

Analyse et gestion de risque

Risk Analysis and Management

**Semaine 4 : Méthodes d'analyse de risque
(partie II)**

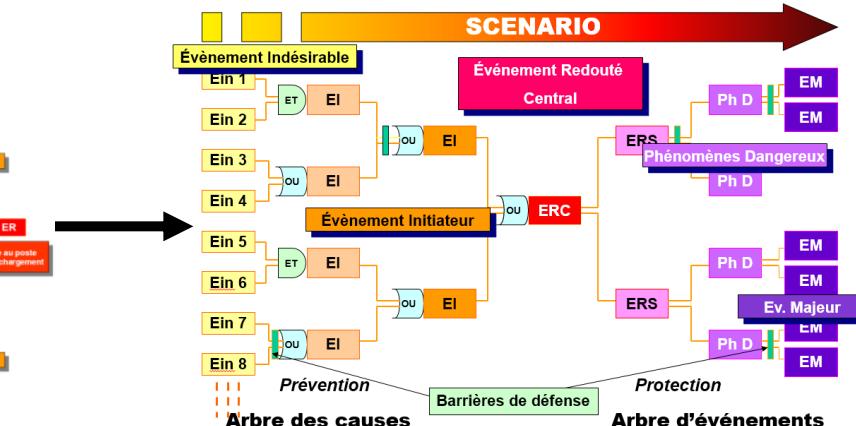
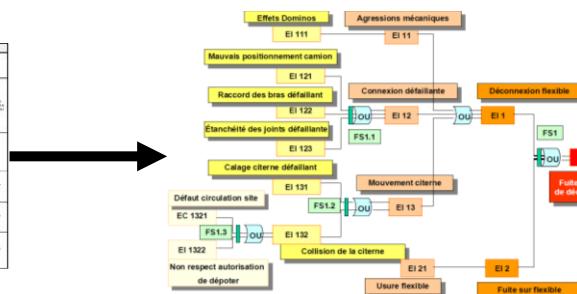
Chapitre 2/2

Arbres des événements

Préambule :

- Arbre des événements **≠** des autres méthodes d'analyses de risques / ne fournit pas les mêmes types de résultats
- Premier pas vers construction de **scénarios** associés à des **calcul de gravité**
- Dans cette phase, l'état des paramètres contextuels / état des barrières va permettre de différencier **les gravités** (différentes branches)

Numéro d'ordre	Description	Appréciation du risque			Évaluation du risque		
		Risque	Activité déclencheuse	Risque(s) déclencheur(s)	Risque(s) déclencheur(s)	Évaluation de l'effet	Évaluation du risque
1	Incendie dans la citerne	Haute	Incendie dans la citerne	Incendie dans la citerne	Incendie dans la citerne	Haute	Haute
2	Incendie dans la citerne	Haute	Incendie dans la citerne	Incendie dans la citerne	Incendie dans la citerne	Haute	Haute
3	Incendie dans la citerne	Haute	Incendie dans la citerne	Incendie dans la citerne	Incendie dans la citerne	Haute	Haute
4	Incendie dans la citerne	Haute	Incendie dans la citerne	Incendie dans la citerne	Incendie dans la citerne	Haute	Haute



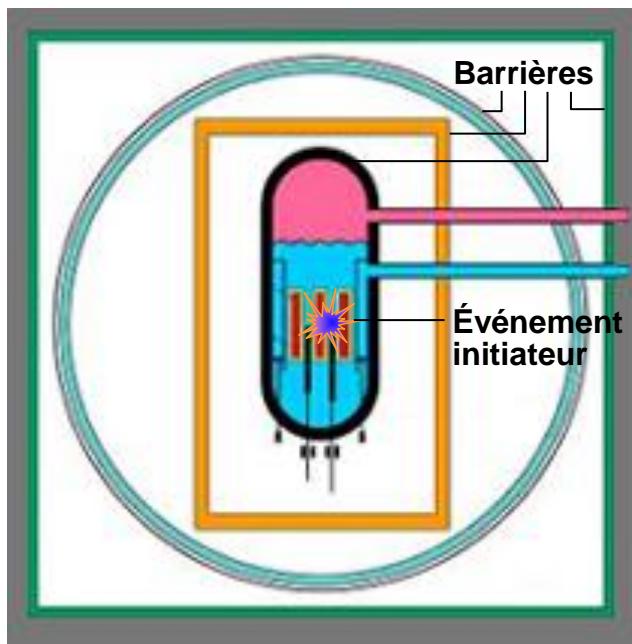
Analyse de risques
(AMDEC,
HAZOP...)

Arbres des causes

Arbres des causes +
arbre des
événements

Principes de base

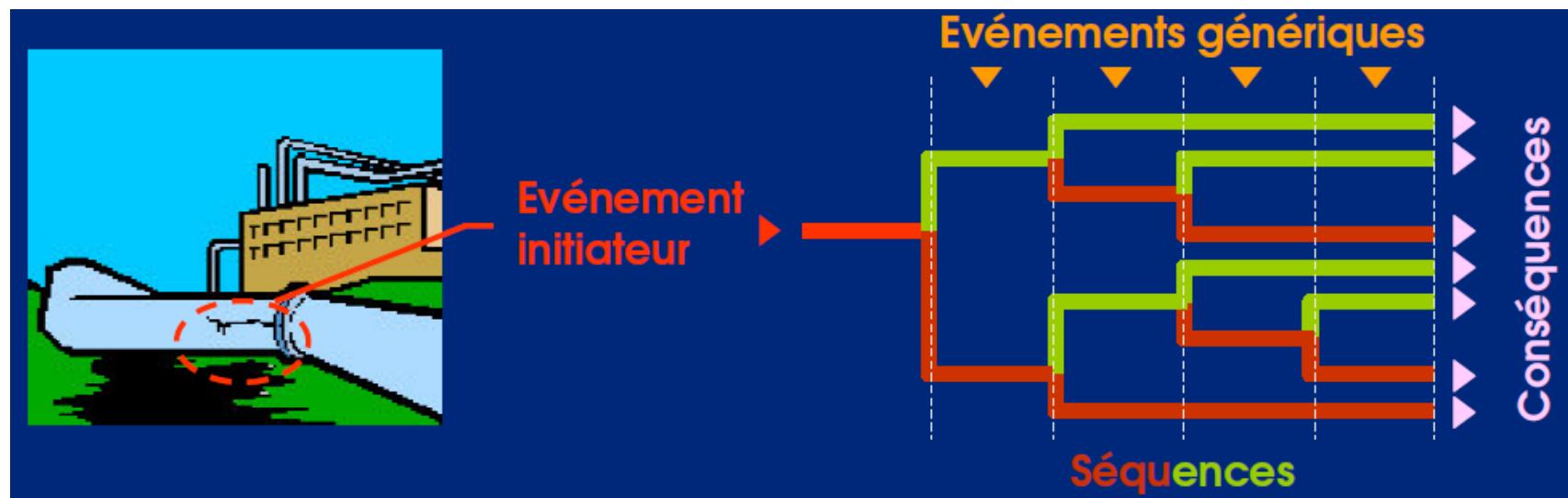
L'arbre des événements est une méthode **inductive** qui permet d'identifier les **situations accidentelles** possibles résultant d'un **événement redouté**, en prenant en compte le fonctionnement ou non de barrières de sécurité



Le point de départ – ***l'événement redouté*** – est un événement qui impacte l'exploitation normale du système

En étudiant tous les **événements redoutés potentiels** (identifiés par une APR, AMDEC....), l'arbre des événements est utilisé pour identifier les **"scénarios" possibles** = séquences d'accidents potentiels

Un arbre d'événements = **représentation graphique** qui permet d'identifier et de quantifier les occurrences de scénarios accidentels



Historique



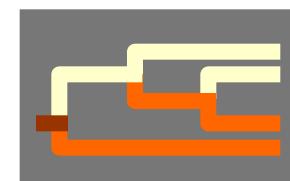
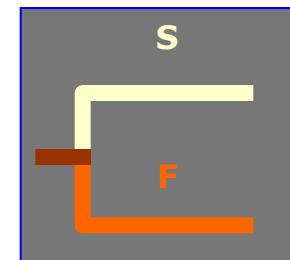
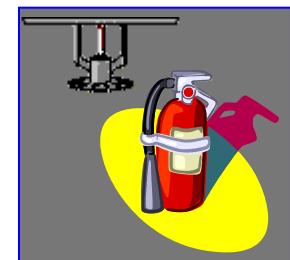
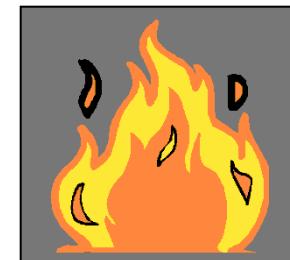
Norman Carl
Rasmussen
(MIT)

L'approche de l'arbre d'événements a été utilisée entre 1972 et 1975 dans l'évaluation des risques associés à l'exploitation des centrales nucléaires aux USA (rapport Rasmussen)



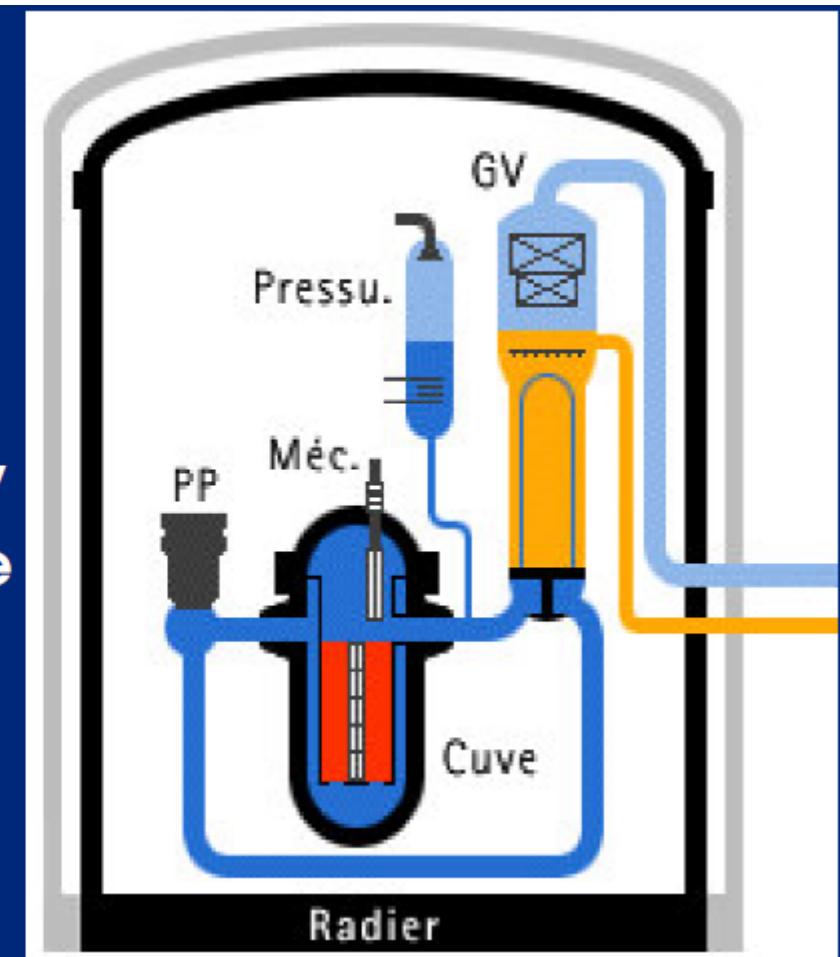
Étapes principales

- ▶ Définition de l'événement redouté : p.ex. défaillance d'un sous-système ou événement extérieur
- ▶ Recensement de tous les systèmes de sécurité / paramètres contextuels qui peuvent jouer un rôle suite à l'événement
- ▶ Structuration séquentielle de l'action de ces systèmes de protection / éléments contextuels
- ▶ Combinaison des états des systèmes de sécurité : Succès **S** ou défaut **F**, dans un arbre de décision logique → séquences d'accidents associées
- ▶ Description des accidents résultant de ces séquences
- ▶ Calcul des probabilités conditionnelles des branches et des fréquences d'occurrence des accidents possibles



Exemples d'événements redoutés possibles (domaine nucléaire) :

- pertes de réfrigérant primaire (RP)
- pertes de RP hors enceinte (LOCA)
- rupture de tube de GV
- rupture de tuyauterie secondaire
- perte totale de la source froide
- perte totale de l'alimentation des GV
- perte tot. de l'alimentation électrique
- transitoires + échec arrêt d'urgence
- transitoires primaires et secondaires
- perte de sources électriques et d'air comprimé



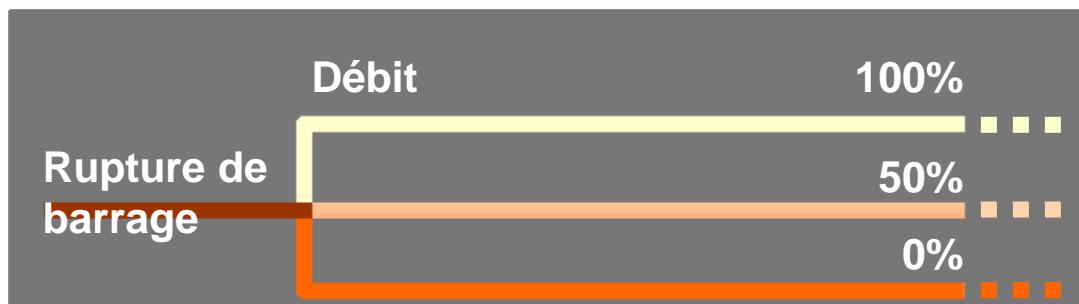
Barrières / fonctions de sécurité



Les barrières de sécurité peuvent être physiques ou humaines.

La plupart du temps, 2 alternatives dans les arbres : “S” ou “F”

Cependant, il est possible d'introduire différentes branches...



Exemples de barrières :

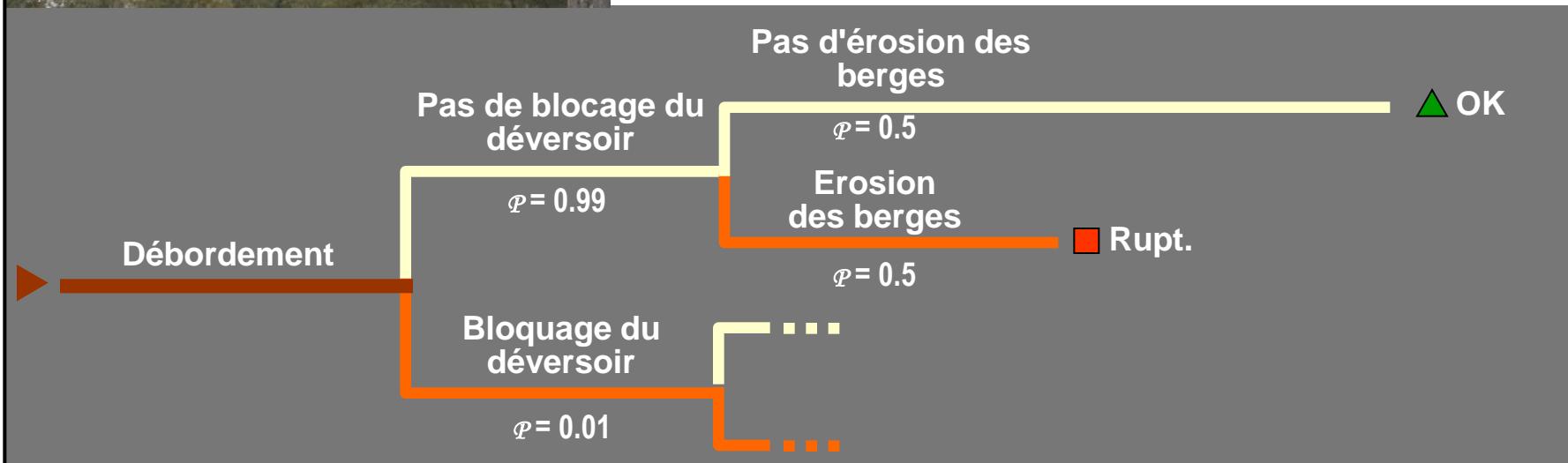
- Systèmes de détection (ex. feu)
- Systèmes de sécurité automatique (ex. Sprinkler)
- Systèmes d'alarme
- Procédures et actions humaines
- Barrières de protection



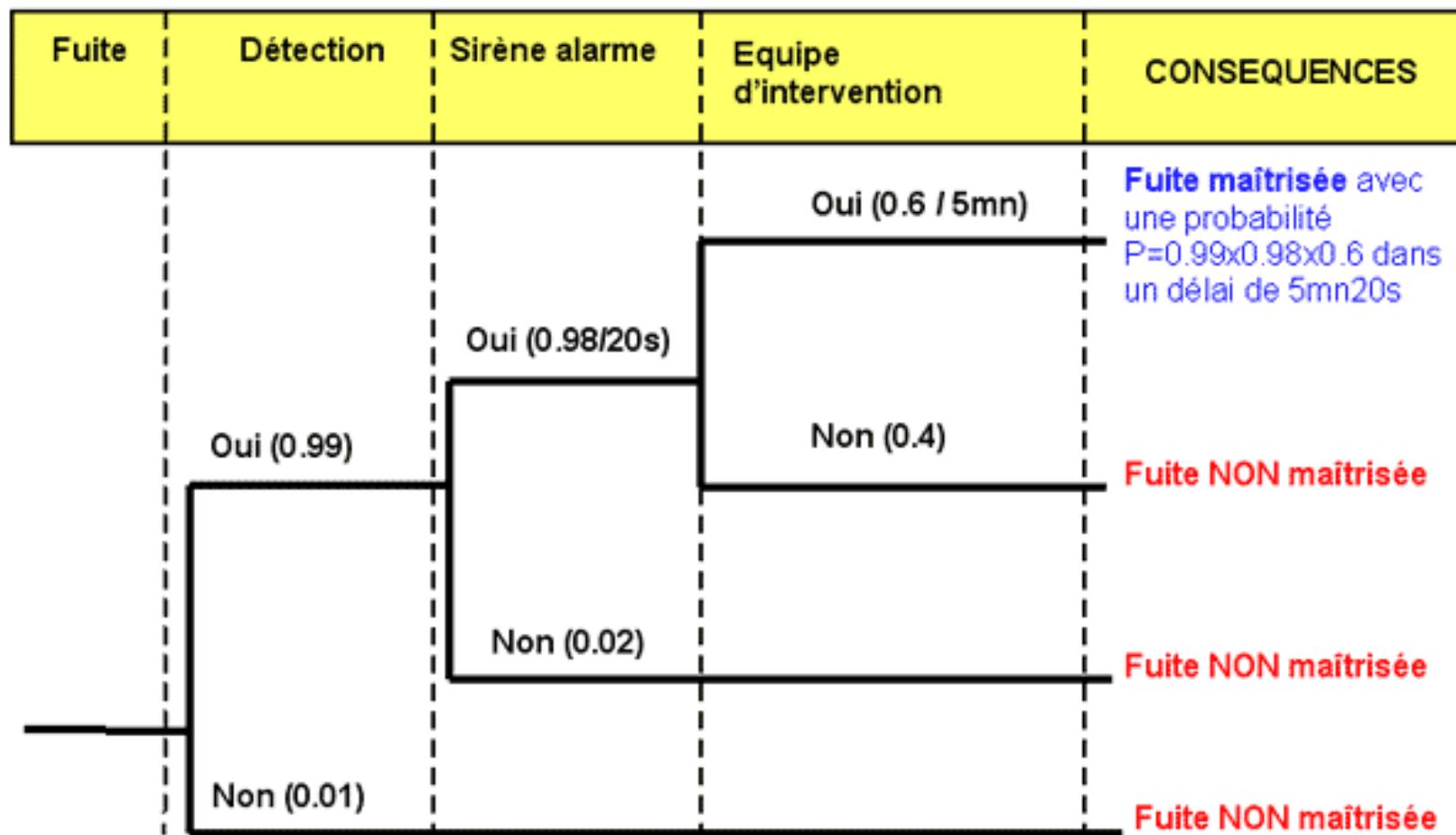
Construction de l'arbre des événements



**Exemple : risque de débordement
(barrage)**



Construction de l'arbre des événements - Exemple

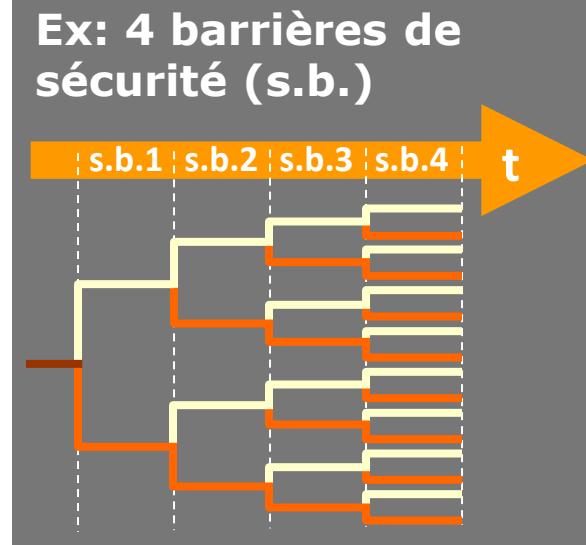


Réduction des arbres d'événement (simplification)

3 facteurs permettent une réduction :

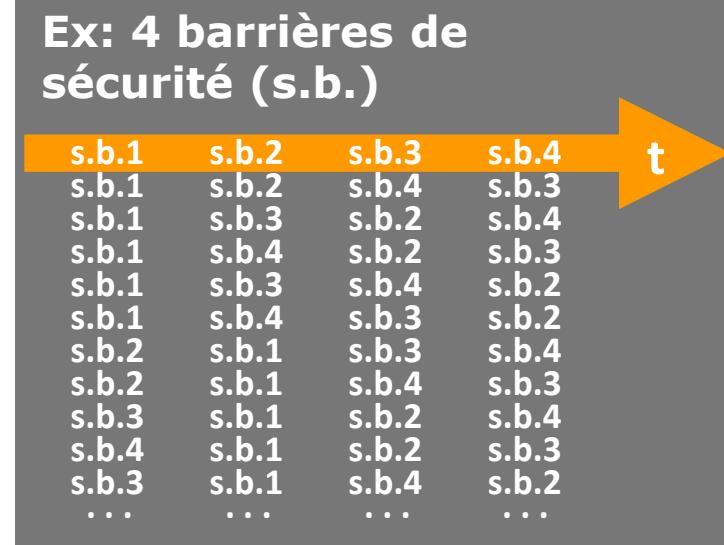
1. Le temps

Ordre d'intervention des barrières de sécurité



16 séquences

Pas d'enchaînement dans le temps des barrières

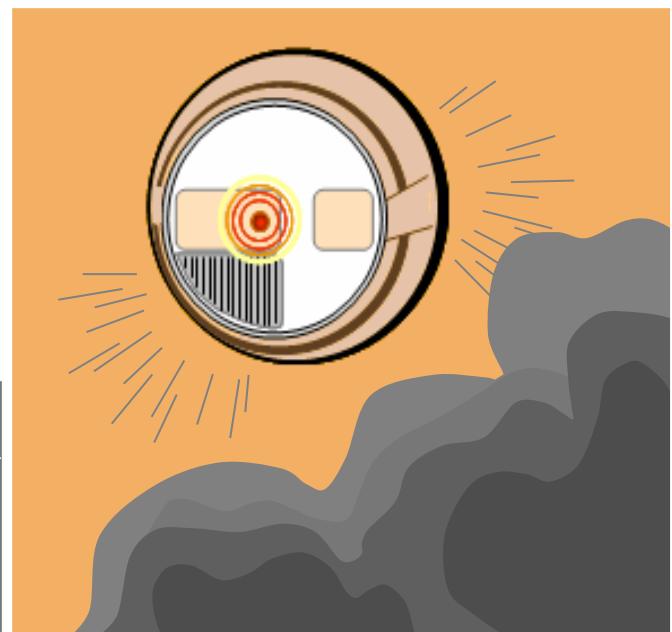
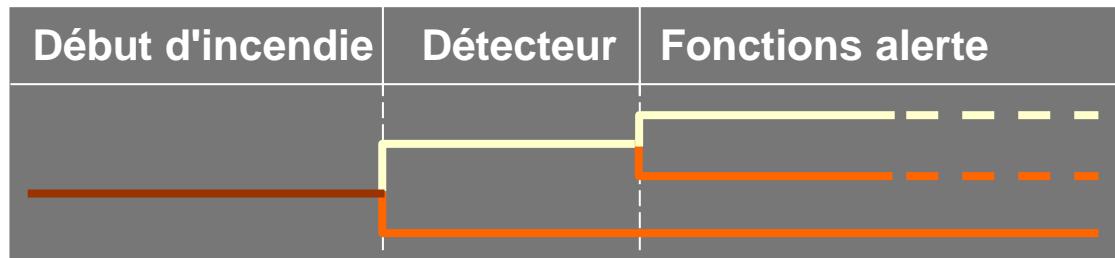


$4! = 24$ permutations $\Rightarrow 24 \times 16 = 384$ séquences (!)

2. Les relations fonctionnelles

Incompatibilité et dépendance entre fonctions permettent de supprimer un grand nombre de séquences

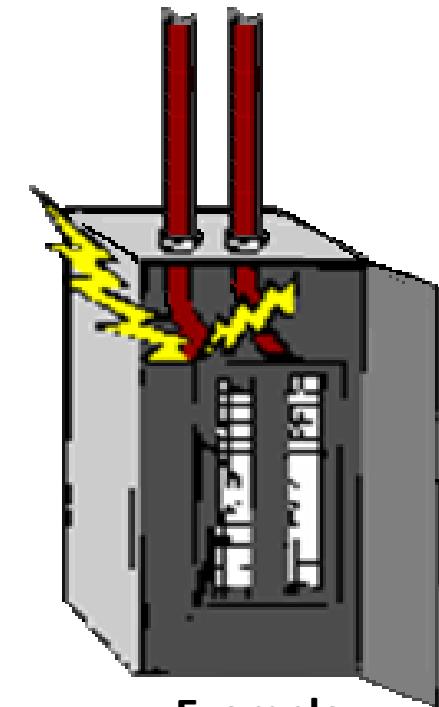
Par exemple : la défaillance d'un système (ici un détecteur de fumée) qui conduit nécessairement à la défaillance de la fonction de sécurité correspondante (alerte)



3. Modes communs de défaillance

Si l'analyse révèle l'existence d'un système **commun** à différentes barrières, ce système doit être introduit **en premier (à gauche)**

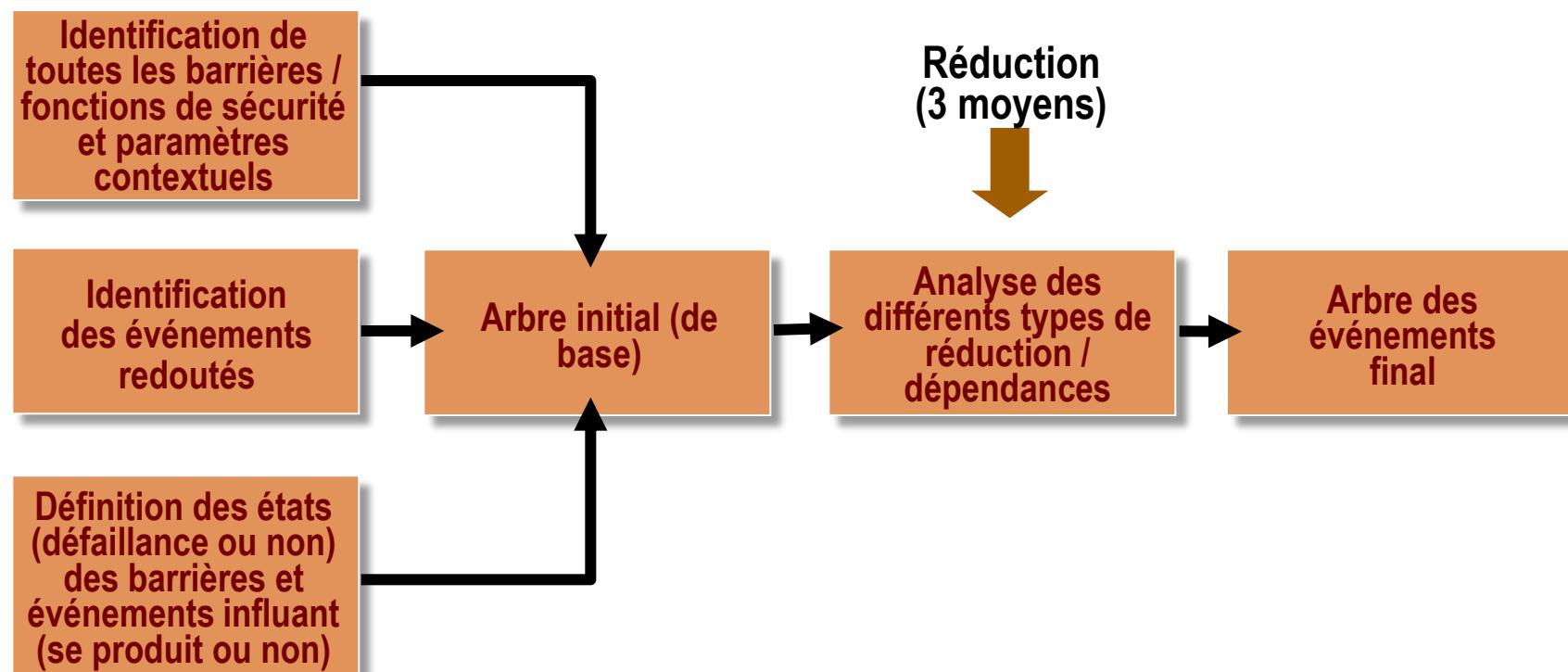
Négliger ces dépendances peut conduire à des **erreurs** dans l'analyse qualitative et quantitative (sous-estimation des probabilités d'occurrence de certains événements ou séquences)



Exemple:
Alimentation électrique

Construction de l'arbre d'événement

Résumé, étape par étape

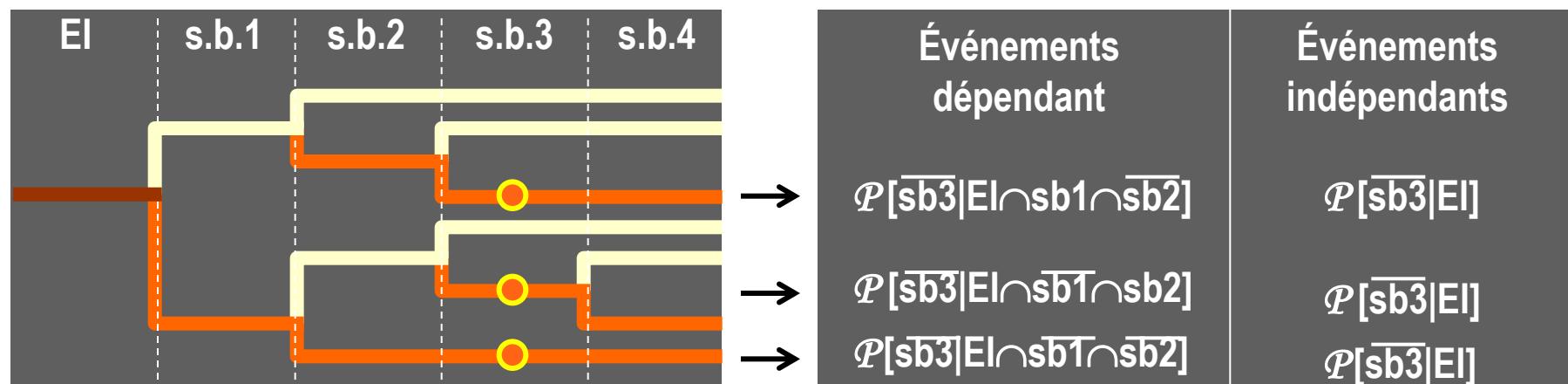


Analyse quantitative de l'arbre des événements

Calcul des **fréquences d'occurrence / probabilités** des branches

Simple si toutes les branches correspondent à des événements **indépendants**

Lorsque ce n'est pas le cas, les probabilités à considérer sont des **probabilités conditionnelles** → amplifie le nombre de données à collecter :



Exercices 4.2 & 4.3

Arbre des causes et

arbre des conséquences

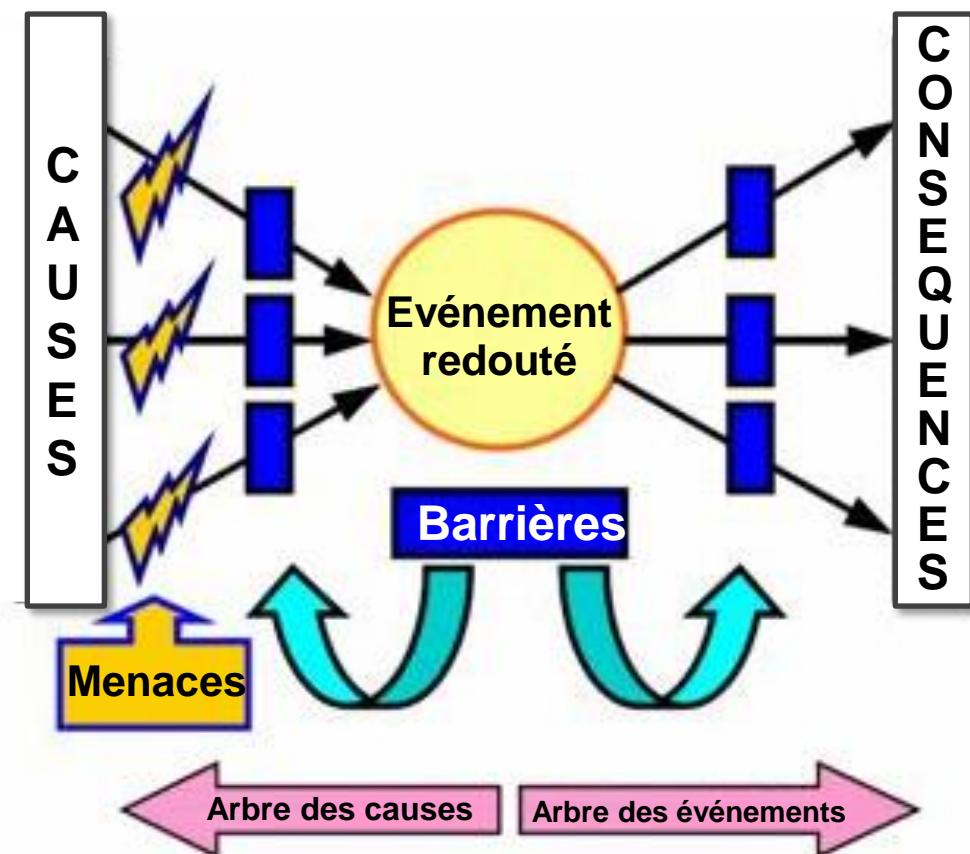
Exercice bonus 4.4

Noeud papillon

Le nœud papillon

La technique du **nœud papillon** est une approche graphique permettant l'analyse des scénarios de dangers, l'identification de leurs **causes** et **conséquences**, avec prise en compte des **barrières** de sécurité et de leur **efficacité / fiabilité**

Elle combine les deux approches de l'**arbre des causes** et de l'**arbre des événements**

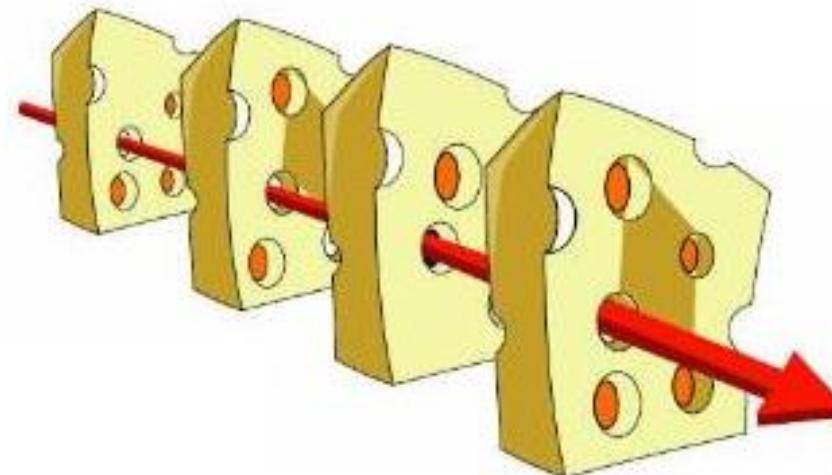


Plus le **nombre** et
l'efficacité/fiabilité des
barrières mises en œuvre
est important, moins la
fréquence du scénario
accidentel est important.

Dans la pratique, aucune
barrière ou combinaison
de barrières peut être
considérée comme fiable
à 100 %

→ Les critères d'acceptabilité du risque peuvent être
développés sur la base du **nombre de couches** successives de
barrières et leur **robustesse / efficacité**

Dangers



Dommages

Retour sur la procédure générale de gestion des risques

A l'issue de l'analyse des risques → nœud papillon, les **situations accidentelles** sont **identifiées** et leur fréquence quantifiée

→ Il reste à déterminer la **gravité / dommages** de ces situations accidentelles pour quantifier pleinement le risque = **ESTIMATION DES RISQUES**

