le nœud papillon.

Remarque : La collecte d'information de retour d'expérience sur le nombre de sollicitations d'une mesure de maîtrise des risques sur une période d'observation donnée peut permettre d'évaluer la fréquence annuelle de l'événement initiateur en amont de cette mesure de maîtrise des risques.

- Attention à ne pas sur-estimer les niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques retenues pour l'évaluation de la probabilité.
- Attention à ne pas sous estimer la fréquence d'occurrence des événements initiateurs.
- Attention à ne pas sous estimer les probabilités des événements secondaires et en particulier les probabilités d'inflammation.

- Le fiche n°7 du guide d'élaboration et de lecture des études de dangers fournit des ordres de grandeurs maximaux pour les niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine.
- En pratique le niveau de confiance d'une mesure de maîtrise des risques dépassera rarement 2.
- En pratique, en l'absence d'information, la probabilité d'inflammation sera fixée à 1 par défaut, c'est à dire que l'on considérera que cet événement se produit systématiquement (approche majorante à défaut de pouvoir prendre en compte une valeur de probabilité moins pénalisante).

- Attention à la démarche de cotation directe de l'ERC sans passer par l'étude des événements initiateurs et des mesures de maîtrise des risques.

- La difficulté principale d'une telle démarche est la justification de l'adéquation de la fréquence annuelle de l'ERC retenue avec le scénario étudié : la fréquence de l'ERC utilisée est-elle cohérente avec les mesures de maîtrise des risques en place au sein de l'installation étudiée et avec les événements initiateurs identifiés?

- La performance d'une mesure de maîtrise des risques doit être évaluée dans son contexte d'utilisation.
- Les données de fiabilité sur le fonctionnement des mesures de maîtrise des risques doivent être collectées en concordance avec le contexte d'utilisation étudié.

- Ce qui est valable dans une configuration peut ne pas l'être dans toutes les configurations notamment en ce qui concerne l'adéquation de la mise en œuvre de la mesure de maîtrise des risques avec la cinétique de l'accident (le temps de réponse d'une mesure de maîtrise des risques peut être différent selon l'accident étudié). De même l'efficacité ou la fiabilité des mesures de maîtrise des risques peuvent être différentes selon l'accident mais aussi selon le contexte d'utilisation.

3.3 ETAPE 3 – ESTIMATION DE LA PROBABILITE D'OCCURRENCE DE L'ACCIDENT POTENTIEL ET AFFECTATION D'UNE CLASSE

Pour cette étape, une série de 7 fiches pratiques est proposée :

- La fiche n°1 définit le cadre d'étude de l'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'accident potentiel. C'est le point d'entrée de toutes les autres fiches.
- La fiche n°2 fournit des règles probabilistes simples pour le traitement des portes OU entre EI.
- La fiche n°3 fournit des règles probabilistes simples pour le traitement du cas où une ou plusieurs mesures de maîtrise des risques s'appliquent à un même événement initiateur.
- La fiche n°4 fournit des règles probabilistes simples pour le traitement des portes ET entre événements initiateurs.
- La fiche n°5 fournit des règles probabilistes simples pour le traitement des portes ET entre un ERC et un ES (cas particulier des probabilités d'inflammation).
- La fiche n°6 illustre les règles probabilistes des fiches précédentes sur un exemple.
- La fiche n°7 est un glossaire technique en support du guide.

FICHES PRATIQUES

FICHE N°1 – ANALYSE PROBABILISTE – DEFINITION DU CADRE DE L'ETUDE

1- Rappel des exigences réglementaires

L'objectif réglementaire est de positionner les phénomènes dangereux et accidents potentiels identifiés dans l'étude de dangers dans une échelle de probabilité définie dans l'arrêté PCIG et présentée ci-dessous :

Echelle de probabilité	E	D	C	B	A
Qualitative (si le REX est suffisant)	« événement possible mais non rencontré au niveau mondial » : n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles	« événement très improbable » : s'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité de ce scénario	« événement improbable » : un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité	« événement probable sur site » : s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations	« événement courant » : se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives
Semi-quantitative	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte de la cotation des mesures de maîtrise des risques mises en place				
Quantitative (par unité et par an)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; margin: auto;">10⁻⁵</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; margin: auto;">10⁻⁴</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; margin: auto;">10⁻³</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; margin: auto;">10⁻²</div>	

- Art. 3 – « La probabilité peut être déterminée selon trois types de méthodes : de type qualitatif, semi-quantitatif ou quantitatif. Ces méthodes permettent d'inscrire les phénomènes dangereux et accidents potentiels sur l'échelle de probabilité à cinq classes définie en annexe 1 du présent arrêté. »
- Art. 3 – « Quelle que soit la méthode employée, l'exploitant doit justifier le positionnement des phénomènes dangereux et accidents potentiels dans l'échelle de l'Annexe 1. »
- Art. 3 – « En cas d'incertitude entre deux classes de probabilité, ou si le recoupement avec d'autres méthodes d'appréciation de la probabilité conduisent à des cotations différentes, la classe la plus pénalisante sera retenue »

2- Estimation de la probabilité d'occurrence annuelle d'un phénomène dangereux - généralités

2.1- Rappel de l'objectif

Les accidents potentiels ou les phénomènes dangereux identifiés dans les études de dangers sont étudiés sur un intervalle temporel donné. Ainsi, plutôt que de parler de probabilité d'occurrence d'un accident ou d'un phénomène dangereux, il serait plus rigoureux d'utiliser la terminologie de probabilité d'occurrence sur une fenêtre temporelle donnée.

La fenêtre temporelle qui est retenue dans le cadre réglementaire et qui est rappelée dans l'échelle de probabilité de l'arrêté PCIG est l'année.

Ainsi, l'objectif est d'évaluer la **probabilité d'occurrence annuelle (POA)** des phénomènes dangereux et des accidents potentiels identifiés dans les études de dangers des installations classées.

La notion de POA sera utilisée dans la suite de la fiche pour simplifier les notations.

2.2- Quelques considérations probabilistes

Pourquoi un cadre probabiliste ?

L'étude de dangers permet d'identifier les phénomènes dangereux et les accidents potentiels susceptibles de survenir au sein de l'installation considérée. Au-delà de l'identification de ces événements, on s'intéresse à l'occurrence de ceux-ci dans le temps et donc au risque de les voir survenir à un horizon temporel donné.

Or, compte tenu des connaissances, il n'est pas possible de prédire de façon exacte l'instant d'occurrence de ces événements. Leur occurrence est alors traitée dans un cadre probabiliste.

Probabilités d'occurrence annuelle, fréquences annuelles d'un événement

Les notions de probabilité et de fréquence sont souvent confondues dans les études de dangers. Ainsi, la probabilité d'occurrence annuelle d'un phénomène dangereux ou d'un événement initiateur est souvent confondue avec la fréquence annuelle de ces mêmes événements.

Or, de par leur nature, ces deux notions sont différentes :

- La probabilité est une donnée **inobservée**, adimensionnelle et varie entre 0 et 1.
- La fréquence est une donnée **observée** de comptage issue de l'exploitation d'un retour d'expérience. Elle possède une unité et s'exprime en $(\text{temps})^{-1}$, $(\text{opération})^{-1}$ selon la caractéristique étudiée. Elle varie entre 0 et l'infini.

La fréquence annuelle est **une donnée** qui traduit notre connaissance à un moment donné du processus d'occurrence de l'événement étudié (utilisation du retour d'expérience, d'avis d'expert etc.). Dans le domaine du risque accidentel, étant donné la pauvreté des informations à disposition, c'est généralement la seule information à disposition pour l'estimation de la probabilité.

2.3 - Relations pratiques

Ainsi, dans ce cadre limité (une seule information à disposition pour l'étude de l'occurrence de l'événement étudié), on peut estimer la probabilité d'occurrence annuelle de l'événement à partir de sa fréquence f exprimée en an^{-1} en utilisant la relation suivante :

Relation (1) : $\text{POA}(\text{événement}) = 1 - \exp(-f \times 1)$

Le chiffre 1 à l'intérieur de la parenthèse de la formule fait référence à la période d'observation qui est de 1 année.

(L'origine et la signification de cette relation sont données dans le document [1])

Lorsque la fréquence annuelle de l'événement étudié f est faible ($\leq 0,1 \text{ an}^{-1}$), on montre que :

Relation (2) : $\text{POA}(\text{événement}) \sim f \times 1 = f$

Le chiffre 1 fait référence à la période d'observation qui est de 1 année.

Cette dernière relation explique pourquoi les notions de probabilité et de fréquence des phénomènes dangereux sont souvent confondues dans les études de dangers et cela sans conséquence apparente sur les valeurs des estimations retenues.

Si des classes de fréquence annuelles sont utilisées plutôt que des valeurs alors :

- Lorsque la classe de fréquence est faible, c'est-à-dire telle que la classe de fréquence est inférieure ou égale à la classe $[10^{-1}\text{an}^{-1}; 1 \text{ an}^{-1}]$ alors :

Relation (3) : Classe (POA) = Classe (fréquence)

- Sinon, si la classe de fréquence est supérieure à la classe $[10^{-1}\text{an}^{-1}; 1 \text{ an}^{-1}]$ (par exemple, l'événement étudié se produit 2 fois par mois et sa classe de fréquence est donc $[10^{+1}\text{an}^{-1}; 10^{+2}\text{an}^{-1}]$) alors la probabilité ne peut être assimilée à la classe de fréquence. Dans ce cas, on aura :

Relation (4) : Classe (POA) = $[10^{-1}; 1]$

3- Notion de probabilité conditionnelle

La notion de probabilité conditionnelle est fréquemment rencontrée dans les études de dangers.

Elle est définie de la façon suivante : la probabilité conditionnelle $P[A|B]$ est la probabilité d'observer un événement A sachant qu'un autre événement B s'est déjà produit. On parle alors de probabilité de A conditionnellement à B, ou encore de probabilité de A sachant B.

La probabilité d'inflammation est généralement traitée comme une probabilité conditionnelle : c'est la probabilité d'avoir une inflammation sachant que le nuage inflammable est présent.

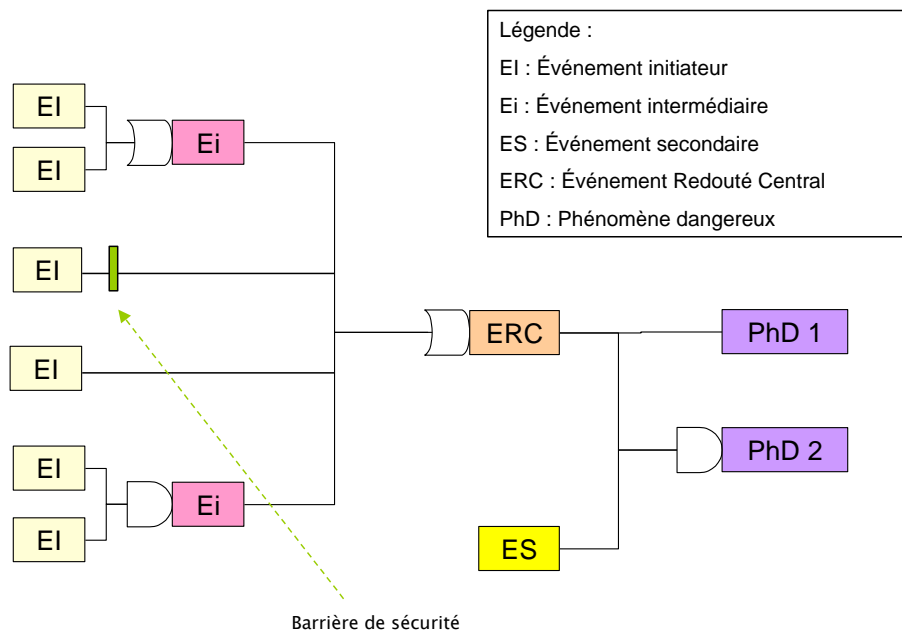
La probabilité de défaillance d'une mesure de maîtrise des risques est également généralement traitée comme une probabilité conditionnelle : c'est la probabilité d'avoir une défaillance de la mesure de maîtrise des risques sachant que celle ci est sollicitée.

4- Cadre de l'estimation probabiliste étudié

L'objectif de l'estimation probabiliste et les principaux concepts sous-jacents étant définis, on se propose de présenter des règles probabilistes simples pour le traitement d'un nœud papillon type.

Ces règles sont présentées dans les fiches n°2 à n°6.

Le nœud papillon type étudié est présenté ci dessous.



Dans chacune des fiches, les règles probabilistes sont fournies :

- dans le cas du **traitement quantitatif** du nœud papillon : l'ensemble des données d'entrée de l'estimation sont des valeurs. Les fréquences d'occurrence des événements initiateurs, les probabilités de défaillance à la sollicitation des mesures de maîtrise des risques et les probabilités conditionnelles des événements secondaires sont des valeurs.
- dans le cas du **traitement semi-quantitatif** du nœud papillon : les données d'entrée pour caractériser les événements initiateurs et les mesures de maîtrise des risques sont des classes. Les probabilités conditionnelles des événements secondaires sont des valeurs.

Pour le cas spécifique du traitement semi-quantitatif et par souci de simplification, on retient le formalisme suivant pour le traitement des classes de probabilité ou des classes de fréquence :

Classe de fréquence :

Classe de fréquence	
-2	$10^{+1} \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 10^{+2} \text{ an}^{-1}$
-1	$1 \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 10^{+1} \text{ an}^{-1}$
0	$10^{-1} \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 1 \text{ an}^{-1}$
1	$10^{-2} \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 10^{-1} \text{ an}^{-1}$
2	$10^{-3} \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 10^{-2} \text{ an}^{-1}$
x	$10^{-x-1} \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 10^{-x} \text{ an}^{-1}$

Ce formalisme sera donc retenu pour le traitement des classes de fréquence d'occurrence des événements initiateurs.

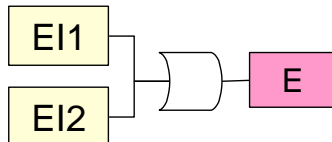
Classe de probabilité :

Classe de probabilité	
0	$10^{-1} \leq \text{Probabilité} < 1$
1	$10^{-2} \leq \text{Probabilité} < 10^{-1}$
2	$10^{-3} \leq \text{Probabilité} < 10^{-2}$
y (y≥0)	$10^{-y-1} \leq \text{Probabilité} < 10^{-y}$

Ce formalisme sera retenu pour le traitement des classes de probabilité de défaillance à la sollicitation des mesures de maîtrise des risques. On rappelle qu'un niveau de confiance N_{Ci} affecté à une mesure de maîtrise des risques correspond à une classe de probabilité i de défaillance à la sollicitation.

FICHE N° 2 – TRAITEMENT DES PORTES OU ENTRE EI

La porte OU que l'on se propose de traiter est la suivante :



Hypothèse : Les deux événements EI1 et EI2 sont indépendants.

Légende :

EI : Evénement initiateur

E : Evénement de sortie

: Symbole de la porte OU.

L'évènement de sortie E se réalise si au moins un des évènements en amont de la porte OU, soit EI1 ou EI2 (ou les deux), se réalise.

Traitement du cas quantitatif :

⇒ Données d'entrée du calcul probabiliste :

Les données d'entrée du calcul probabiliste sont les fréquences annuelles des évènements en amont de la porte OU.

Evénement étudié	Données d'entrée : Fréquences annuelles (en an ⁻¹)
EI1	f_{EI1}
EI2	f_{EI2}

⇒ Traitement probabiliste :

La fréquence annuelle de l'évènement de sortie E est estimée par :

$$f_{\text{Porte OU}} = f_E = f_{EI1} + f_{EI2}$$

La fréquence annuelle d'une union de deux événements est donc estimée par la somme des fréquences annuelles de ces deux événements.

En appliquant la relation (1) de la fiche n°1, la probabilité d'occurrence annuelle de l'évènement de sortie E est estimée par :

$$POA_{\text{Porte OU}} = 1 - \exp(-f_{\text{Porte OU}} \times 1 \text{ an}) = 1 - \exp(-f_{EI1} - f_{EI2})$$

En application de la relation (2) de la fiche n°1,

$$POA_{\text{Porte OU}} \sim f_{\text{Porte OU}} \times 1 \text{ an} = (f_{EI1} + f_{EI2}) \times 1 \text{ an} \quad \text{quand } f_{EI1} + f_{EI2} \leq 0,1 \text{ an}^{-1}$$

Généralisation à n événements en amont de la porte OU :

On généralise le résultat précédent à l'étude d'une porte OU avec n événements indépendants en amont de la porte.

⇒ Les données d'entrée du calcul probabiliste sont les fréquences annuelles des événements en amont de la porte OU, notées f_{EI_k} pour k variant de 1 à n

⇒ Traitement probabiliste :

La fréquence annuelle d'une union de n événements est estimée par la somme des fréquences annuelles des n événements.

$$f_{\text{Porte OU}} = \sum_{k=1}^n f_{EI_k}$$

En appliquant la relation (1) de la fiche n°1, la probabilité d'occurrence annuelle de l'événement de sortie E est estimée par :

$$POA_{\text{Porte OU}} = 1 - \exp(-f_{\text{Porte OU}} \times 1 \text{ an}) = 1 - \exp\left(-\sum_{k=1}^n f_{EI_k}\right)$$

En application de la relation (2) de la fiche n°1,

$$POA_{\text{Porte OU}} \sim f_{\text{Porte OU}} \times 1 \text{ an} = \sum_{k=1}^n f_{EI_k} \times 1 \text{ an} \quad \text{quand} \quad \sum_{k=1}^n f_{EI_k} \leq 0,1 \text{ an}^{-1}$$

Traitement du cas semi-quantitatif :

⇒ Données d'entrée du calcul probabiliste :

Les données d'entrée du calcul probabiliste sont les classes de fréquence annuelle des événements en amont de la porte OU.

Événement étudié	Données d'entrée : Classe de fréquences annuelles (en an ⁻¹)
EI1	Classe fréquence (EI1)
EI2	Classe fréquence (EI2)

⇒ Traitement probabiliste :

La classe de fréquence annuelle de l'événement de sortie E est estimée par :

$$\text{Classe fréquence (E)} = \text{Min (Classe fréquence (EI1), Classe fréquence (EI2))}$$

La classe de fréquence d'une union de deux événements est estimée par la classe de fréquence de l'événement le plus courant.

En appliquant les relations (3) et (4) de la fiche n°1 on obtient :

$$\text{Classe (POA(E))} = \text{Min (Classe fréquence (EI1), Classe fréquence (EI2)) si les classes de fréquence de EI1 et EI2 sont inférieures ou égales à } [10^{-1}; 1] \text{ an}^{-1}$$

$$\text{Sinon : Classe (POA(E))} = [10^{-1}; 1]$$

Généralisation à n événements en amont de la porte OU :

On généralise le résultat précédent à l'étude d'une porte OU avec n événements indépendants en amont de la porte.

⇒ Données d'entrée du calcul probabiliste :

Les données d'entrée du calcul probabiliste sont les classes de fréquences annuelles des événements en amont de la porte OU, notées Classe fréquence (Ei_k) avec k variant de 1 à n.

⇒ Traitement probabiliste :

- Cas où il n'y a pas plus de 2 EI dans une même classe de fréquence :

Classe fréquence (E) = Min (Classe fréquence (Ei_k), k=1 à n)

La classe de fréquence de E est estimée par la classe de fréquence des événements les plus courants.

En appliquant les relations (3) et (4) de la fiche n°1 on obtient :

Classe (POA(E)) = Min (Classe fréquence (Ei_k)) si les classes de fréquence des Ei_k sont inférieures ou égales à $[10^{-1}; 1] \text{ an}^{-1}$

Sinon : **Classe (POA(E)) = $[10^{-1}; 1]$**

- Cas où il y a plus de 2 EI dans la même classe de fréquence

En pratique, compte tenu des incertitudes liées à l'utilisation de classes de fréquence pour les événements initiateurs et de classe de probabilité pour les mesures de maîtrise des risques, les relations obtenues dans le cas où il n'y a pas plus de deux EI dans une même classe de fréquence **sont supposées correctes jusqu'à 5 événements dans la même classe**. Au-delà de 5, une légère incertitude apparaît liée au traitement par classe. Le document [4] propose des axes de recherche.

Remarque importante :

Les règles probabilistes ont été énoncées dans le cas où les événements initiateurs en amont de la porte OU sont indépendants.

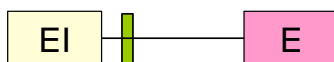
Le cas « dépendant » fait référence aux cas où les événements initiateurs sont liés de façon déterministe à une cause commune.

Dans ce cas, les règles de calcul présentées précédemment sont majorantes donc acceptables dans le cadre d'une étude de dangers.

FICHE N° 3 – TRAITEMENT DU CAS OU UNE OU PLUSIEURS MESURES DE MAITRISE DES RISQUES S'APPLIQUENT A UN MEME EI

L'objectif est de donner les règles de calcul de base du cas où une ou plusieurs mesures de maîtrise des risques s'appliquent à un EI dans un nœud papillon.

Le cas que l'on se propose de traiter est le suivant :



Légende :

EI : Evénement initiateur

E : Evénement de sortie

: Symbole de la mesure de maîtrise des risques

La mesure de maîtrise des risques est supposée fonctionner à la sollicitation. L'évènement de sortie E se réalise si EI se réalise **et** si la mesure de maîtrise des risques ne fonctionne pas à la **sollicitation** lors de l'occurrence de EI.

Traitement du cas quantitatif :

⇒ Données d'entrée du calcul probabiliste :

Les données d'entrée du calcul probabiliste sont :

- Pour l'EI : une fréquence annuelle

Evénement étudié	Donnée d'entrée : Fréquence annuelle (en an ⁻¹)
EI	f_{EI}

- Pour la mesure de maîtrise des risques : une probabilité conditionnelle de défaillance à la sollicitation

Evénement étudié	Donnée d'entrée : Probabilité de défaillance à la sollicitation (sans dimension)
Mesure de maîtrise des risques	γ

Note : La probabilité de défaillance à la sollicitation notée ici γ correspond à la PFD_{avg} utilisée dans la norme 61508 .

⇒ Traitement probabiliste:

La fréquence annuelle de l'événement de sortie E (f_E) est estimée par :

$$f_E = f_{EI} \times \gamma$$

La fréquence annuelle de l'événement de sortie est le produit de la fréquence annuelle de l'EI par la probabilité de défaillance à la sollicitation de la mesure de maîtrise des risques. La mesure de maîtrise des risques va agir comme facteur de réduction du risque.

En appliquant les relations (1) et (2) de la fiche n°1, la probabilité d'occurrence annuelle de l'événement de sortie E est estimée par :

$$POA_E = 1 - \exp(-f_E \times 1 \text{ an}) = 1 - \exp(-f_{EI} \times \gamma \times 1 \text{ an})$$

Soit :

$$POA_E \sim f_E \times 1 \text{ an} = (f_{EI} \times \gamma) \times 1 \text{ an} \text{ quand } f_{EI} \times \gamma \leq 0,1 \text{ an}^{-1}$$

Généralisation à n mesures de maîtrise des risques s'appliquant à un EI :

On suppose que n mesures de maîtrise des risques indépendantes s'appliquent à l'EI étudié.

⇒ Données d'entrée du calcul probabiliste :

- Pour l'EI : une fréquence annuelle

Evénement étudié	Donnée d'entrée : Fréquence annuelle (en an ⁻¹)
EI	f _{EI}

- Pour les mesures de maîtrise des risques : des probabilités de défaillance à la sollicitation

Evénement étudié	Probabilités de défaillance à la sollicitation (sans dimension)
Mesure de maîtrise des risques	γ _k pour k variant de 1 à n

⇒ Traitement probabiliste:

La fréquence annuelle de l'événement de sortie E est égale au produit de la fréquence annuelle de l'EI avec le produit des probabilités de défaillance à la sollicitation des n mesures de maîtrise des risques.

$$f_E = f_{EI} \times \prod_{k=1}^n \gamma_k$$

En appliquant les relations (1) et (2) de la fiche n°1, la probabilité d'occurrence annuelle de l'événement de sortie E est estimée par :

$$POA_E = 1 - \exp(-f_E \times 1 \text{ an}) = 1 - \exp(-f_{EI} \times \prod_{k=1}^n \gamma_k \times 1 \text{ an})$$

Soit :

$$POA_E \sim f_E \times 1 \text{ an} = (f_{EI} \times \prod_{k=1}^n \gamma_k) \times 1 \text{ an} \text{ quand } f_{EI} \times \prod_{k=1}^n \gamma_k \leq 0,1 \text{ an}^{-1}$$

ATTENTION : La règle probabiliste énoncée ci-dessus ne prend pas en compte les éventuels modes communs de défaillance des mesures de maîtrise des risques. Or, lorsque le nombre de mesures de maîtrise des risques s'appliquant à un même événement initiateur devient conséquent, le poids des modes communs de défaillances augmente de sorte que la règle probabiliste citée ci-dessus devient très optimiste. En pratique, l'intégration des modes communs de défaillance conduira donc à un plafonnement de la réduction des risques.

Traitement du cas semi-quantitatif :

⇒ Les données d'entrée du calcul probabiliste sont :

- Pour l'EI : une classe de fréquence annuelle

Evénement étudié	Données d'entrée : Classe de fréquence annuelle (en an ⁻¹)
EI	Classe fréquence (EI)

- Pour la mesure de maîtrise des risques : Une classe de probabilité de défaillance à la sollicitation. Le niveau de confiance de la mesure de maîtrise des risques (NC) est équivalent à cette classe de probabilité.

Evénement étudié	Donnée d'entrée : Niveau de confiance
Mesure de maîtrise des risques	NC = Classe de probabilité (mesure de maîtrise des risques)

⇒ Traitement probabiliste :

La classe de fréquence annuelle de l'événement de sortie E est estimée par :

$$\text{Classe de fréquence E} = \text{NC} + \text{Classe de fréquence EI}$$

En appliquant les relations (3) et (4) de la fiche n°1 on obtient :

$$\begin{aligned} \text{Classe (POA(E))} &= \text{NC} + \text{Classe de fréquence EI} \text{ si la classe de fréquence de E est} \\ &\text{inférieure ou égale à } [10^{-1}; 1] \text{ an}^{-1} \\ \text{Sinon : Classe (POA(E))} &= [10^{-1}; 1] \end{aligned}$$

Généralisation à n mesures de maîtrise des risques s'appliquant à un EI :

⇒ Données d'entrée du calcul probabiliste :

Les données d'entrée du calcul probabiliste sont :

- Pour l'EI : une classe de fréquence annuelle

Evénement étudié	Données d'entrée : Classe de fréquence annuelle (en an ⁻¹)
EI	Classe fréquence (EI)

- Pour chaque mesure de maîtrise des risques : Une classe de probabilité de défaillance à la sollicitation.

Evénement étudié	Donnée d'entrée : Niveau de confiance
Mesure de maîtrise des risques	NC _k pour k= 1 à n

⇒ Traitement probabiliste :

La classe de fréquence annuelle de l'événement de sortie E est estimée par :

$$\text{Classe de fréquence E} = \sum_{k=1}^n \text{NC}_k + \text{Classe de fréquence EI}$$

En appliquant les relations (3) et (4) de la fiche n°1 on obtient :

$$\text{Classe (POA(E))} = \sum_{k=1}^n NC_k + \text{Classe de fréquence EI si la classe de fréquence de E}$$

est inférieure ou égale à $[10^{-1}; 1] \text{ an}^{-1}$

Sinon : Classe (POA(E)) = $[10^{-1}; 1]$

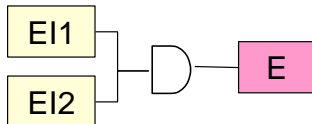
Le fiche n°6 permet d'illustrer ces résultats.

ATTENTION : La règle probabiliste énoncée ci-dessus ne prend pas en compte les éventuels modes communs de défaillance des mesures de maîtrise des risques. Or, lorsque le nombre de mesures de maîtrise des risques s'appliquant à un même événement initiateur devient conséquent, le poids des modes communs de défaillances augmente de sorte que la règle probabiliste citée ci-dessus devient très optimiste. En pratique, l'intégration des modes communs de défaillance conduira donc à un plafonnement de la réduction des risques.

FICHE N° 4 – TRAITEMENT D'UNE PORTE ET ENTRE DES EI

L'objectif est de donner les règles de calcul pour le traitement d'une porte ET entre deux ou plusieurs EI.

Le cas que l'on se propose de traiter est la suivant :



Hypothèse : Les deux événements EI1 et EI2 sont indépendants.

Légende :

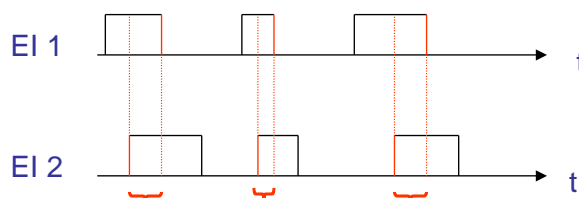
EI : Evénement initiateur

D : Symbole de la porte ET.

L'événement de sortie E se réalise si les deux événements en amont de la porte « ET », soit EI1 et EI2, se réalisent **simultanément**.

La porte ET entre événements temporels indépendants est la porte la plus difficile à traiter. L'étude de la simultanéité d'occurrence des événements en amont de la porte nécessite une analyse détaillée de la nature des événements. Ainsi, la fréquence annuelle des événements n'est plus l'unique donnée d'entrée nécessaire à l'évaluation probabiliste. La durée des événements initiateurs doit également être prise en compte :

- Si la durée de chaque événement étudié est négligeable par rapport à la période de référence qui est l'année (événements ponctuels) alors **la fréquence d'occurrence simultanée des deux événements pourra être en théorie considérée comme quasi-nulle et de même pour sa POA.**
- Si la durée d'au moins un des deux événements étudiés n'est plus négligeable, la période « à risque » n'est plus négligeable comme l'illustre le schéma ci dessous. On représente ici sur un axe temporel les instants d'occurrence des événements et leur durée par des créneaux. Les périodes à risque correspondent aux périodes en rouge sur le schéma.



Ce cas nécessite un traitement probabiliste particulier qui est donné ci dessous.

On pourra cependant préciser que les portes ET sont aujourd'hui rares dans les études de dangers.

Traitement du cas quantitatif :

⇒ Données d'entrée du calcul probabiliste :

La durée des événements initiateurs est une donnée d'entrée supplémentaire par rapport aux autres calculs présentés dans les fiches précédentes.

Les données d'entrée du calcul probabiliste pour les EI sont alors :

- une fréquence annuelle **et** un ratio de temps correspondant à la durée de l'événement ramenée à l'année.

Événement étudié	Donnée d'entrée : Fréquence annuelle (en an ⁻¹)	Donnée d'entrée : ratio de temps
EI1	f_{EI1}	$\alpha_{EI1} = d_{EI1}/t_0$ où t_0 est l'année
EI2	f_{EI2}	$\alpha_{EI2} = d_{EI2}/t_0$ où t_0 est l'année

⇒ Traitement probabiliste :

a/ Traitement simplifié et majorant :

Une règle erronée bien que fréquemment utilisée pour le traitement des portes ET entre deux événements initiateurs indépendants est la suivante :

$$POA_E = POA_{EI1} \times POA_{EI2}$$

Cette règle ne traduit pas la simultanéité des événements EI1 et EI2. En effet, la multiplication $POA_{EI1} \times POA_{EI2}$ traduit la probabilité pour que EI1 et EI2 se produisent **la même année** mais aucunement la probabilité qu'ils se produisent en **même temps**.

On montre en pratique que cette multiplication **surestime fortement** la vraie valeur de POA_E .

Ainsi, si $f_{EI1} \leq 0,1 \text{ an}^{-1}$ et $f_{EI2} \leq 0,1 \text{ an}^{-1}$ on pourra utiliser en première approche la multiplication $f_{EI1} \times 1 \text{ an} \times f_{EI2} \times 1 \text{ an}$ pour une estimation de POA_E tout en gardant à l'esprit la forte surestimation sous jacente.

B/ Calcul rigoureux de la porte ET :

Quand la durée des phases où les EI sont présents est petite comparée à la période de référence qui est l'année ($< 1/10$ du temps) la fréquence annuelle de la porte ET entre deux événements initiateurs peut être estimée par :

$$f_{\text{PorteET}} = f_E = f_{EI1} \times f_{EI2} \times \alpha_{EI1} + \alpha_{EI2}$$

On rappelle que les α_{EI} sont les ratios de temps des événements initiateurs (voir plus haut)

En appliquant la relation (1) de la fiche n°1, la probabilité d'occurrence annuelle de l'événement de sortie E est estimée par :

$$POA_{\text{Porte ET}} = 1 - \exp(-f_{\text{Porte ET}} \times 1 \text{ an}) = 1 - \exp(-f_{\text{EI1}} \times f_{\text{EI2}} \times (\alpha_{\text{EI1}} + \alpha_{\text{EI2}}))$$

En application de la relation (2) de la fiche n°1,

$$POA_{\text{Porte ET}} \sim f_{\text{Porte ET}} \times 1 \text{ an} = f_{\text{EI1}} \times f_{\text{EI2}} \times (\alpha_{\text{EI1}} + \alpha_{\text{EI2}}) \times 1 \text{ an}$$

quand $f_{\text{EI1}} \times f_{\text{EI2}} \times (\alpha_{\text{EI1}} + \alpha_{\text{EI2}}) \leq 0,1 \text{ an}^{-1}$

Note : Dans le cas où un des événements a un ratio de temps négligeable par rapport à l'autre, par exemple $\alpha_{\text{EI1}} \ll \alpha_{\text{EI2}}$ (la durée de l'événement 1 est négligeable par rapport à la durée de l'événement 2) on pourra écrire :

$$POA_{\text{Porte ET}} \sim f_{\text{Porte ET}} \times 1 \text{ an} = f_{\text{EI1}} \times f_{\text{EI2}} \times \alpha_{\text{EI2}} \times 1 \text{ an}$$

quand $f_{\text{EI1}} \times f_{\text{EI2}} \times \alpha_{\text{EI2}} \leq 0,1 \text{ an}^{-1}$

c/ Généralisation à n EI en amont de la porte ET :

Pour le traitement d'une porte ET avec plus de deux événements initiateurs il sera nécessaire de faire appel à des outils informatiques de traitement des arbres de causes dynamiques.

Traitement du cas semi-quantitatif :

⇒ Données d'entrée du calcul probabiliste :

Les données d'entrée du calcul probabiliste sont

- Pour les EI : une classe de fréquence annuelle et un ratio de temps correspondant à la durée de l'événement ramenée à l'année.

Evénement étudié	Donnée d'entrée : Classe de fréquence annuelle (en an ⁻¹)	Donnée d'entrée : ratio de temps
EI1	Classe fréquence (EI1)	$\alpha_{\text{EI1}} = d_{\text{EI1}}$
EI2	Classe fréquence (EI2)	$\alpha_{\text{EI2}} = d_{\text{EI2}}$

⇒ Traitement probabiliste :

a/ Traitement simplifié et majorant :

En appliquant la règle discutée dans le cas du traitement quantitatif de la porte ET :

$POA_E = POA_{\text{EI1}} \times POA_{\text{EI2}}$ on obtient :

Classe $POA(E)$ = Classe $POA(EI1)$ + Classe $POA(EI2)$.

La classe de $POA(E)$ sera **fortement surestimée**.

Si la classe de fréquence de EI1 et celle de EI2 est inférieure ou égale à la classe $[10^{-1}; 1]$ an^{-1} alors :

Classe POA(E) = Classe fréquence (EI1) + Classe fréquence (EI2).

Sinon : Classe (POA(E)) = $[10^{-1}; 1]$.

B/ Calcul rigoureux de la porte ET :

L'estimation proposée précédemment dans le cadre du traitement quantitatif sera utilisée en retenant la borne supérieure des classes de fréquence de EI1 et EI2.

La classe de fréquence de l'événement E sera alors affectée en utilisant la grille de fréquence de la fiche n°1.

1^{ère} étape :

$$f_{\text{Porte ET}} = f_E = 10^{-\text{Classe fréquence EI1}} \times 10^{-\text{Classe fréquence EI2}} \times \alpha_{\text{EI1}} + \alpha_{\text{EI2}}$$

Note : Dans le cas où un des événements a un ratio de temps négligeable par rapport à l'autre, par exemple $\alpha_{\text{EI1}} \ll \alpha_{\text{EI2}}$ (la durée de l'événement 1 est négligeable par rapport à la durée de l'événement 2) on pourra écrire :

$$f_{\text{Porte ET}} = f_E \sim 10^{-\text{Classe fréquence EI1}} \times 10^{-\text{Classe fréquence EI2}} \times \alpha_{\text{EI2}}$$

2^{ème} étape : On affecte une classe de fréquence à f_E en utilisant l'échelle de fréquence proposée dans la fiche n°1.

En appliquant les relations (3) et (4) de la fiche n°1 on obtient :

Si la classe de fréquence de E est inférieure à la classe $[10^{-1}; 1]$ an^{-1} alors :

Classe (POA(E)) = Classe de fréquence (f_E)

Sinon : Classe (POA(E)) = $[10^{-1}; 1]$

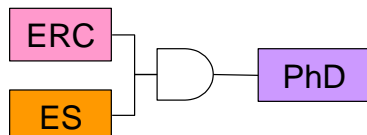
c/ Généralisation à n EI en amont de la porte ET :

Pour le traitement d'une porte ET avec plus de deux événements initiateurs il sera nécessaire de faire appel à des outils informatiques de traitement des arbres de causes dynamiques.

FICHE N°5 – TRAITEMENT D'UNE PORTE « ET » ENTRE UN ES ET UN ERC – CAS DE LA PROBABILITE D'INFLAMMATION

L'objectif est de donner les règles de calcul de base pour le traitement d'une porte ET entre un ERC et un ES dans un nœud papillon.

Le cas que l'on se propose de traiter est le suivant :



Légende :

ERC : Evénement Redouté Central

PhD : Phénomène Dangereux

ES : Evénement secondaire

L'événement de sortie (PhD) se réalise si l'ERC se réalise **et** si l'événement secondaire ES est présent conditionnellement à l'occurrence de l'ERC.

Note : On retrouve donc ici la notion de probabilité conditionnelle présentée dans la fiche n°1.

Traitement du cas quantitatif :

⇒ Données d'entrée du calcul probabiliste :

Les données d'entrée du calcul probabiliste sont

- Pour l'ERC : une fréquence annuelle

Evénement étudié	Donnée d'entrée : Fréquence annuelle (en an^{-1})
ERC	f_{ERC}

- Pour l'ES : une probabilité conditionnelle d'avoir l'événement ES sachant l'occurrence de l'ERC

Evénement étudié	Donnée d'entrée : Probabilité conditionnelle (sans dimension)
ES	p

Exemple : p peut être une probabilité d'inflammation.

⇒ Traitement probabiliste :

La fréquence annuelle de l'événement de sortie PhD (f_{PhD}) est estimée par :

$$f_{\text{PhD}} = f_{\text{ERC}} \times p$$

La fréquence annuelle de l'événement PhD de sortie est le produit de la fréquence annuelle de l'ERC par la probabilité conditionnelle de présence de l'ES sachant l'occurrence de l'ERC

En appliquant les relations (1) et (2) de la fiche n°1, la probabilité d'occurrence annuelle de l'événement de sortie PhD est estimée par :

$$POA_E = 1 - \exp(-f_{PhD} \times 1 \text{ an}) = 1 - \exp(-f_{ERC} \times p \times 1 \text{ an})$$

Soit : $POA_E \sim f_{PhD} \times 1 \text{ an} = (f_{ERC} \times p) \times 1 \text{ an}$ quand $f_{ERC} \times p \leq 0,1 \text{ an}^{-1}$

Traitement du cas semi-quantitatif :

⇒ Données d'entrée du calcul probabiliste :

- Pour l'ERC : une classe de fréquence annuelle

Evénement étudié	Données d'entrée : Classe de fréquence annuelle (en an ⁻¹)
EI	Classe fréquence (ERC)

- Pour l'ES : une probabilité conditionnelle

Evénement étudié	Donnée d'entrée : Probabilité
ES	p

⇒ Traitement probabiliste :

L'estimation proposée précédemment dans le cadre du traitement quantitatif est utilisée en retenant la borne supérieure de la classe de fréquence de l'ERC.

La classe de fréquence annuelle de l'événement de sortie E est ensuite affectée en utilisant la grille de fréquence de la fiche n°1.

1^{ère} étape :

$$f_{PhD} = 10^{-\text{Classe de fréquence ERC} \times p}$$

2^{ème} étape : On affecte une classe de fréquence à f_E en utilisant l'échelle de fréquence proposée dans le fiche n°1.

En appliquant les relations (3) et (4) de la fiche n°1 on obtient :

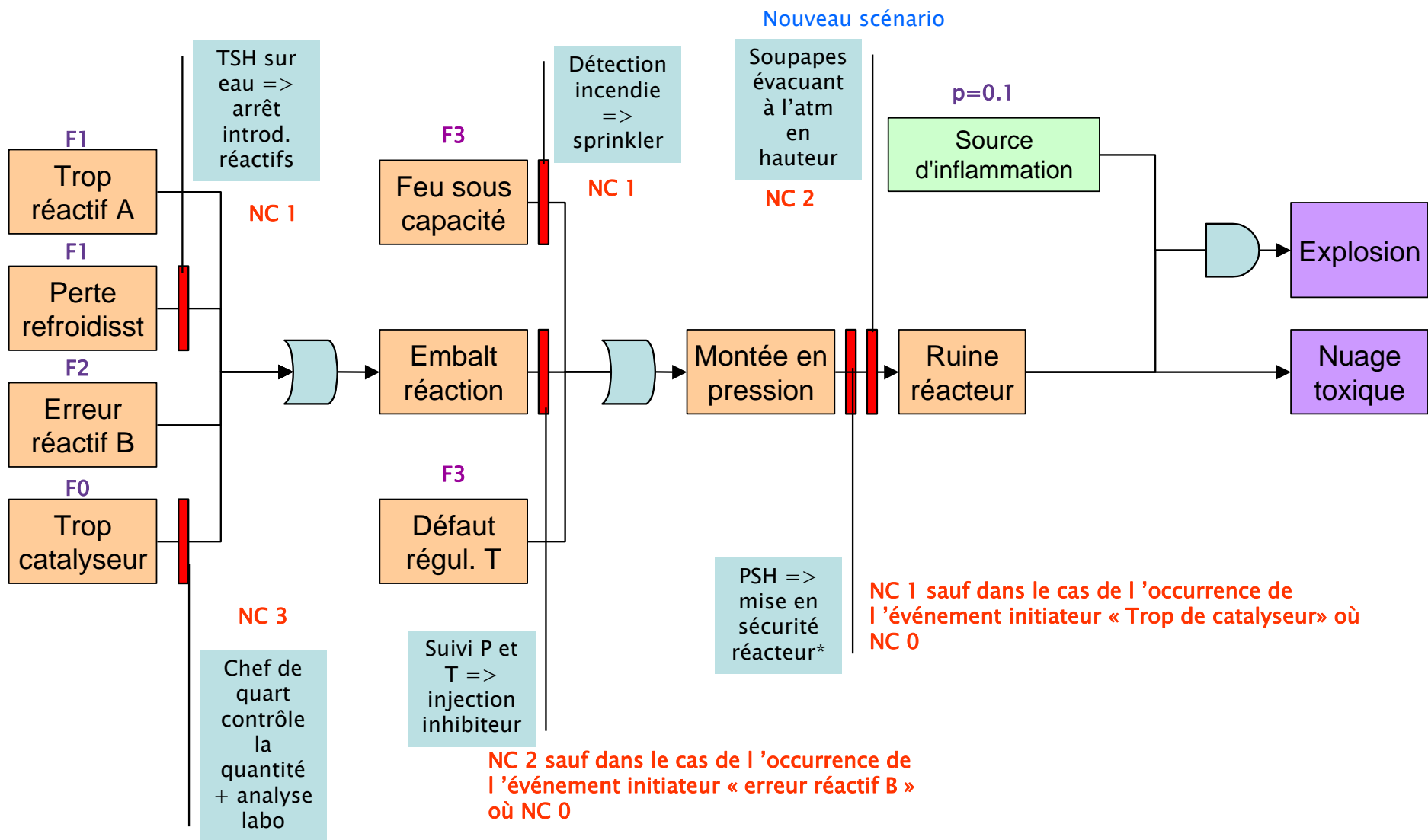
Si la classe de fréquence de PhD est inférieure à la classe $[10^{-1} ; 1] \text{ an}^{-1}$ alors :

Classe (POA(PhD)) = Classe de fréquence (f_{PhD})

Sinon : Classe (POA(PhD)) = $[10^{-1} ; 1]$

FICHE N°6 – ILLUSTRATION DES REGLES PROBABILISTES SUR UN EXEMPLE

Les règles probabilistes énoncées dans les fiches n°2, 3, 4 et 5 sont illustrées sur un exemple concret.



Le nœud papillon étudié modélise la ruine d'un réacteur suite à une montée en pression interne. Les deux phénomènes dangereux identifiés sont l'explosion et la libération d'un nuage toxique.

Trois événements peuvent mener à la montée en pression interne du réacteur :

- Un feu déclaré sous le réacteur ("Feu sous capacité")
- Un défaut de la régulation de température ("Défaut régl. T")
- Un emballement de réaction ("Embalt réaction") qui peut être la cause de quatre événements initiateurs indépendants : une quantité trop importante de réactif de type A ("Trop réactif A"), la perte de la fonction de refroidissement (Perte refroidisst"), une erreur de réactif B (Erreur réactif B") ou un excès de catalyseur ("Trop catalyseur").

Dans ce cas précis, l'excès de catalyseur est très fréquent. Cette erreur est supposée se produire tous les 200 batchs. Or, 100 batchs sont produits par an. La fréquence annuelle d'excès de catalyseur est donc de 0.5 an^{-1} . La classe de fréquence de l'événement "excès de catalyseur" est donc 0.

L'ensemble des mesures de maîtrise des risques est mentionné sur le nœud papillon. Ces mesures sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Libellé	Explication
TSH sur eau => arrêt introd. réactifs	Détection : sonde de température seuil haut Action : arrêt de l'introduction de réactifs
Chef de quart contrôle la quantité + analyse labo	Détection : Plusieurs mesures de maîtrise des risques sont ici valorisées et traitées en une seule mesure. Il s'agit du contrôle par le chef de quart de la qualité du produit et une analyse réalisée en laboratoire
Détection incendie => sprinkler	Détection : détection incendie Action : fonctionnement sprinkler
Suivi P et T => injection inhibiteur	Détection : Suivi de température et de pression Action : Injection d'inhibiteur
Soupapes évacuant à l'atm en hauteur	Soupapes évacuant à l'atmosphère en hauteur
PSH => Mise en sécurité réacteur	Détection : Capteur de pression seuil haut Action : Mise en œuvre de fonctions de sécurité permettant de ramener le réacteur dans des conditions normales de fonctionnement

Les données d'entrée nécessaires à l'évaluation probabiliste sont indiquées sur le nœud papillon : classes de fréquences annuelles des EI (F_x où x est la classe de fréquence retenue), niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques (NC), probabilité d'inflammation (p). Les valeurs des données d'entrée retenues sont supposées justifiées et correctes.

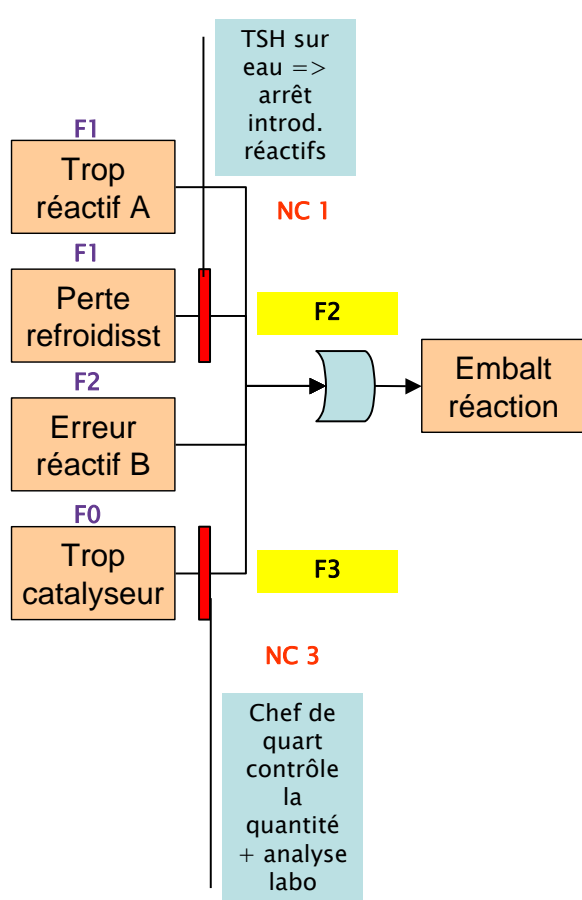
Le nœud papillon est supposé correctement construit : positionnement correct des mesures de sécurité, identification de l'ensemble des scénarios engendré par le fonctionnement des mesures de maîtrise des risques, prise en compte du dimensionnement des mesures de maîtrise des risques pour tous les chemins du nœud papillon etc.

L'objectif est d'estimer la probabilité d'occurrence annuelle des phénomènes dangereux identifiés sur le nœud papillon à savoir :

- L'explosion du réacteur
- La formation d'un nuage toxique.

Les étapes de l'évaluation probabiliste sont détaillées ci-après.

Etape 1 : Application de la fiche n° 3 : Cas où une mesure de maîtrise des risques s'applique à un EI



Chemin 1 :

On note C1 l'événement « emballement de réaction suite à la perte de la fonction refroidissement **et** au dysfonctionnement de la mesure de maîtrise des risques TSH à la **sollicitation** ».

Application de la fiche n°3 dans le cas d'un traitement semi-quantitatif :

Classe de fréquence C1 = Classe de fréquence EI + NC = 1+1= 2

Cette classe de fréquence est mentionnée sur le nœud papillon en jaune.

Chemin 2 :

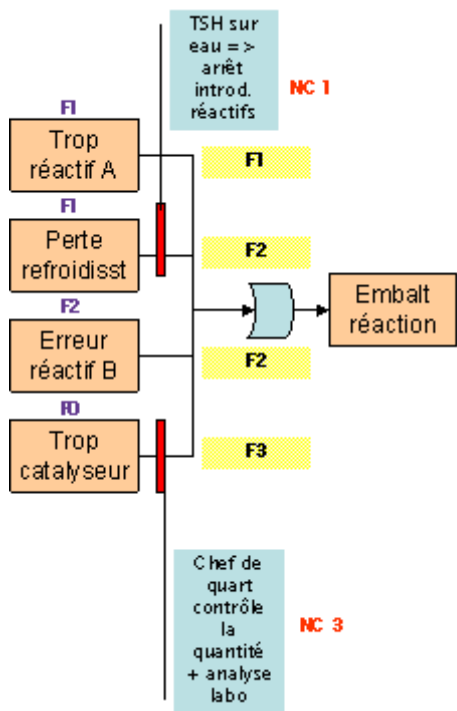
On note C2 l'événement « emballement de réaction suite à un excès de catalyseur **et** au dysfonctionnement de la mesure de maîtrise des risques associée à la **sollicitation** ».

Application de la fiche n°3 dans le cas d'un traitement semi-quantitatif :

Classe de fréquence C2 = Classe de fréquence EI + NC = 0+3= 3

Cette classe de fréquence est mentionnée sur le nœud papillon en jaune.

Etape 2 : Application de la fiche n°2 : Traitement d'une porte OU entre événements



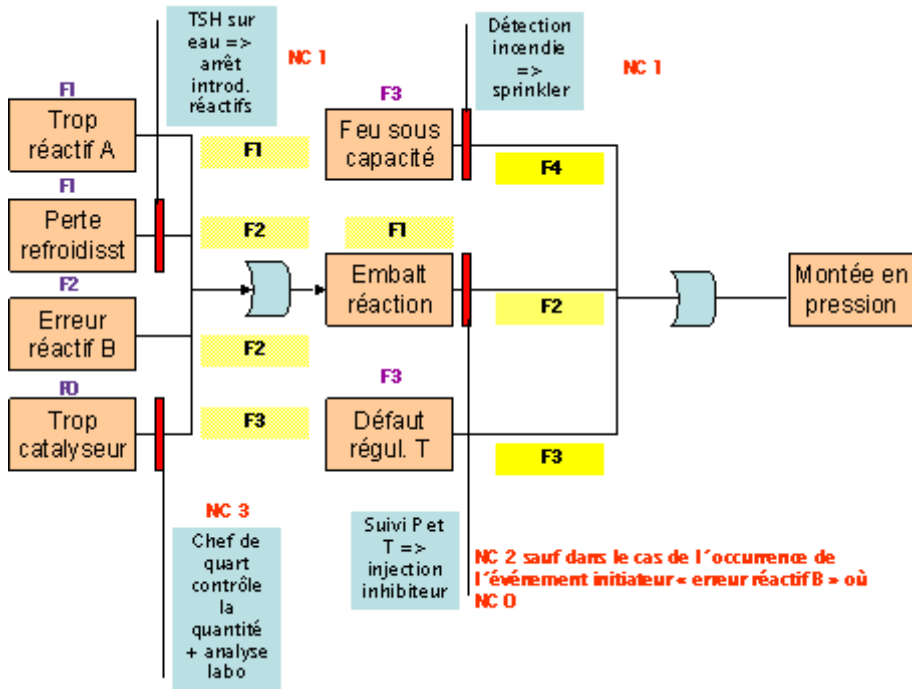
L'événement de sortie « emballement de réaction » (noté E) se réalise si l'un au moins des événements en amont de la porte OU se réalise.

Application de la fiche n°2 dans le cas d'un traitement semi-quantitatif :

Classe de fréquence $E = \min(1,2,2,3)=1$

Cette classe de fréquence est mentionnée sur le nœud papillon en jaune.

Etape 3 : Application de la fiche n°3 : Cas où une mesure de maîtrise des risques s'applique à un événement



Chemin 1 :

On note C1 l'événement de sortie « Montée en pression suite à la présence d'un feu sous la capacité **et** à un dysfonctionnement du sprinkler à la **sollicitation** ».

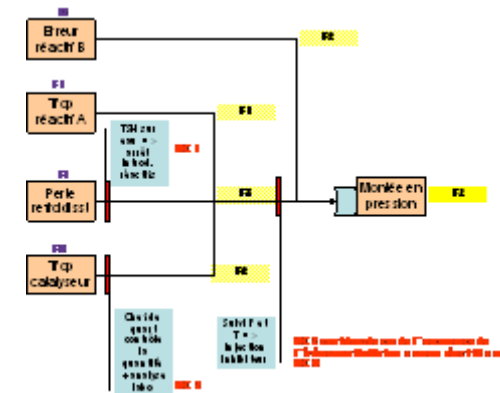
Application de la fiche n°3 dans le cas d'un traitement semi-quantitatif :

Classe de fréquence C1 = Classe de fréquence EI + NC = 3+1= 4

Chemin 2 :

On note C2 l'événement de sortie « Montée en pression suite à un emballement de réaction **et** au dysfonctionnement à la **sollicitation** du système de suivi de P et T avec injection de catalyseur.

Le niveau de confiance de la mesure de maîtrise des risques diffère en fonction des chemins du nœud papillon : le NC de la mesure de maîtrise des risques est de 2 pour tous les événements initiateurs sauf l'erreur de réactif B. Cette mesure de maîtrise des risques n'est en effet pas dimensionnée pour cet événement. Il faut donc prendre en compte cette particularité. Cela revient à travailler sur le nœud papillon suivant.

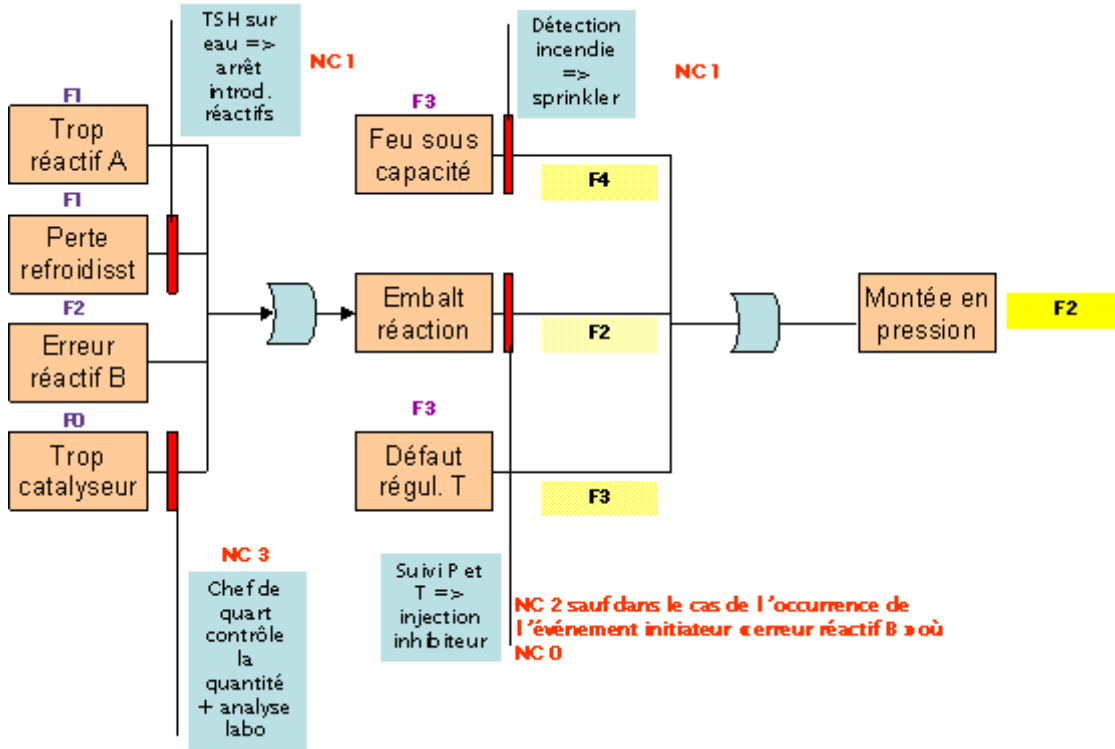


En application des fiches n°2 et n°3 dans le cas d'un traitement semi-quantitatif, on obtient :

Classe de fréquence C2 = min(2 ; 3 ; 4 ; 5) = 2

Le chemin « erreur réactif B » est un des plus pénalisants.

Etape 4 : Application de la fiche n°2 : Traitement d'une porte OU entre événements

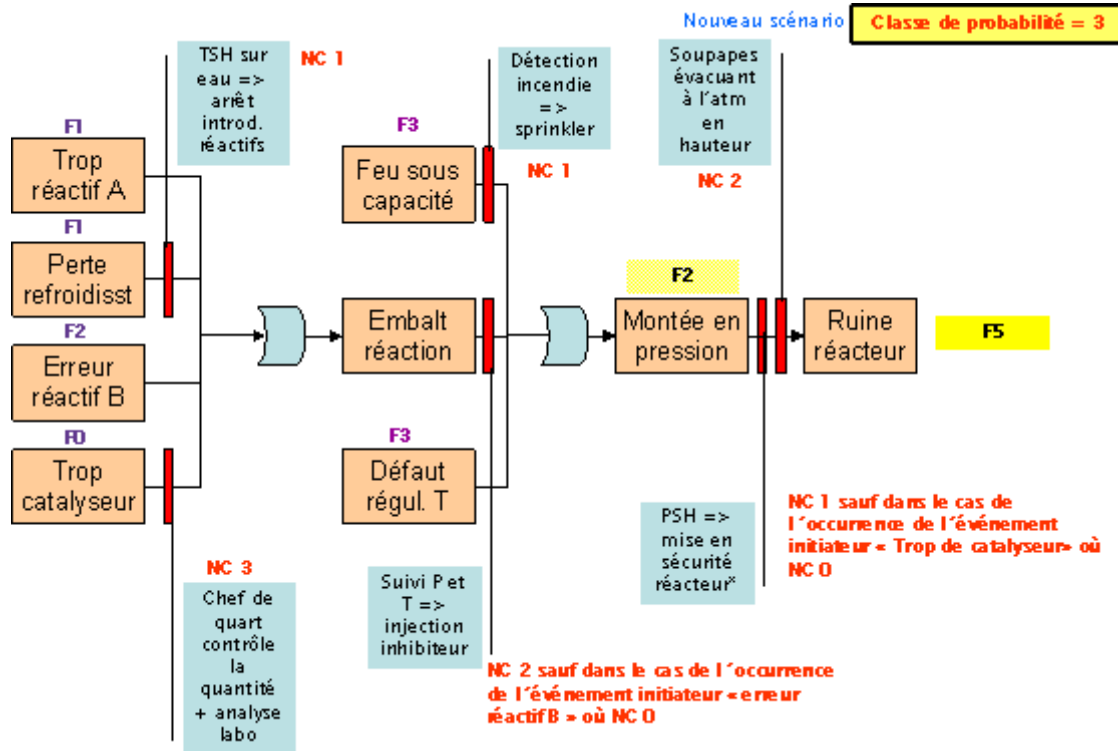


L'événement de sortie « Montée en pression » (noté E) se réalise si l'un des événements en amont de la porte OU se réalise.

Application de la fiche n°2 dans le cas d'un traitement semi-quantitatif :

Classe de fréquence $E = \min(4,2,3)=2$

Etape 5 : Application de la fiche n°3 : Cas où une mesure de maîtrise des risques s'applique à un événement



Chemin 1 :

On note C1 l'événement de sortie « Ruine du réacteur en cas de montée en pression dans le réacteur et de non fonctionnement de deux mesures de maîtrise des risques à la sollicitation ».

Application de la fiche n°3 dans le cas d'un traitement semi-quantitatif :

Classe de fréquence C1 = Classe de fréquence EI + somme(NC) = 2+1+2= 5

Chemin 2 :

Événement de sortie C2

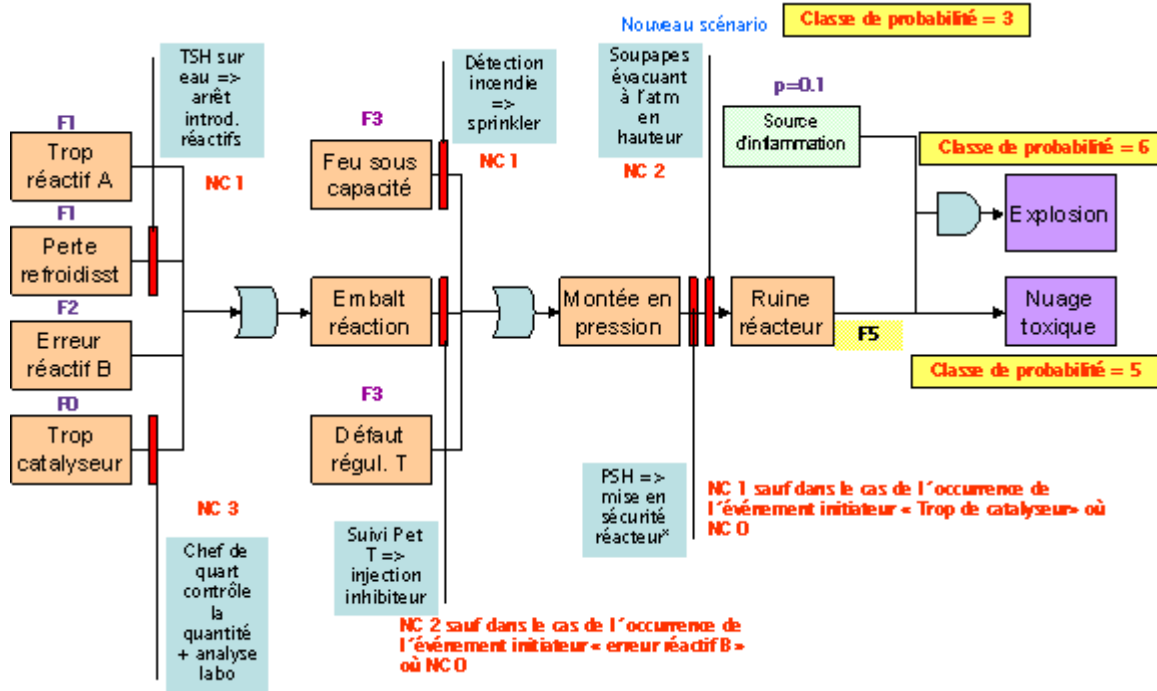
On note C2 l'événement de sortie « Libération de produit par les soupapes en cas de montée en pression dans le réacteur, du dysfonctionnement du PSH et du fonctionnement de la soupape de sécurité ».

Application de la fiche n°3 dans le cas d'un traitement semi-quantitatif :

Classe de fréquence C2 = Classe de fréquence EI + 1+0 = 3

(la classe de probabilité de fonctionnement de la soupape est 0)

Etape 6 : Application de la fiche n°5 : Traitement d'une porte « ET » entre un événement secondaire et un événement redouté central (prise en compte de la probabilité d'inflammation)



L'événement de sortie « Explosion » (noté E1) se réalise en cas de ruine du réacteur et de présence de source d'inflammation sachant cette ruine

Application de la fiche n°6 dans le cas d'un traitement semi-quantitatif :

1^{ère} étape : $f_{E1} = 10^{-5} \times 0.1 = 10^{-6}$

2^{ème} étape : On affecte une classe de fréquence à f_{E1} en utilisant l'échelle de fréquence proposée dans le fiche n°1. Classe de fréquence (f_{E1}) = 6

L'événement de sortie « Nuage toxique » (E2) se réalise en cas de ruine du réacteur.

Classe de fréquence E2 = Classe de fréquence ERC=5

CONCLUSION

Tous les phénomènes dangereux ont donc été quantifiés :

- Classe de fréquence du nuage toxique en sortie de rupture du réacteur = 5
- Classe de fréquence de l'explosion = 6

En application de la relation (3) de la fiche n°1, la classe de probabilité d'occurrence annuelle d'un nuage toxique est donc :

- $[10^{-6}, 10^{-5}]$ soit la classe E de l'échelle de l'arrêté PCIG.

En application de la relation (3) de la fiche n°1, la classe de probabilité d'occurrence annuelle d'une explosion est donc :

- $[10^{-7}, 10^{-6}]$ soit la classe E de l'échelle de l'arrêté PCIG.

ATTENTION : Les calculs probabilistes ont été effectués en faisant l'hypothèse d'indépendance des mesures de maîtrise des risques et en ne prenant pas en considération les éventuels modes communs de défaillance.

On rappelle cependant que lorsque le nombre de mesures de maîtrise des risques sur un même chemin accidentel devient conséquent, le poids des modes communs de défaillances dans l'estimation globale de la probabilité de défaillances de l'ensemble des mesures de maîtrise des risques augmente. Les règles probabilistes retenues dans cette note deviennent alors optimistes. En pratique, l'intégration des modes communs de défaillance conduira donc à un plafonnement de la réduction des risques induite par la mise en place de mesures de maîtrise des risques.

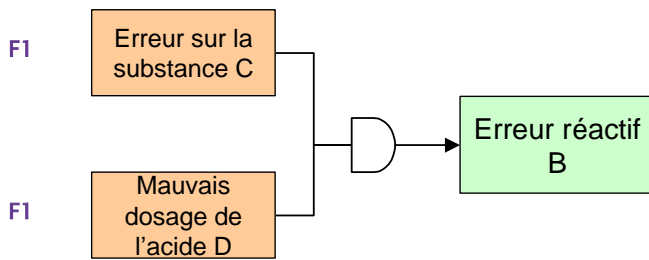
Etape supplémentaire : Illustration de la fiche n°4 : Traitement d'une porte « ET » entre deux événements initiateurs

Pour illustrer la fiche n°4, supposons qu'un des événements initiateurs du nœud papillon étudié, « Erreur réactif B », soit le résultat d'une porte ET entre deux événements indépendants.

Le réactif B est supposé obtenu par mélange d'une substance C avec un acide D donné. Il y aura erreur de réactif B en cas d'erreur de substance C combinée à un mauvais dosage de l'acide D.

La classe de fréquence de l'événement « Erreur de substance C » est estimée à F1.

La classe de fréquence de l'événement « Mauvais dosage de l'acide D » est estimée à F1.



Application de la fiche n°4 dans le cas d'un traitement semi-quantitatif :

a/ Traitement simplifié et majorant

L'approche simplifiée et majorante conduit à l'estimation suivante de la probabilité d'occurrence annuelle de l'événement « Erreur réactif B » :

Classe POA(« Erreur réactif B ») = Classe de fréquence (« Erreur sur la substance C ») + Classe de fréquence (« Mauvais dosage de l'acide D ») = 1 + 1 = 2

b/ Traitement rigoureux de la porte ET

L'approche rigoureuse demande de considérer la durée des deux événements amont de la porte ET.

L'analyse détaillée du process montre qu'un mauvais dosage de l'acide D sera toujours détecté en moins de 24 heures. La durée de l'événement « Mauvais dosage de l'acide D » ramenée à l'année, notée α_D , est donc égale à (1/365).

L'analyse détaillée du process montre qu'une erreur de substance C sera toujours détectée en moins de 10 jours (en l'absence de fonctionnement de toute mesure de maîtrise des risques). La durée de l'événement « Erreur de substance C » ramenée à l'année, notée α_C , est donc égale à (10/365).

En appliquant la fiche n°4, on obtient alors :

$$f_{\text{PorteET}} = 10^{-1} \times 10^{-1} \times \left(\frac{1}{365} + \frac{10}{365} \right) \sim 3.10^{-4} \text{ an}^{-1}$$

Ainsi,

Classe POA(« Erreur réactif B ») = Classe de fréquence (f_{PorteET}) = 3

Le résultat obtenu conduit donc à une estimation plus faible de la probabilité que dans le cas de l'approche simplifiée et ce bien qu'ayant considéré des événements initiateurs relativement longs.

Sur l'ensemble du nœud papillon, ce résultat n'a pas d'incidence sur les conclusions de l'estimation probabiliste : c'est un autre événement initiateur que l'événement « Erreur réactif B » qui devient alors pénalisant.

FICHE N°7 – GLOSSAIRE

Source d'information de référence : Circulaire n°DPPR.SEI2/MM-05-0316 du 7 octobre 2005 relative aux installations classées – Diffusion de l'arrêté ministériel relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation – Glossaire technique des risques technologiques.

Abréviation

EI	: Evénement Initiateur
Ei	: Evénement intermédiaire
ERC	: Evénement Redouté Central
ES	: Evénement Secondaire
NC	: Niveau de Confiance
PhD	: Phénomène Dangereux
POA	: Probabilité d'Occurrence Annuelle

Définitions :

- Généralités

Evénement Initiateur	Evénement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal. Dans la représentation en « nœud papillon » cet événement est situé à l'extrémité gauche.
Evénement Redouté Central	Evénement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides.
Niveau de confiance	Le niveau de confiance est la classe de probabilité pour qu'une mesure de maîtrise des risques, dans son environnement d'utilisation, n'assure plus la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie. Cette classe de probabilité est déterminée pour une efficacité et un temps de réponse donnés.

- **Définition probabiliste :**

Fréquence	<p>La fréquence est une donnée observée de comptage issue de l'exploitation d'un retour d'expérience.</p> <p>Elle peut s'exprimer en temps ⁻¹, opération ⁻¹ etc. selon la caractéristique étudiée.</p> <p>Si le temps est le critère d'observation, la fréquence est définie par le nombre d'événements (occurrences) observés sur une période de temps de référence, divisé par ce temps de référence. Généralement ce temps est compté en années, et on parle de fréquences annuelles : l'unité de cette fréquence est donc an⁻¹.</p> <p>Elle varie entre 0 et l'infini.</p>
Probabilité	<p>La probabilité d'un événement E est le rapport entre le nombre de cas favorables (nE) à cet événement et le nombre de cas possibles (N)</p> <p>C'est une donnée inobservée, adimensionnelle qui varie entre 0 et 1.</p>
Probabilité d'occurrence	<p>La probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée.</p> <p>(Définition issue du glossaire technique des risques technologiques).</p>
Probabilité conditionnelle de A sachant B <u>Notation</u> : P(A B)	<p>Une probabilité conditionnelle est la probabilité d'observer un événement A sachant qu'un autre événement B s'est déjà produit : on parle de la probabilité de A conditionnellement à B, ou encore de la probabilité de A sachant B.</p> <p>Cas particulier de probabilités conditionnelles rencontrées dans les études de dangers : la probabilité d'inflammation (sachant que le nuage inflammable est présent) et la probabilité de défaillance d'une mesure de maîtrise des risques (sachant que cette mesure est sollicitée).</p>
Indépendance de deux événements	<p>Deux événements sont dits indépendants si l'occurrence de l'un n'influe pas sur la probabilité d'occurrence de l'autre.</p>

4. REFERENCES

- [1] Rapport INERIS n° 46036 –02996A 20/12/2006 – Programme EAT-DRA 34 – Opération j – Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse de risque – Méthode de quantification probabiliste dans l'analyse de risques
- [2] Rapport d'étude n°43036 du 25/04/2006 – Programme EAT-DRA34 – Operation j – Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques – Partie 1 : Principes et pratiques
- [3] Rapport INERIS n° 46036 –02995A 20/12/2006 – Programme EAT-DRA 34 – Opération j – Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse de risque – Approfondissement sur les outils de quantification
- [4] Rapport INERIS n° 46036 –02999A 20/12/2006 – Programme EAT-DRA 34 – Opération j – Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse de risque – Propagation des incertitudes dans l'arbre de défaillances : agrégation de plusieurs événements