



Institut pour la **Maîtrise des Risques**
Sûreté de Fonctionnement - Management - Cindyniques



Évaluation Probabiliste des Risques avec Incertitudes Paramétriques et de Modèle

Florent Brissaud – FMDS industrie

Elsa Rosner – DNV GL

Sommaire

- I. Évaluation Probabiliste des Risques (EPR)
- II. Incertitudes paramétriques et de modèle
- III. Cas d'étude
- IV. Analyses

I. Évaluation Probabiliste des Risques (EPR)

I.1. Introduction aux EPR

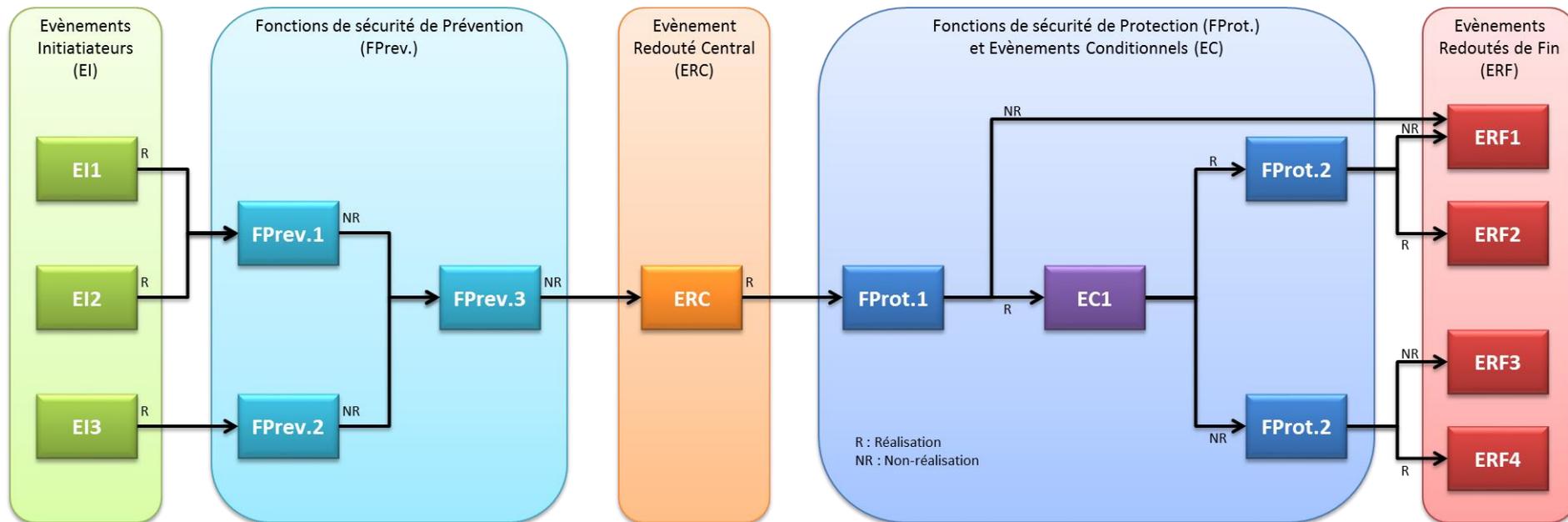
I.2. Résultats probabilistes

I.3. Analyses d'incertitudes

I.1. Introduction aux EPR

✓ Principe des EPR

- identifier les scénarios possibles d'accident
- quantifier les fréquences de ces scénarios
- évaluer les conséquences de ces scénarios



I.2. Résultats probabilistes

- ✓ Interprétation des probabilités
 - « classique » : limitée aux évènements équiprobables
 - « fréquentiste » : fondée sur des « tirages aléatoires »
 - « subjective » : plus pragmatique et adaptée aux EPR

- ✓ Critères d'un « bon » résultat probabiliste
 - cohérence : respecter la hiérarchie des évènements
 - consistance : intégrer un maximum d'information
 - robustesse : limiter les effets des incertitudes sur la cohérence

I.3. Analyses d'incertitudes

- ✓ Principe des analyses d'incertitudes
 - déterminer les incertitudes dans les résultats, produites par les incertitudes dans les informations d'entrée

- ✓ Sources d'incertitudes
 - modèle : adéquation du modèle pour représenter le monde réel
 - paramètre : données d'entrée utilisées dans le modèle
 - complétude : phénomènes ou relations pris en compte

II. Incertitudes paramétriques et de modèle

II.1. Données d'entrée (paramètres)

II.2. Efficacité des barrières (modèle)

II.3. Architectures des barrières (modèle)

II.1. Données d'entrée

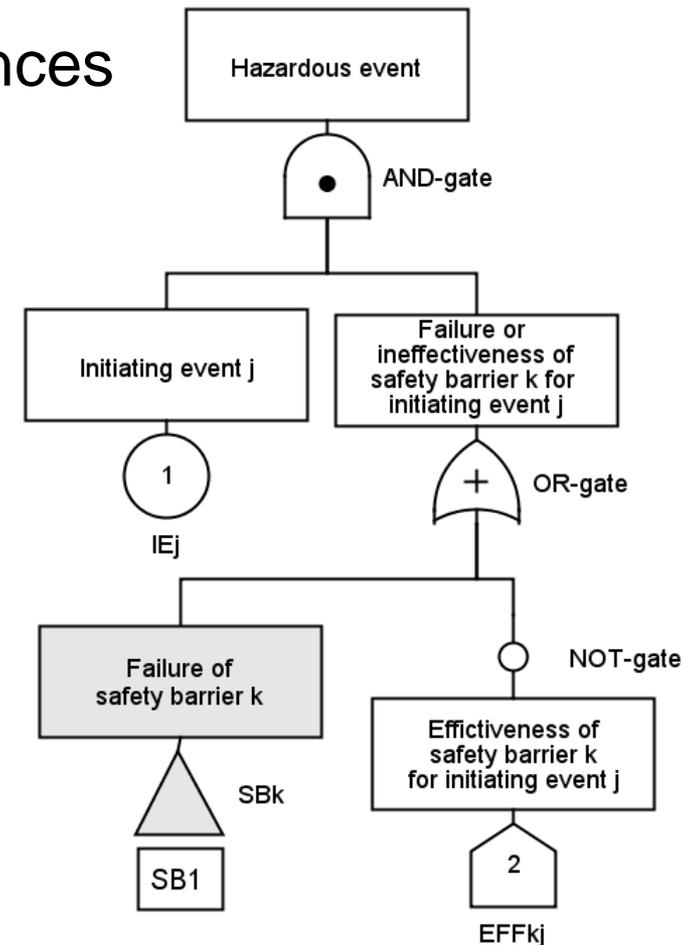
✓ Analyses d'incertitudes paramétriques

1. les données d'entrée sont des variables aléatoires, définies par des densités de probabilité
2. les données d'entrée sont tirées aléatoirement et un résultat est calculé pour chaque jeu de données
3. à la suite de plusieurs « tirages aléatoires » (Monte Carlo), une distribution des résultats est obtenue
4. les résultats sont fournis avec un intervalle de confiance, défini pour un degré de confiance donnée

II.2. Efficacité des barrières

✓ Modélisation par arbres de défaillances

- SB_k : défaillance de la barrière k
- IE_j : évènement initiateur j
- EFF_{kj} : efficacité de la barrière k sur l'évènement initiateur j
- $e_{k,j}$: probabilité que la barrière k prévienne l'occurrence de l'évènement redouté en cas d'occurrence de l'évènement initiateur j



II.3. Architecture des barrières

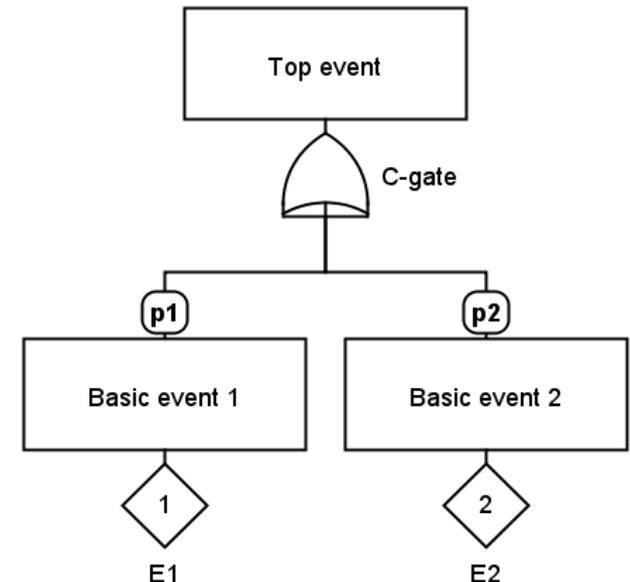
1/3

✓ « Porte-C » pour arbres de défaillances

- Brissaud F. Barros A. Bérenguer C. (2010)
Handling Parameter and Model Uncertainties by Continuous Gates in Fault Tree Analyses. Journal of Risk and Reliability, special issue on Uncertainty in Engineering Risk and Reliability, vol. 224.

✓ Validation d'une « porte-C »

- occurrence de l'évènement de base E_i avec une probabilité p_i associée (poids)
ou
- occurrence de tous les évènements de base E_i

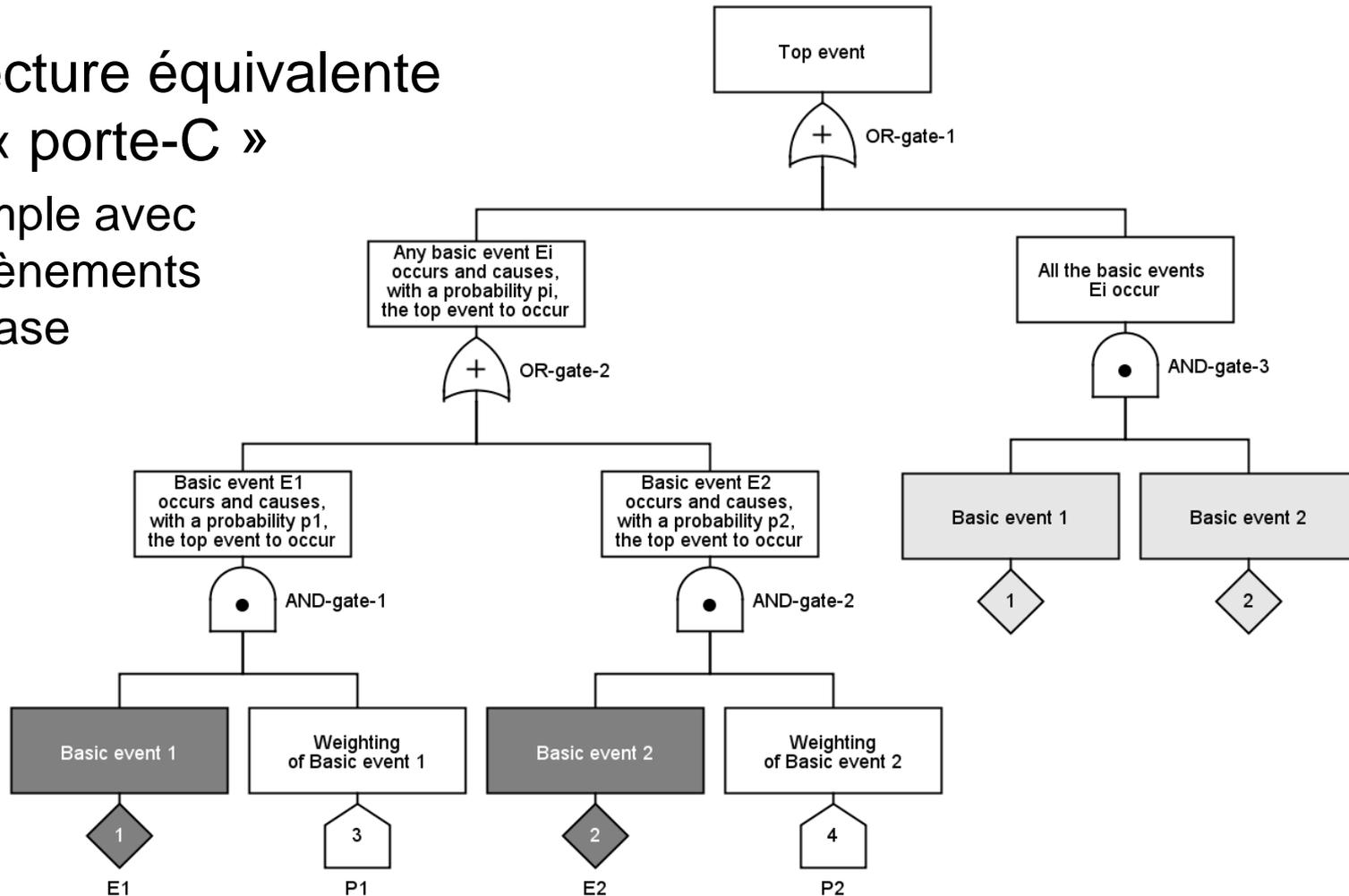


II.3. Architecture des barrières

2/3

✓ Architecture équivalente d'une « porte-C »

- exemple avec 2 évènements de base

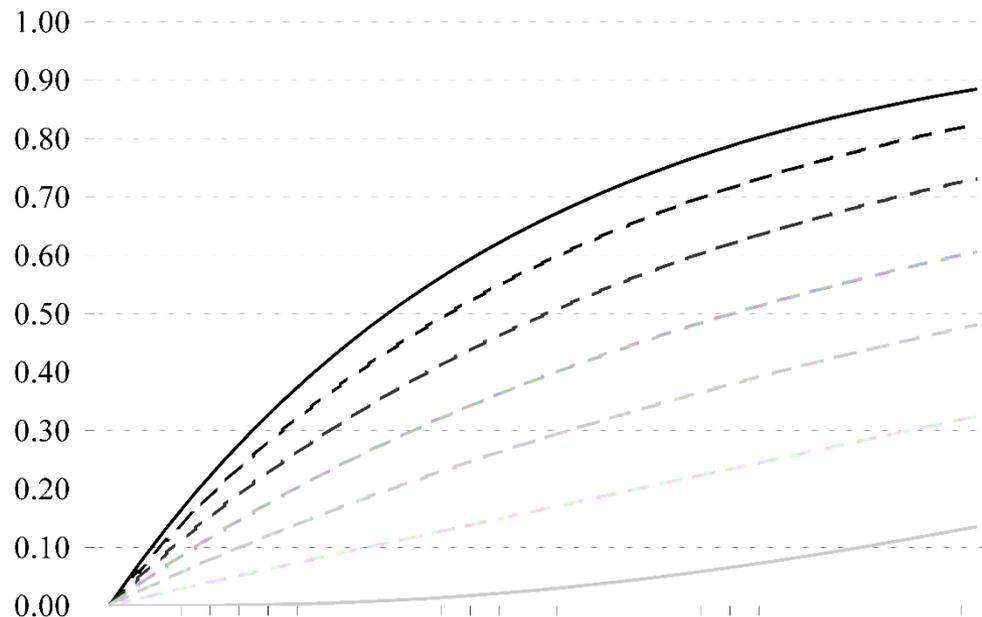


II.3. Architecture des barrières

3/3

✓ Propriété d'une « porte-C »

- si tous les poids sont égaux à 0, il s'agit d'une porte ET
- si tous les poids sont égaux à 1, il s'agit d'une porte OU
- entre les deux, une graduation « continue » est possible

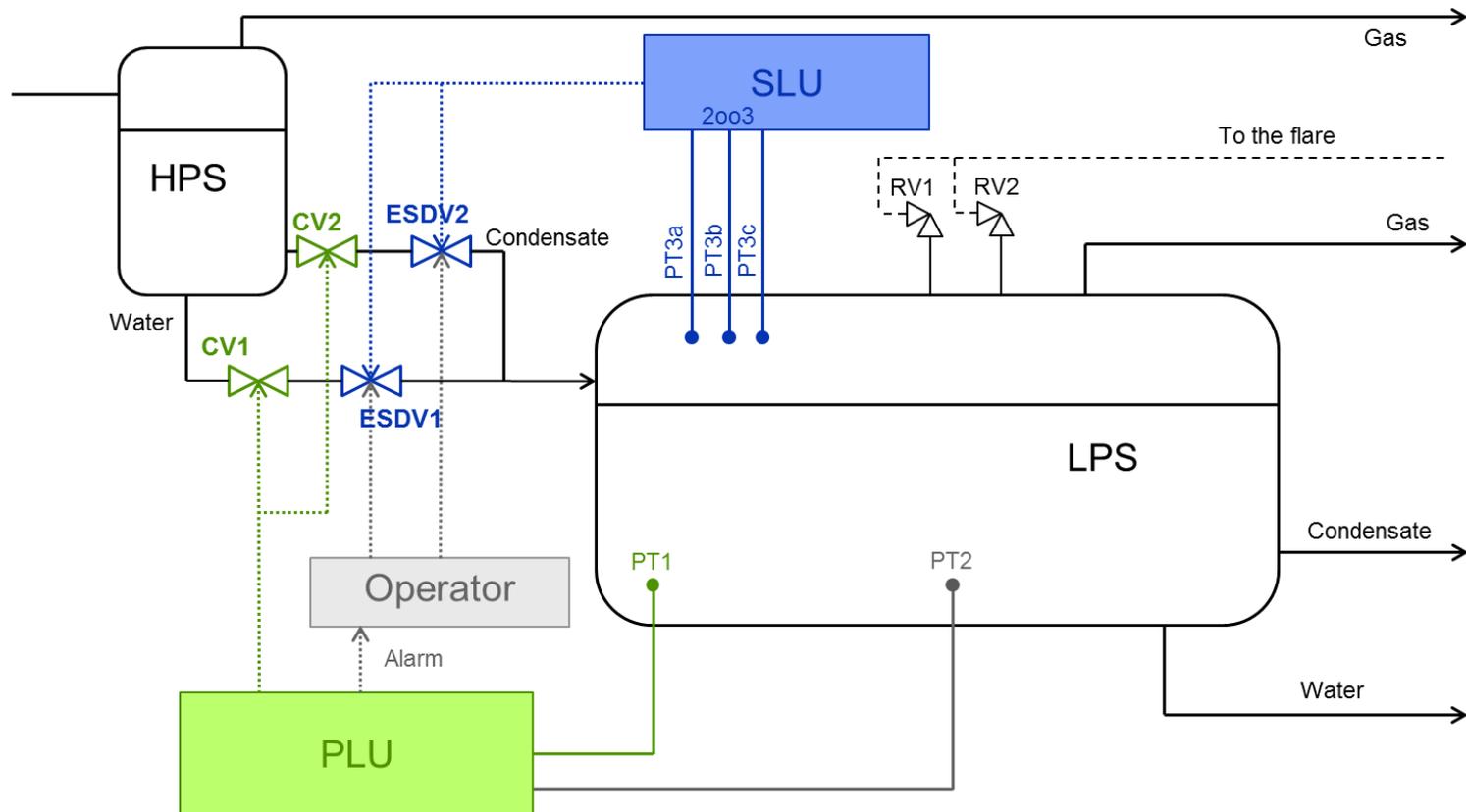


III. Cas d'étude

- III.1. Équipement commandé
- III.2. Prévention de l'ERC
- III.3. Scénarios accidentels

III.1. Équipement commandé

✓ Séparateur basse-pression (LPS)

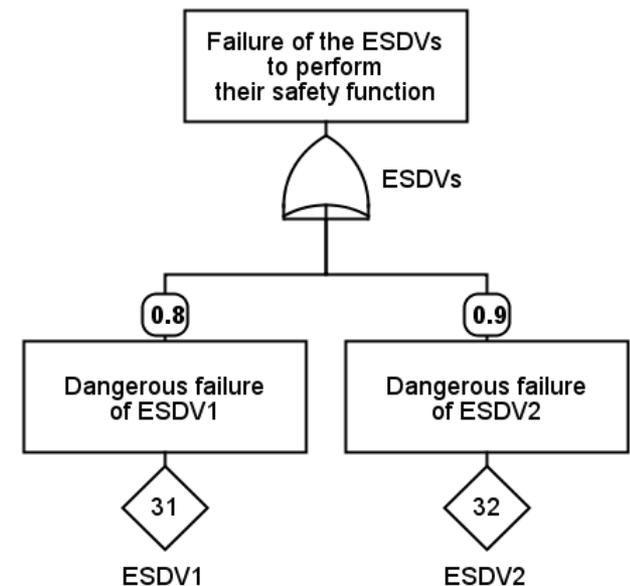


III.2. Prévention de l'ERC

1/3

- ✓ Évènement redouté central (ERC)
 - fuite du LPS à cause d'une surpression

- ✓ Barrières de sécurité de prévention
 - alarme avec action de l'opérateur :
PT2 ; PLU ;
ESDV1 et ESDV2 (porte-C : 0,8 et 0,9)
 - système instrumenté de sécurité :
PT3a, PT3b, PT3c (2oo3) ; SLU ;
ESDV1 et ESDV2 (porte-C : 0,8 et 0,9)
 - soupapes :
RV1 et RV2 (porte-C : 0,5 et 0,5)



III.2. Prévention de l'ERC

2/3

✓ Évènements initiateurs et efficacité des barrières

		Efficacité des barrières de sécurité destinées à prévenir l'évènement redouté central		
Évènements initiateurs	Fréquence d'occurrence	Alarme avec action de l'opérateur	Système Instrumenté de Sécurité	Soupapes
IE1 : défaillance de la boucle de contrôle	déterminé par un arbre de défaillance	1	1	1
IE2 : « gas blow by » depuis le HPS	0,2 par an	0,5	1	1
IE3: erreur humaine	0,1 par an	0,5	1	1
IE4: évènement externe (dont incendie)	0,005 par an	0,1	0,5	1

III.2. Prévention de l'ERC

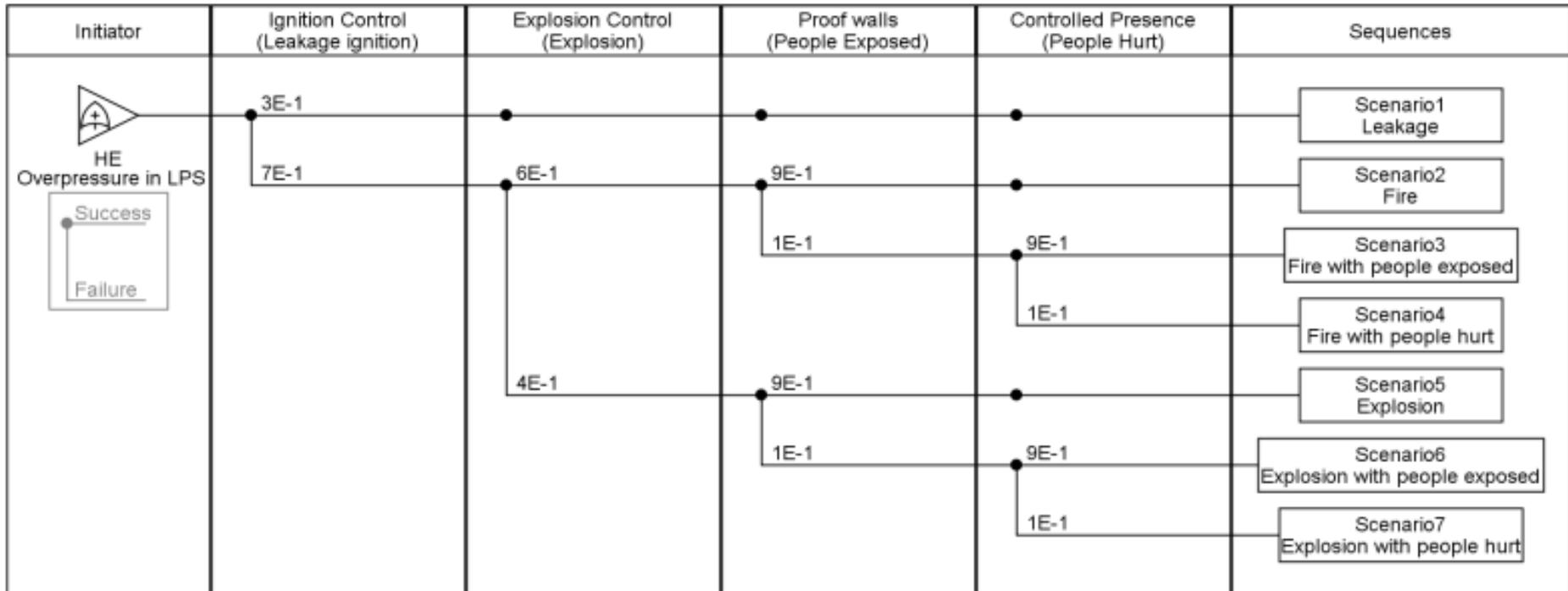
3/3

✓ Données de défaillance

	Mode de défaillance	Taux de défaillance	Autres paramètres
Transmetteurs de pression (PTx)	Dangereux non-déecté, dont "mauvaise regul."	$5,00 \times 10^{-6}$	Facteur beta : 5%
Automate programmable (PLU)	Dangereux non-déecté, dont "mauvaise regul."	$3,00 \times 10^{-6}$	-
Automate de sécurité (SLU)	Dangereux non-déecté	$1,00 \times 10^{-6}$	-
Vannes de contrôle (CVx)	"Mauvaise regul." déecté en ligne	$8,00 \times 10^{-6}$	-
Vannes de sécurité (ESDVx)	Dangereux non-déecté	$1,00 \times 10^{-5}$	Couverture de test partiel : 90%
Soupapes (RVx)	Dangereux non-déecté	$2,00 \times 10^{-6}$	-

III.3. Scénarios accidentels

✓ Arbre d'évènements



IV. Analyses

IV.1. Incertitudes d'entrée

IV.2. Modélisation et analyses

IV.3. Résultats

IV.1. Incertitudes d'entrée

✓ Définition des incertitudes dans les données d'entrée

Donnée	Définition de l'incertitude	Donnée	Définition de l'incertitude
Fréquence f	Distribution log-normal telle que la moyenne soit f et l'intervalle de confiance à 90% soit [f/5 ; f×5]	Couverture de test partiel PTC, avec $0,1 \leq PTC \leq 0,9$	Distribution uniforme dans l'intervalle [PTC-0,1 ; PTC+0,1]
Taux de défaillance λ	Distribution log-normal telle que la moyenne soit λ et l'intervalle de confiance à 90% soit [$\lambda/5$; $\lambda \times 5$]	Probabilité p (dont efficacité, poids, et prob. cond.), avec p=0,5	Distribution uniforme dans l'intervalle [p-0,3 ; p+0,3]
Facteur beta β	Distribution uniforme dans l'intervalle [0 ; $\beta \times 2$]	Probabilité p, avec $0,1 \leq p \leq 0,9$ et $p \neq 0,5$	Distribution uniforme dans l'intervalle [p-0,1 ; p+0,1]

IV.2. Modélisation et analyses

✓ Package Booléen de la suite GRIF

- développé par Satodev, pour le compte de TOTAL
- calculs basés sur de l'algèbre booléenne et les « *Binary Decision Diagrams* » (BDD)
- les données d'entrée sont tirées aléatoirement (Monte Carlo), puis l'analyse par arbre de défaillance est « exacte »

IV.3. Résultats

1/4

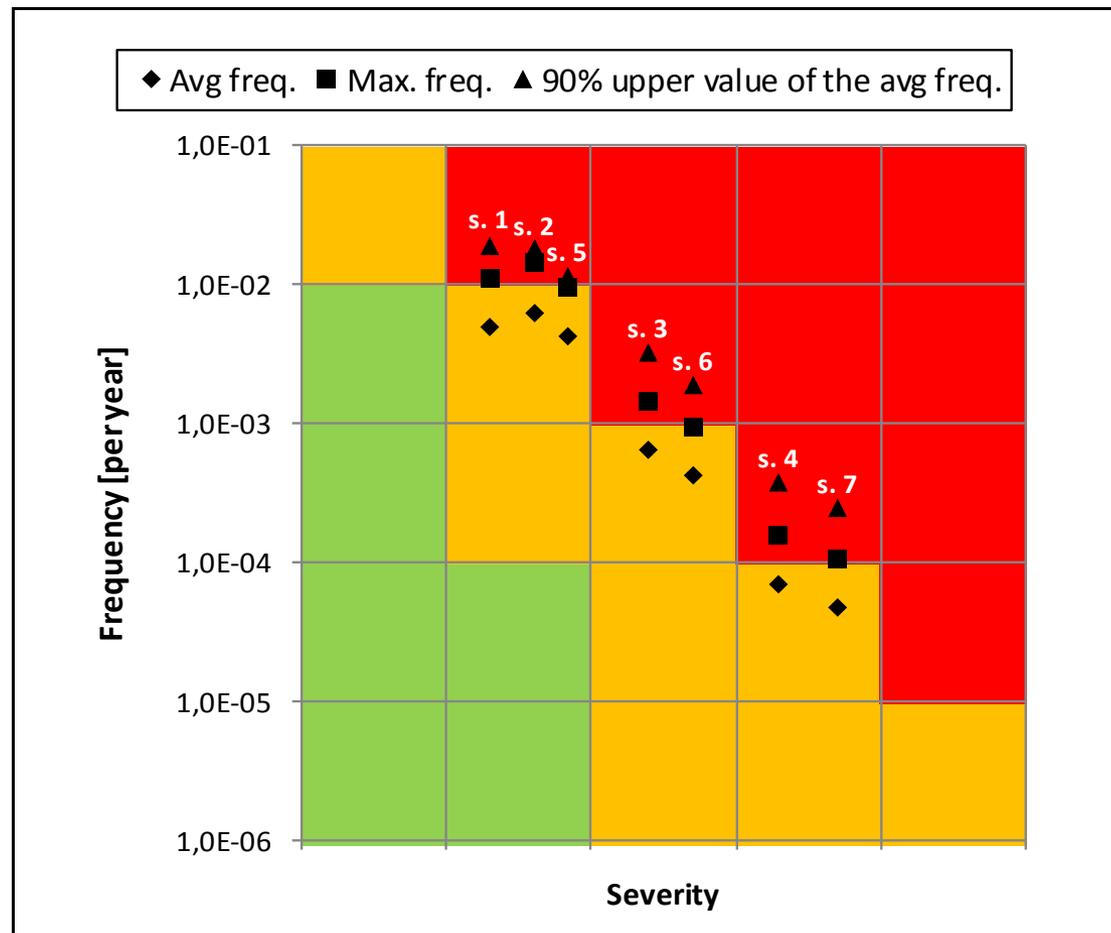
- ✓ Paramètres de politique de tests
 - T1 : période de test complet (pour tous les éléments matériels)
 - T2 : période de test partiel (pour ESDV1 et ESDV2)

- ✓ Fréquence d'occurrence de chaque scénario
 - fréquence moyenne calculée sur T1
 - fréquence maximale dans T1
 - valeur limite à 90% de la fréquence moyenne calculée sur T1 (la fréq. moy. est inf. à cette valeur avec une certitude de 90%)

IV.3. Résultats

2/4

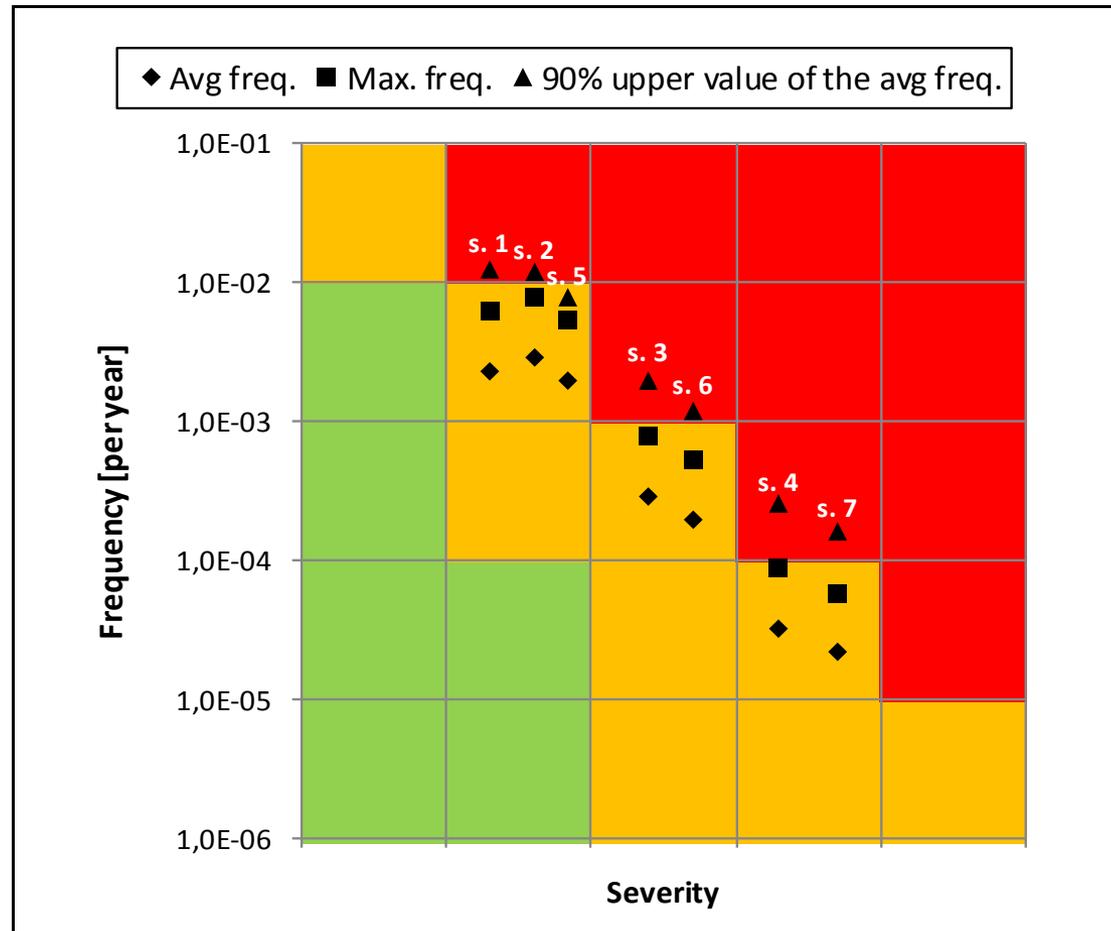
- ✓ T1 = 12 ans
- T2 = 3 ans



IV.3. Résultats

3/4

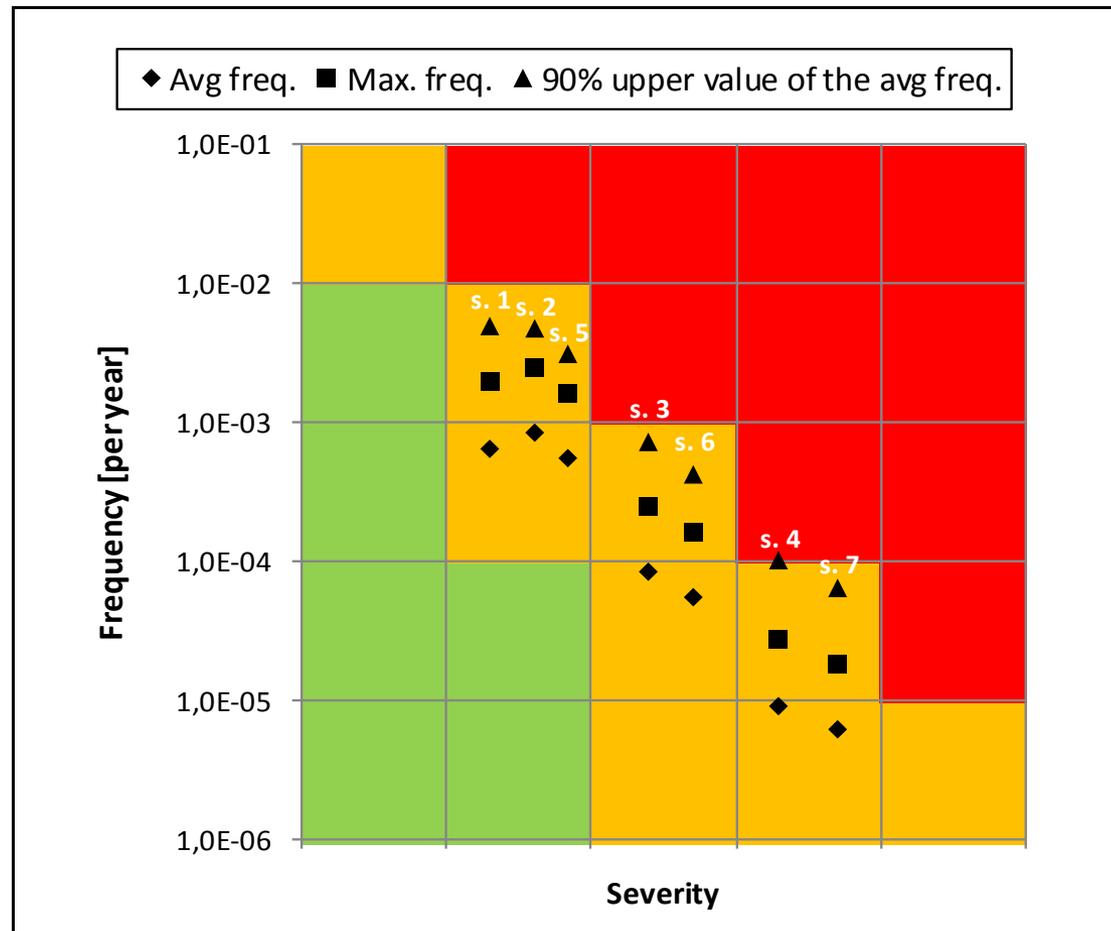
- ✓ T1 = 8 ans
- T2 = 1 an



IV.3. Résultats

4/4

- ✓ T1 = 4 ans
- T2 = 6 mois





Institut pour la **Maîtrise des Risques**
Sûreté de Fonctionnement - Management - Cindyniques



Questions ?

Florent.Brissaud@FMDSindustrie.fr

Elsa.Rosner@dnvgl.com