

# ANALYSES D'INCERTITUDES PARAMÉTRIQUES DANS UNE ÉTUDE PROBABILISTE DE RISQUES

Florent Brissaud - FMDS industrie

IMdR : GTR Incertitudes et Industrie

8 décembre 2016

EDF Lab, Chatou

- I. Étude Probabiliste de Risques (EPR)
- II. Cas d'étude
- III. Modélisation et analyses
- IV. Conclusions

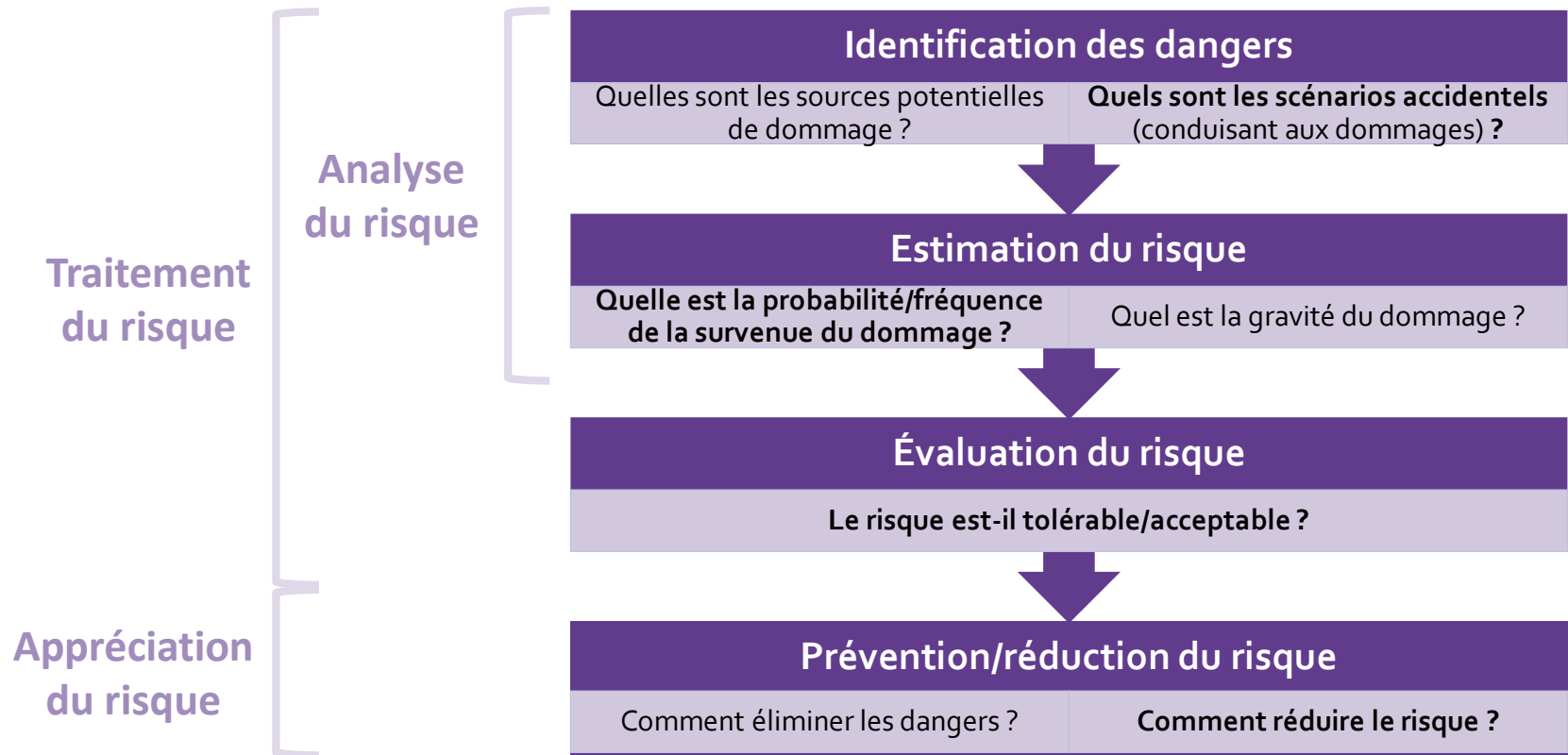
# I. ÉTUDE PROBABILISTE DE RISQUES (EPR)

- I.1. Gestion des risques
- I.2. Présentation des EPR
- I.3. Résultats probabilistes ?
- I.4. Analyses d'incertitudes

# I.1. GESTION DES RISQUES

## Déroulement de la gestion des risques

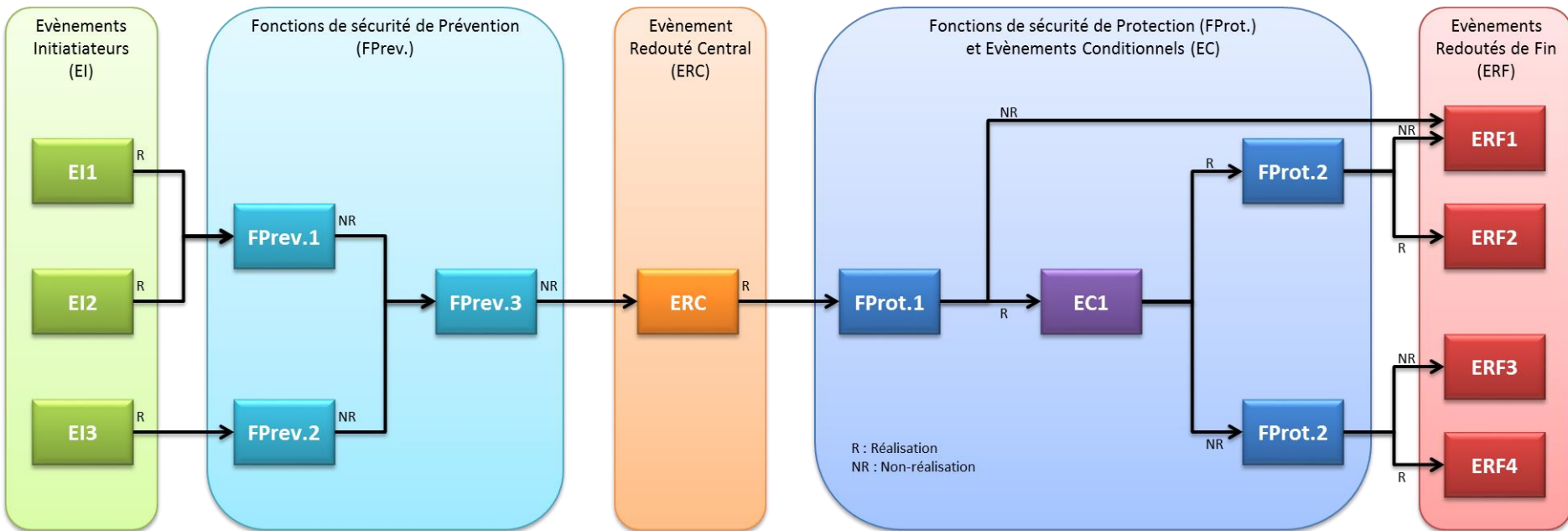
□ cf. guide ISO/CEI 51 : 2014



# I.2. PRÉSENTATION DES EPR

## Rôle d'une EPR dans la gestion des risques

- schématiser les scénarios accidentels
- **estimer les fréquences de ces scénarios**
- **permettre d'évaluer et de réduire les risques**



## I.3. 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.4. ANALYSES D'INCERTITUDES

## Sources d'incertitudes

- complétude : phénomènes ou relations pris en compte
- modèle : adéquation du modèle pour représenter le monde réel
- **paramètres : données d'entrée utilisées dans le modèle**

## 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 (de dispersion), défini pour un niveau de confiance donnée**

## II. CAS D'ÉTUDE

II.1. Équipement commandé

II.2. ERC et événements initiateurs

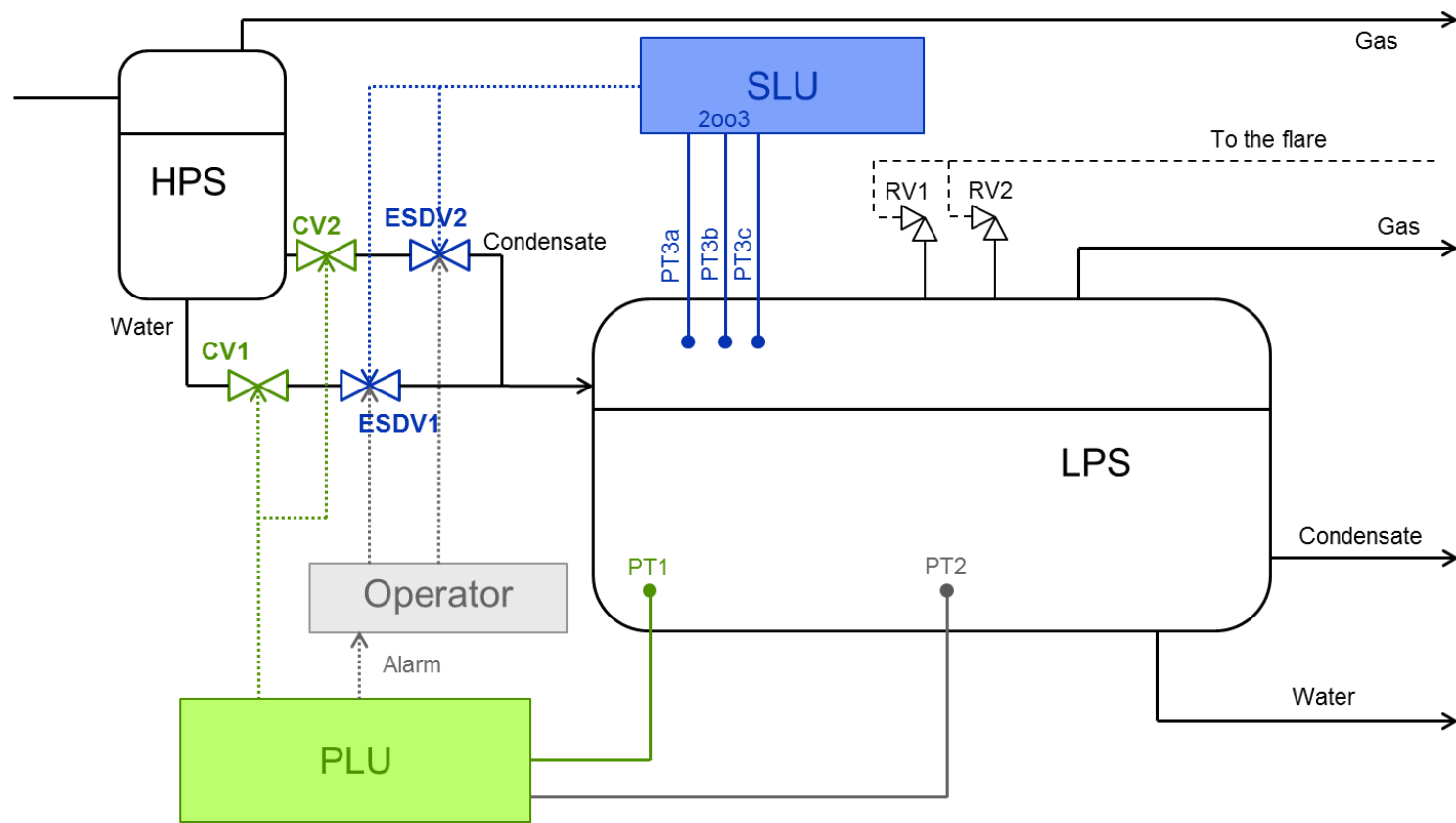
II.3. Barrières de sécurité

II.4. Données de panne



# II.1. ÉQUIPEMENT COMMANDÉ

## Séparateur basse-pression (LPS)



## II.2. ERC ET ÉVÈNEMENTS INITIATEURS

### Évènement redouté central

- **ERC : fuite du LPS à cause d'une surpression**

### Évènements initiateurs

- EI1 : défaillance de la boucle de contrôle (cf. arbre de défaillances)
  - PT1, PLU, CV1/2 (2-parmi-2)
- EI2 : « *gas blow-by* » depuis le HPS (0,2 /an)
- EI3 : erreur humaine (0,1 /an)
- EI4 : évènement externe (0,005 /an)

## II.3. BARRIÈRES DE SÉCURITÉ

### Barrières de sécurité de prévention

- **alarme avec action de l'opérateur** (pour EI 1)
  - PT<sub>2</sub>, PLU, alarme + opérateur, ESDV<sub>1/2</sub> (2-parmi-2)
- **système instrumenté de sécurité** (pour EI<sub>1</sub>, EI<sub>2</sub> et EI<sub>3</sub>)
  - PT<sub>3a/b/c</sub> (2-parmi-3), SLU, ESDV<sub>1/2</sub> (2-parmi-2)
- **soupapes** (pour EI<sub>1</sub>, EI<sub>2</sub>, EI<sub>3</sub> et EI<sub>4</sub>)
  - RV<sub>1/2</sub> (2-parmi-2)

### Barrières de sécurité de protection / événements conditionnels

- incendie (70% si ERC)
- explosion (40% si incendie)
- personnes exposées (10% si incendie ou explosion)
- personnes blessées (50% si personnes exposées)

## II.4. DONNÉES DE PANNE

### Modes de défaillance

- défaillances détectées en ligne (diagnostic), avec réparations
- défaillances révélées lors des tests périodiques (tous les 4 ans)

Matériel	Taux de défaillance	Couverture de diagnostic	Temps moyen de réparation	Autres paramètres
PTx	$0,8 \times 10^{-6}$ /h	60%	8 h	DCC : 10%
PLU	$1,5 \times 10^{-6}$ /h	67%	24 h	
SLU	$1,0 \times 10^{-6}$ /h	90%	24 h	
CVx	$3,8 \times 10^{-6}$ /h	30%	12 h	
ESDVx	$2,7 \times 10^{-6}$ /h	25%	12 h	tests partiels (6 mois) : 90%
RVx	$2,0 \times 10^{-6}$ /h	0%	12 h	

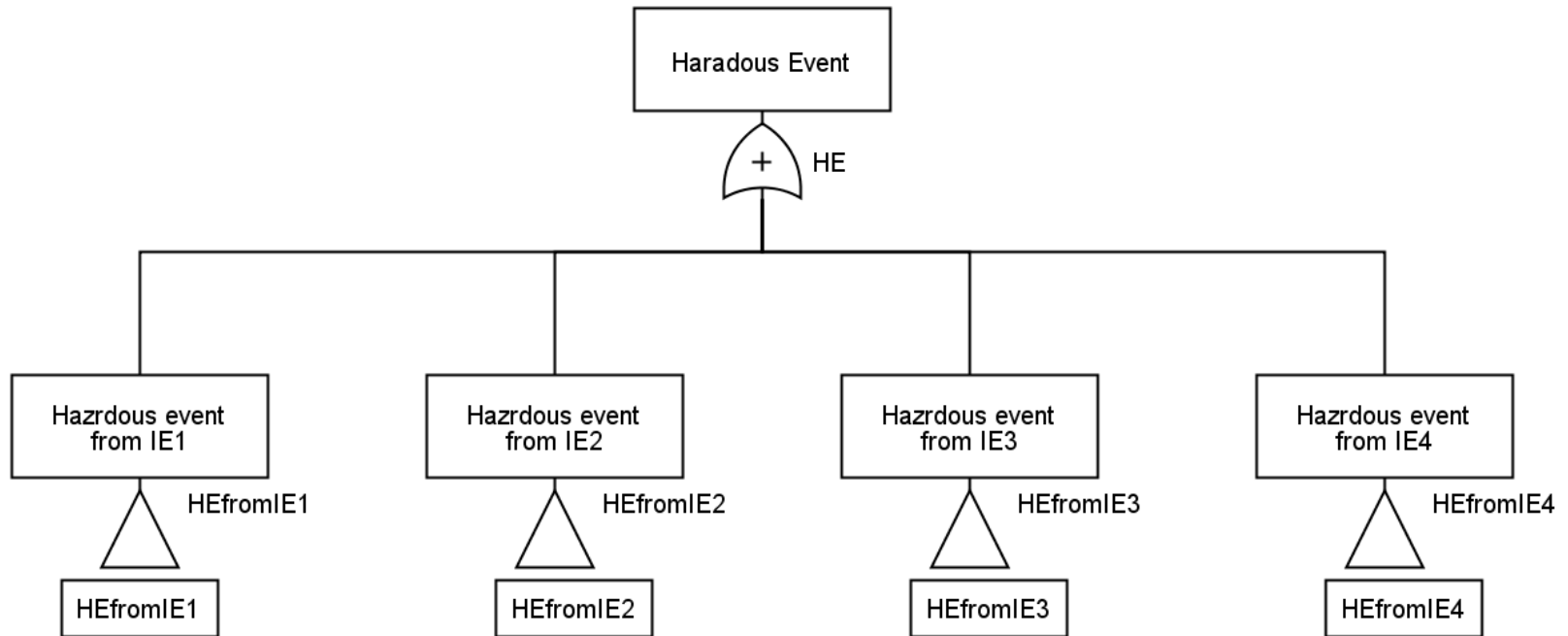
# III. MODÉLISATION ET ANALYSES

- III.1. Modélisation pré-ERC
- III.2. Modélisation post-ERC
- III.3. Modélisation des incertitudes
- III.4. Analyses

# III.1. MODÉLISATION PRÉ-ERC 1/3

## Modélisation par arbre de défaillances\*

- évènement redouté central (*hazardous event, HE*)

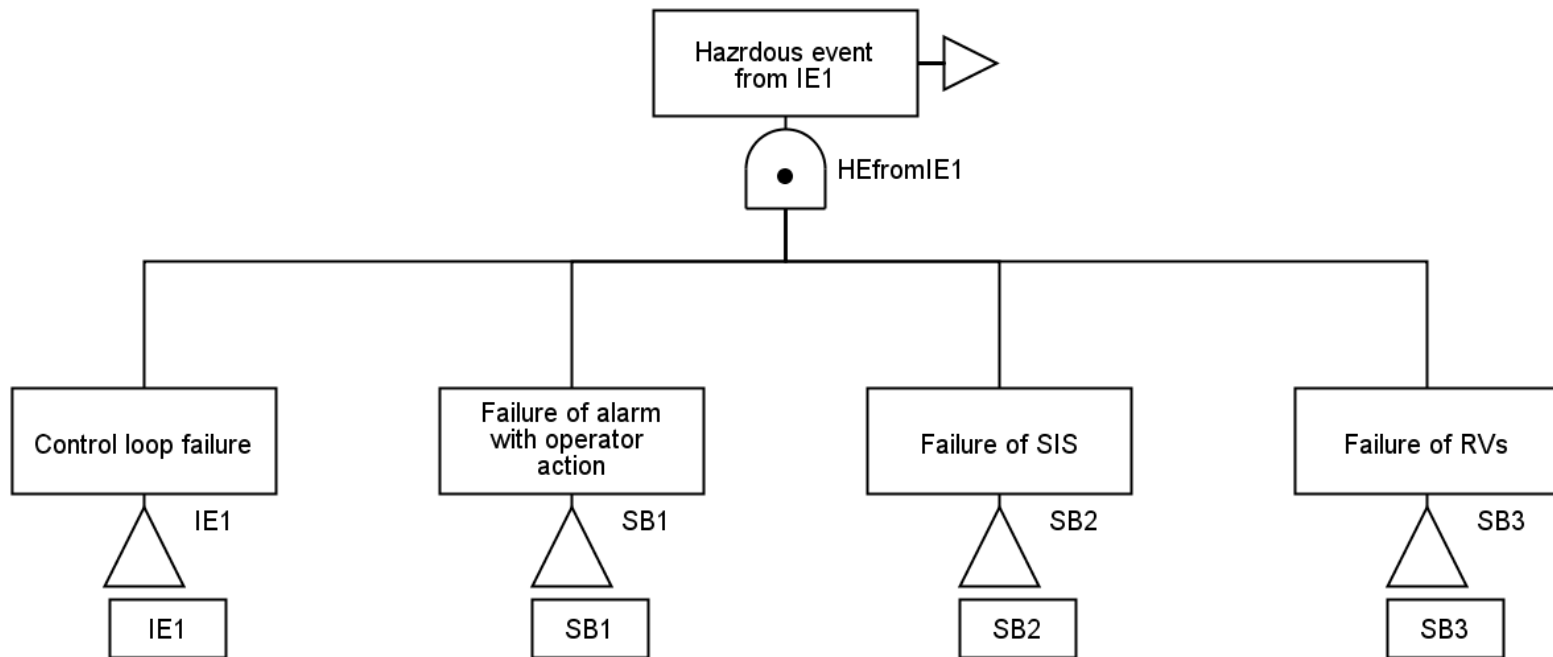


\*module Booléen du logiciel GRIF, développé par SATODEV, pour le compte de TOTAL

# III.1. MODÉLISATION PRÉ-ERC 2/3

## Modélisation par arbre de défaillances\*

- exemple d'évènement initiateur (*initiating event, IE*)

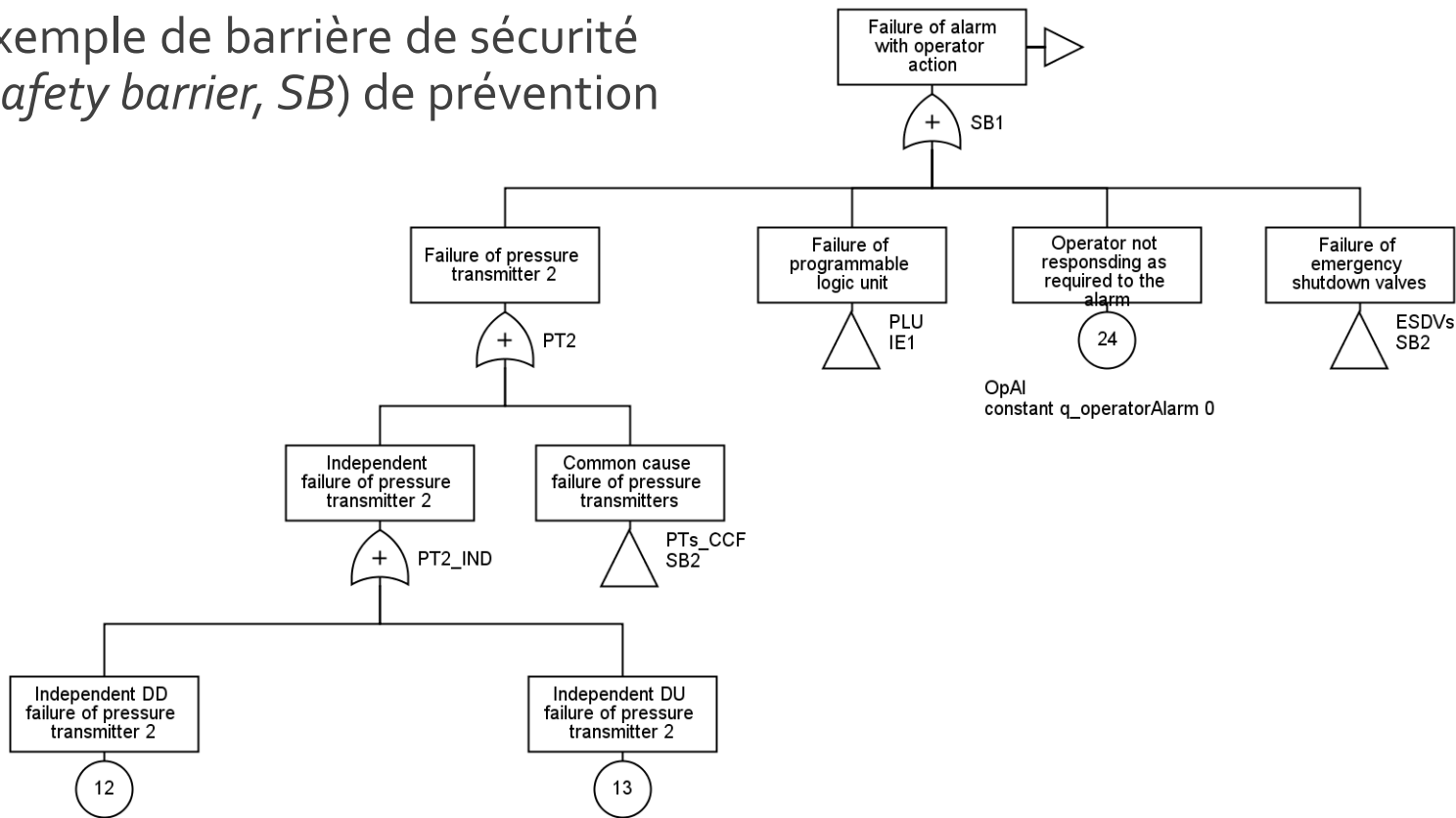


\*module Booléen du logiciel GRIF, développé par SATODEV, pour le compte de TOTAL

# III.1. MODÉLISATION PRÉ-ERC 3/3

## Modélisation par arbre de défaillances\*

- exemple de barrière de sécurité (*safety barrier, SB*) de prévention



OpAl  
constant q\_operatorAlarm 0

PT2\_IND\_DD  
GLM 0 (1-beta\_PT)\*DC\_PT\*lambdaD\_PT mu\_PT

PT2\_IND\_DU  
periodic-test (1-beta\_PT)\*(1-DC\_PT)\*lambdaD\_PT T1 T1

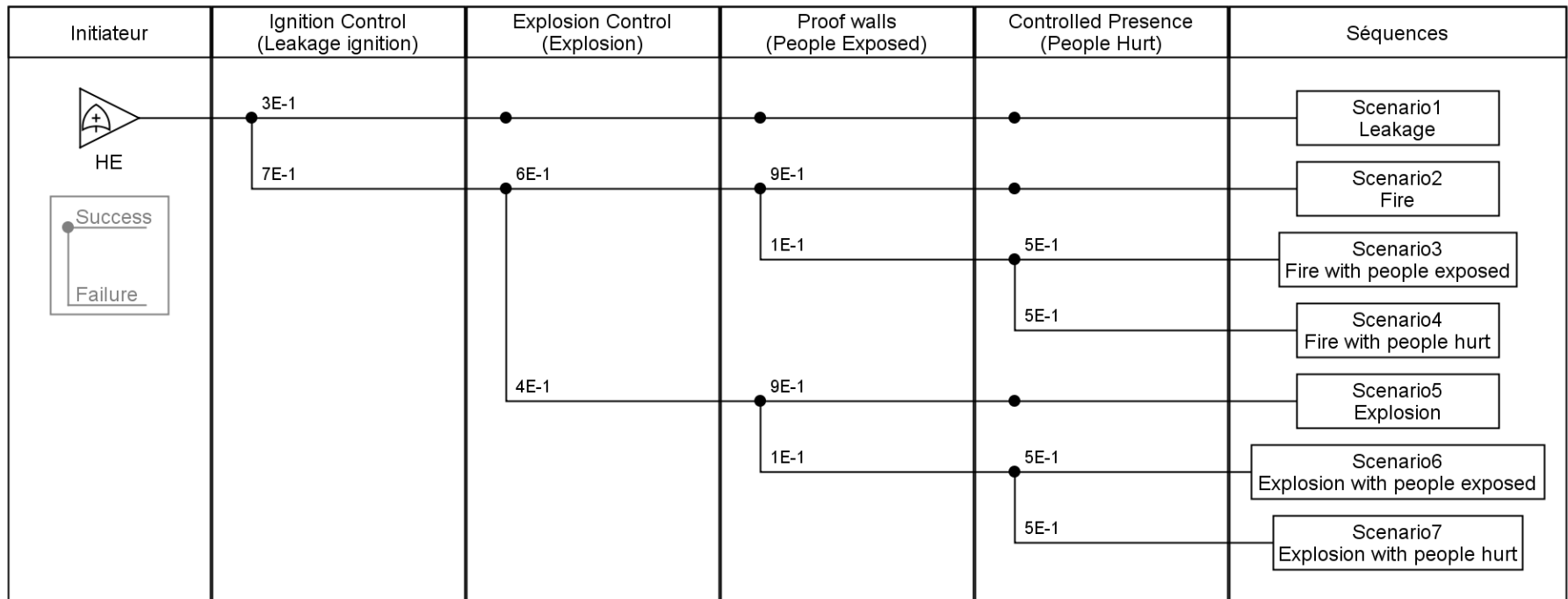
\*module Booléen du logiciel GRIF, développé par SATODEV, pour le compte de TOTAL



# III.2. MODÉLISATION POST-ERC

## Modélisation par arbre d'évènements\*

- barrières de sécurité de protection / évènements conditionnels



\*module Booléen du logiciel GRIF, développé par SATODEV, pour le compte de TOTAL

# III.3. MODÉLISATION DES INCERTITUDES

## Configuration des incertitudes avec le logiciel GRIF

- activation des incertitudes via la liste des paramètres
- choix de la loi : uniforme, normale ou log-normale
- option « Macro »
  - O : 1 paramètre = 1 tirage (cohérence des valeurs)
  - X : 1 utilisation = 1 tirage (paramètres génériques)

Nom ▲	Valeur	Activer l'incertitude	Loi	Macro
beta_PT	0.1	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 0 2E-1	<input type="checkbox"/>
DC_CV	0.3	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 2E-1 5E-1	<input type="checkbox"/>
DC_ESDV	0.25	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 1.5E-1 3.5E-1	<input type="checkbox"/>
DC_PLU	0.67	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 5.7E-1 7.7E-1	<input type="checkbox"/>
DC_PT	0.6	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 5E-1 7E-1	<input type="checkbox"/>
DC_RV	0.0	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
DC_SLU	0.9	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 8E-1 1	<input type="checkbox"/>
f_IE2	2.283E-5	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 2.28E-5 5 9E-1	<input type="checkbox"/>
f_IE3	1.142E-5	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 1.14E-5 5 9E-1	<input type="checkbox"/>
f_IE4	5.708E-7	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 5.71E-7 5 9E-1	<input type="checkbox"/>
lambdaD_CV	3.8E-6	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 3.8E-6 5 9E-1	<input type="checkbox"/>
lambdaD_ESDV	2.7E-6	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 2.7E-6 5 9E-1	<input type="checkbox"/>
lambdaD_PLU	1.5E-6	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 1.5E-6 5 9E-1	<input type="checkbox"/>
lambdaD_PT	8.0E-7	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 8E-7 5 9E-1	<input type="checkbox"/>
lambdaD_RV	2.0E-6	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 2E-6 5 9E-1	<input type="checkbox"/>
lambdaD_SLU	1.0E-6	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 1E-6 5 9E-1	<input type="checkbox"/>
mu_CV	0.0833	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 8.33E-2 2 9E-1	<input type="checkbox"/>
mu_ESDV	0.0833	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 8.33E-2 2 9E-1	<input type="checkbox"/>
mu_PLU	0.0417	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 4.17E-1 2 9E-1	<input type="checkbox"/>
mu_PT	0.125	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 1.25E-1 2 9E-1	<input type="checkbox"/>
mu_RV	0.0833	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 8.33E-2 2 9E-1	<input type="checkbox"/>
mu_SLU	0.0417	<input checked="" type="checkbox"/>	lognormal 4.17E-1 2 9E-1	<input type="checkbox"/>
PTC_ESDV	0.9	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 8E-1 1	<input type="checkbox"/>
q_explosion	0.4	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 3E-1 5E-1	<input type="checkbox"/>
q_hurt	0.5	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 4E-1 6E-1	<input type="checkbox"/>
q_ignition	0.7	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 6E-1 8E-1	<input type="checkbox"/>
q_operatorAlarm	0.1	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 0 2E-1	<input type="checkbox"/>
q_walls	0.1	<input checked="" type="checkbox"/>	uniform 0 2E-1	<input type="checkbox"/>
T1	35040.0	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
T2	4380.0	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

## Configuration des analyses avec le logiciel GRIF

Facteurs d'importance | Temps moyens | Options

Probabilités / Fréquences | Coupes minimales

Cible **Sommets-Cibles-SIF-Conséquences**

Temps de calculs

Liste automatique de points entre 0 et

Itération De  à  pas

Liste de temps

Afficher les points de discontinuité      Temps exprimés en **Heure(s)**

Calculer la valeur moyenne et l'intégrale sur [0, t]

Activer la propagation d'incertitude

Nombre d'histoires       Intervalle de dispersion à  %

Quantiles choisis **centrés** [Borne quantile 5%,Borne quantile 95%]

Types de calculs

Indisponibilité : Q(t), U(t) ou PFD(t)       Disponibilité : A(t)

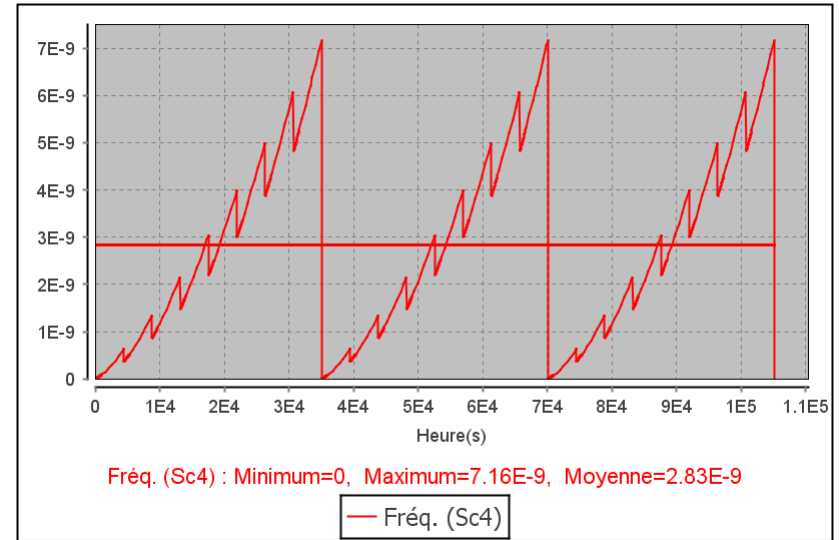
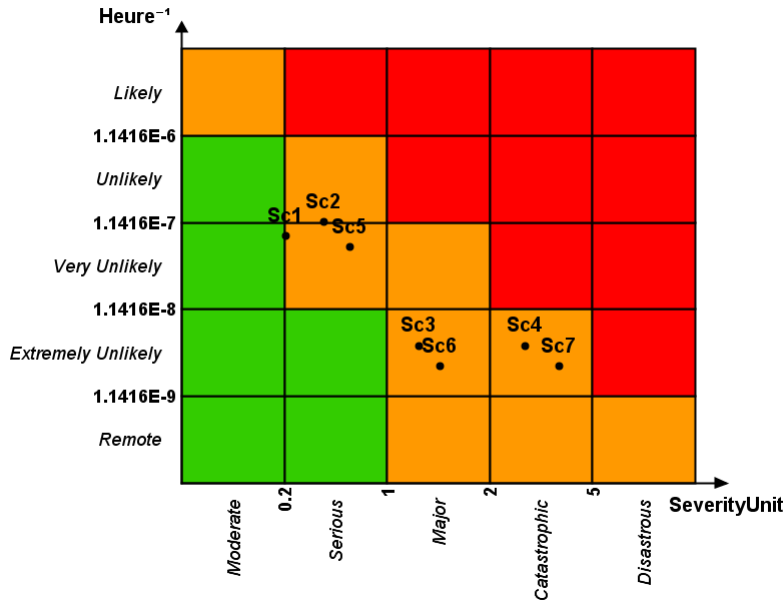
Intensité Inconditionnelle de Défaillance : UFI(t), W(t) ou PFH(t)

## Résultats

- option « Macro » désactivée

Synthèse

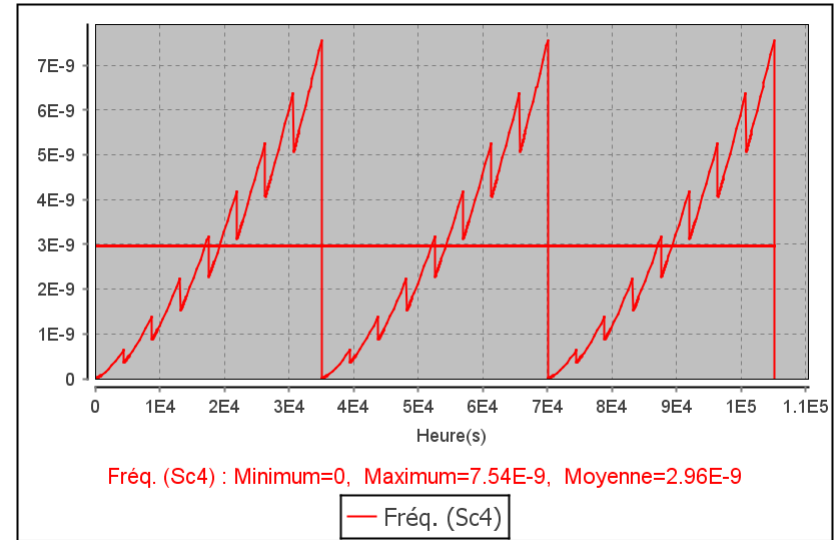
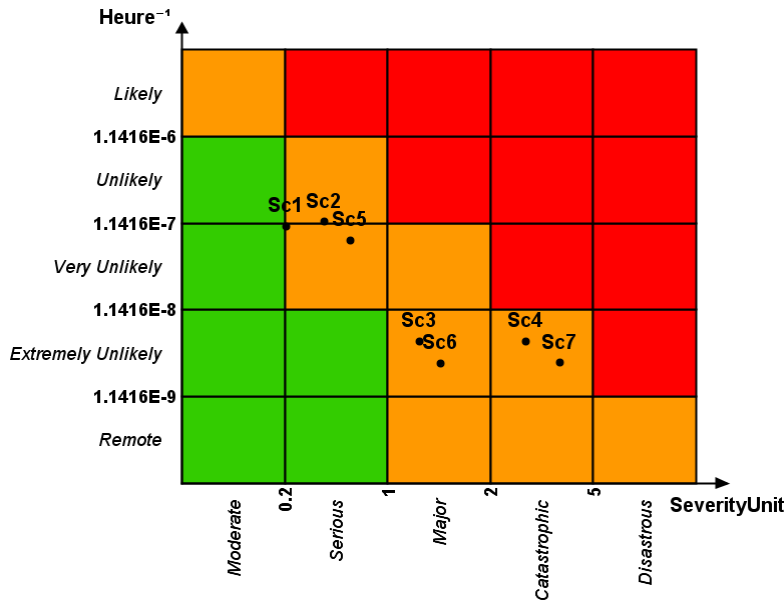
U(t)	W(t)		
Système	Moyenne	Moyenne	Max
HE	1.33E-7	[9.07E-9,4.77E-7]	3.41E-7
Sc1	4.13E-8	[2.53E-9,1.45E-7]	1.06E-7
Sc2	5.23E-8	[3.36E-9,1.85E-7]	1.34E-7
Sc3	2.96E-9	[6.79E-11,1.08E-8]	7.55E-9
Sc4	2.96E-9	[6.5E-11,1.08E-8]	7.54E-9
Sc5	3.44E-8	[2.2E-9,1.26E-7]	8.8E-8
Sc6	1.94E-9	[4.5E-11,7.04E-9]	4.96E-9
Sc7	1.94E-9	[4.37E-11,7.29E-9]	4.95E-9



## Résultats

- option « Macro » activée
  - les moyennes sont plus grandes de 0% à 5%
  - les bornes sup. sont plus petites de 6% à 17%

Synthèse			
U(t)	W(t)		
Système	Moyenne	Moyenne	Max
HE	1.39E-7	[2.17E-8,3.97E-7]	3.62E-7
Sc1	4.24E-8	[6.36E-9,1.27E-7]	1.11E-7
Sc2	5.35E-8	[8.12E-9,1.59E-7]	1.4E-7
Sc3	2.98E-9	[1.35E-10,1.01E-8]	7.76E-9
Sc4	2.97E-9	[1.35E-10,1E-8]	7.74E-9
Sc5	3.58E-8	[5.35E-9,1.05E-7]	9.33E-8
Sc6	1.99E-9	[8.56E-11,6.64E-9]	5.2E-9
Sc7	1.98E-9	[8.47E-11,6.65E-9]	5.18E-9



# IV. CONCLUSIONS

IV.1. Quelles analyses ?

IV.2. Quelles améliorations ?

## IV.1. QUELLES ANALYSES ?

### Pourquoi effectuer des analyses d'incertitudes ?

- pour tester la « validité » d'une EPR
- parce que les données d'entrée sont (forcément) incertaines
- parce qu'un résultat sans précision sur l'incertitude est inexploitable
- parce que les nouvelles normes (CEI 61508, CEI 61511, ...) l'imposent
- parce que nous disposons d'outils permettant de le faire

### Comment réaliser les analyses d'incertitudes ?

- avec un logiciel qui permet de le faire (e.g. GRIF)
- l'approche « 1 utilisation de paramètre = 1 tirage » est probablement la plus utilisée, mais pas la plus juste !
- l'approche « 1 paramètre = 1 tirage » implique des résultats moins optimistes en termes d'incertitudes

## IV.2. QUELLES AMÉLIORATIONS ?

### Aspects « graphiques »

- représentation des EPR en « nœud papillon »
- représentation des incertitudes dans les matrices de risque

### Prise en compte des incertitudes

- ajout de nouvelles lois pour les incertitudes (lois utilisées pour le REX)
- modélisation des incertitudes de modèle



# MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Vos questions sont les bienvenues