

# Analyse des risques à base de modèle avec simulation MC

Abed Safadi  
Jean Marie FLAUS

---

# Plan

A) La démarche approche systémique à base de modèle outillée avec XRisk

B) Application au réacteur chimique

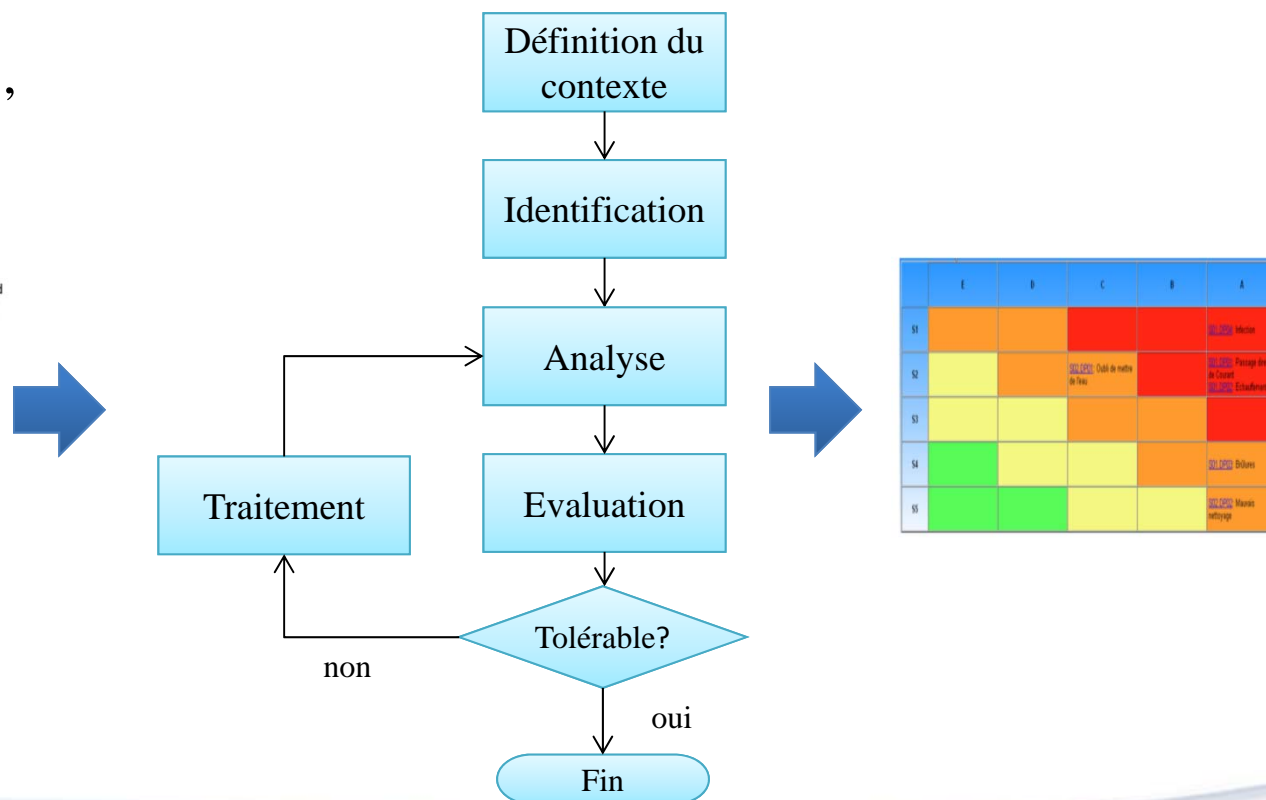
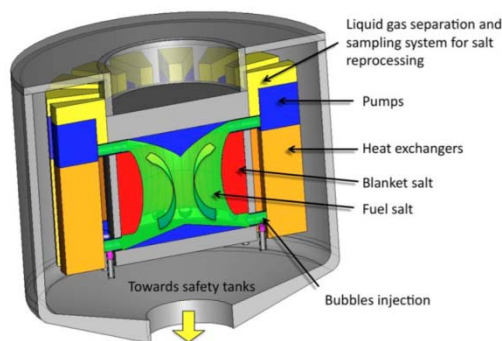
C) Combinaison du modèle dysfonctionnel avec la simulation dynamique

D) Conclusion et perspectives

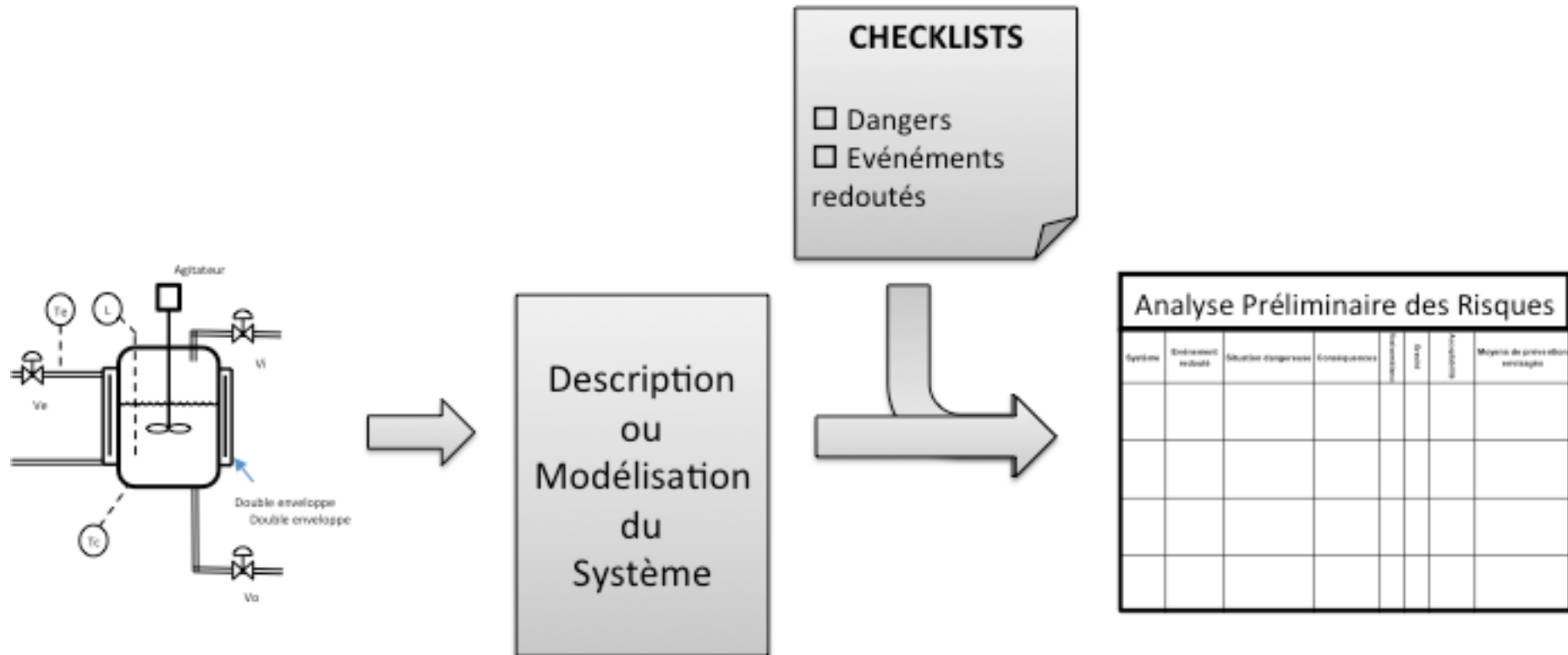
# Démarche générale de l'analyse de risque

Un risque pour une entité peut être défini comme l'éventualité de l'occurrence d'un événement (incertain) qui peut entraîner des conséquences dommageables (effet négatif sur les objectifs de santé, sécurité, production..).

Pour réduire les risques ,  
analyse à priori

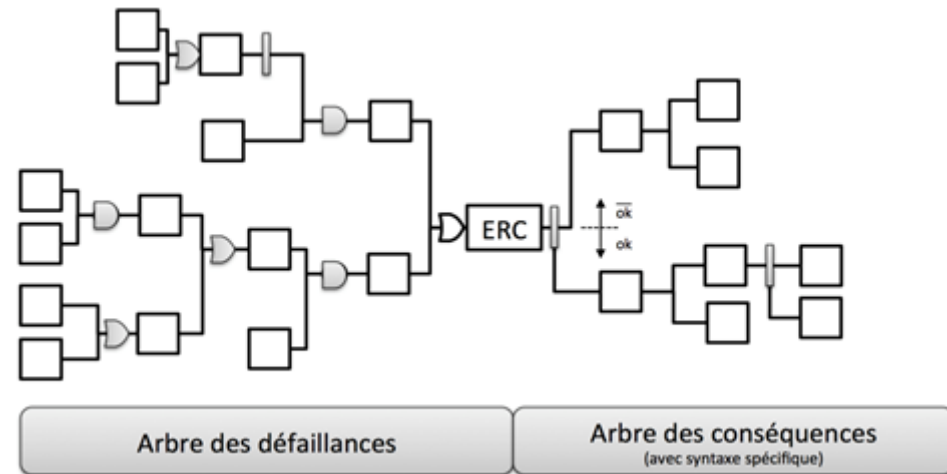
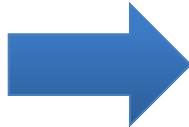


# Etape 1 : Identification



## Etape 2 : Analyse

Analyse Préliminaire des Risques						
Système	Événement redouté	Situation dangereuse	Conséquences	Vulnérabilité	Gravité	Acceptabilité



Analyse, calcul probabiliste

## Etape 3 : Evaluation

Chaque scénario de risque est évalué

	E	D	C	B	A
S1					S01.CP04 Infection
S2			S02.CP01 Oubli de mettre de l'eau		S01.CP01 Passage direct de Courant S01.CP02 Echauffement
S3					
S4					S01.CP03 Brûlures
S5					S02.CP02 Mauvais nettoyage

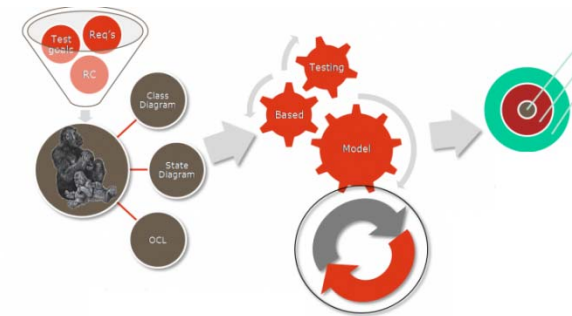
# Les difficultés

- L'analyse préliminaire sous forme de table n'est pas bien organisée, car le texte est libre
- La construction des arbres dans l'étape nécessitent de repartir de zéro
- Les modifications faites sur une représentation n'entraînent pas la mise à jour de l'autre

→ Approche pilotée par modèle basée sur le logiciel Xrisk

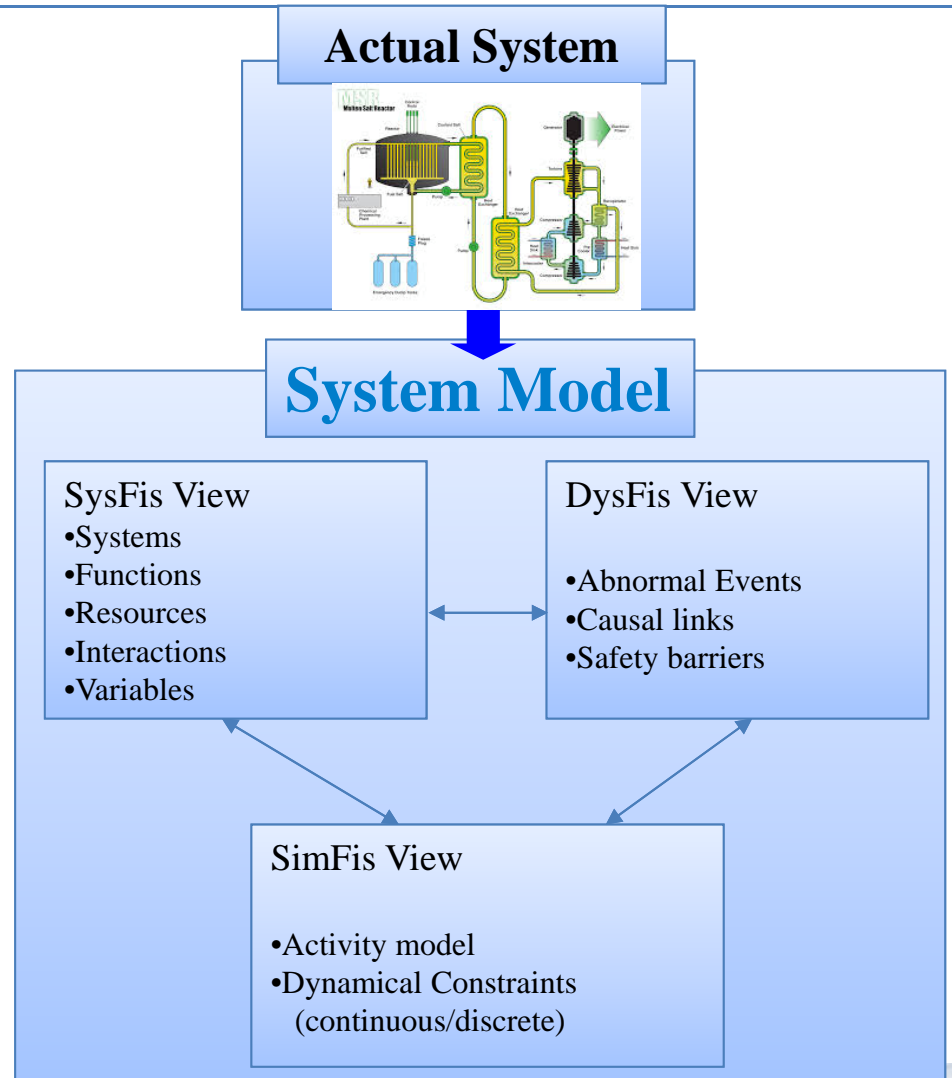
Représentation par un Document

→ Représentation par un Modèle



# Overview of the proposed modeling approach : FIS

- The system to analyze is described by entities modeled with three views
  - Systemic view
  - Dysfunctional view
- Modular and Hierarchical : each system may be decomposed in subsystems

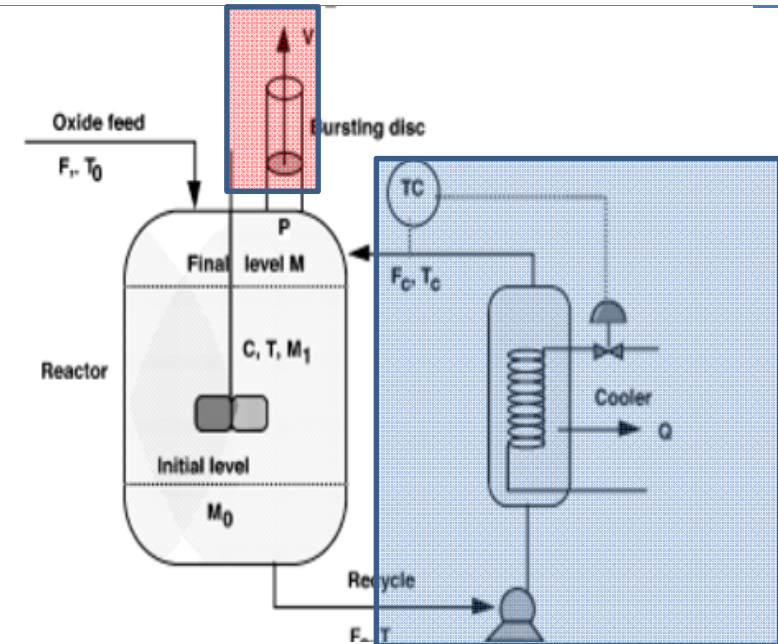




# Application au réacteur chimique

## System's description

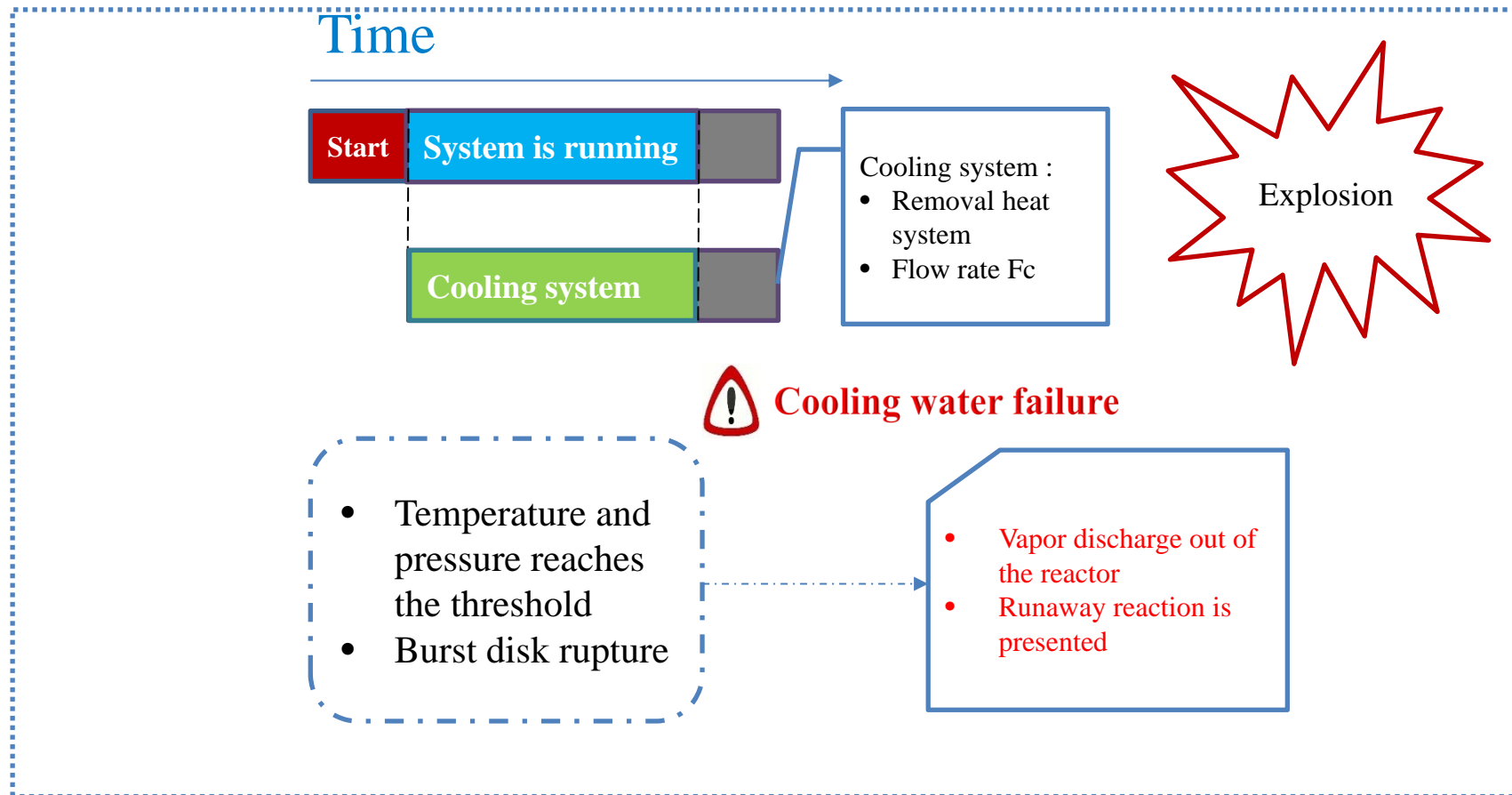
- Systems characteristics
  - Highly exothermic process that is carried out by high pressures
  - External heat removal system
  - Burst disk
  - Parameters of the system:
    - M: total mass in the reactor
    - MC: oxide mass in the reactor
    - TR: temperature in the reactor
    - X: the mass of oxide reacted
    - Open: status of the burst disk
    - V: vapor discharge rate



Polymerization reactor with its cooling unit

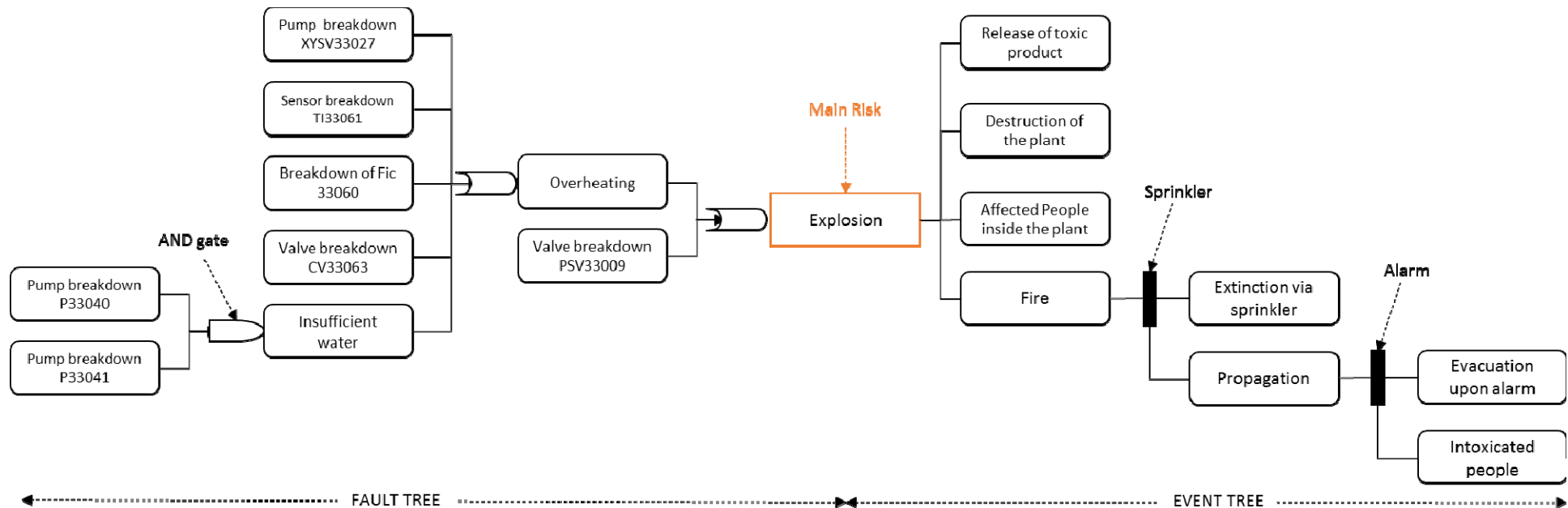
# Cas d'étude: système de refroidissement

## Simulations based on fixed time of failure



# Analyse de risque détaillée

## Arbre de défaillance



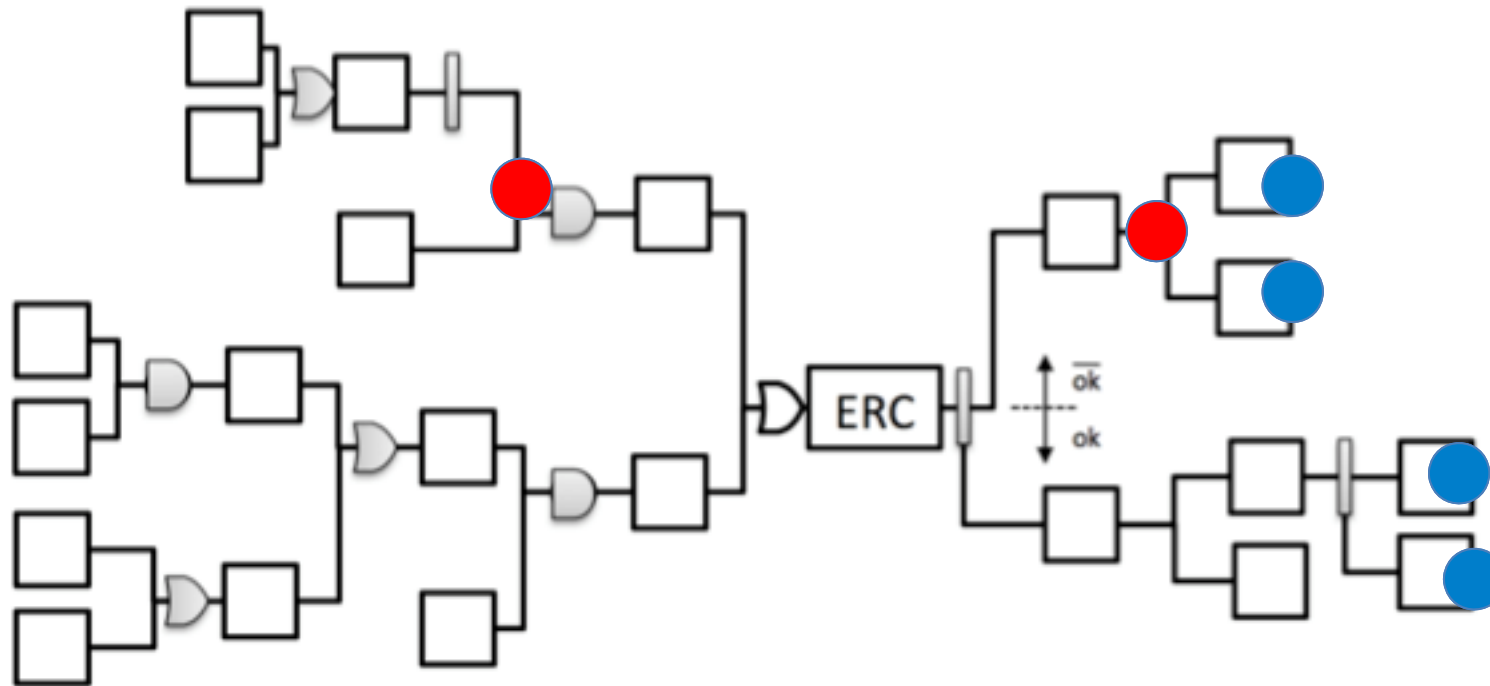
# Combinaison du modèle dysfonctionnel avec la simulation dynamique

---



- Simulation dynamique permet d'avoir des informations sur l'état du système (réacteur) à chaque instant  $T$ .
- Le chemin de propagation des défaillances varie en fonction de l'état du système à chaque instant  $T$ .
- L'intensité des effets varie en fonction de la variation des défaillances.

# Problématique



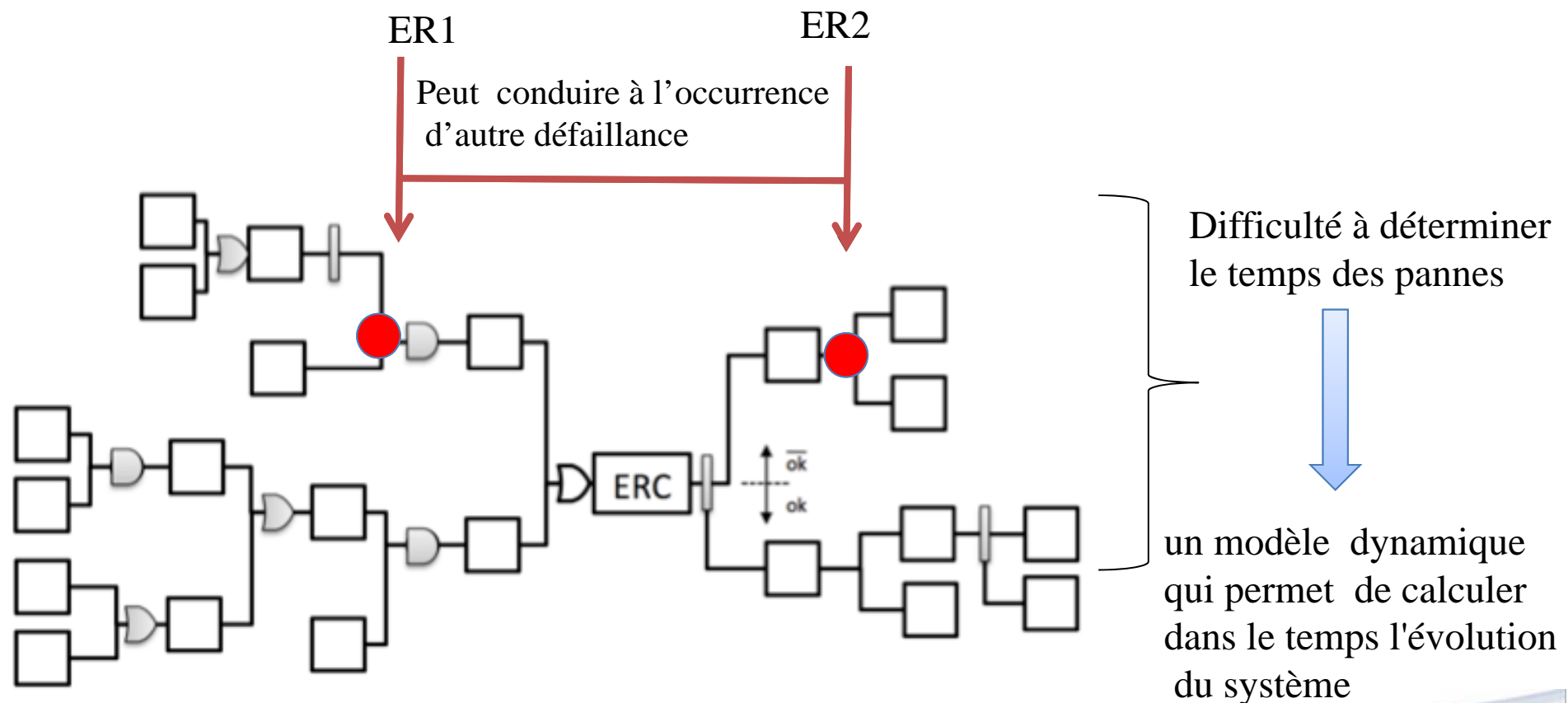
Propagation des événements  
Calcul de l'intensité des effets



# Problématique 1 : Propagation des événements

Evènements redoutés très peu probables (l'installation du réacteur n'est pas encore réalisée)

→ Probabilité de défaillance imprécis

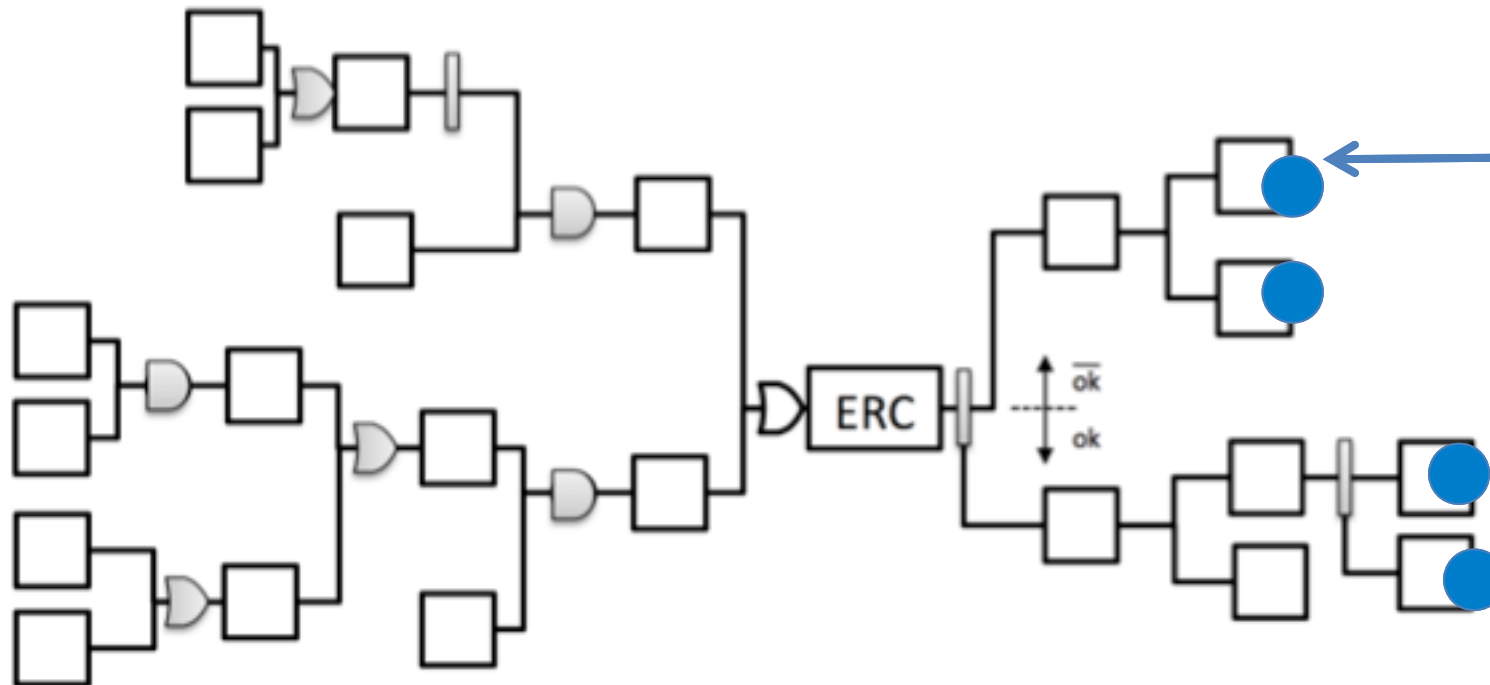


# Problématique 2: Calculer l'intensité des effets

L'intensité des effets liée à l'évolution de l'état du réacteur (Ex : dispersion toxique, nucléaire...)



Modèle dynamique qui estime la quantité de masse relâchée en fonction du temps



Un modèle détaillé (physique) est nécessaire pour calculer les effets

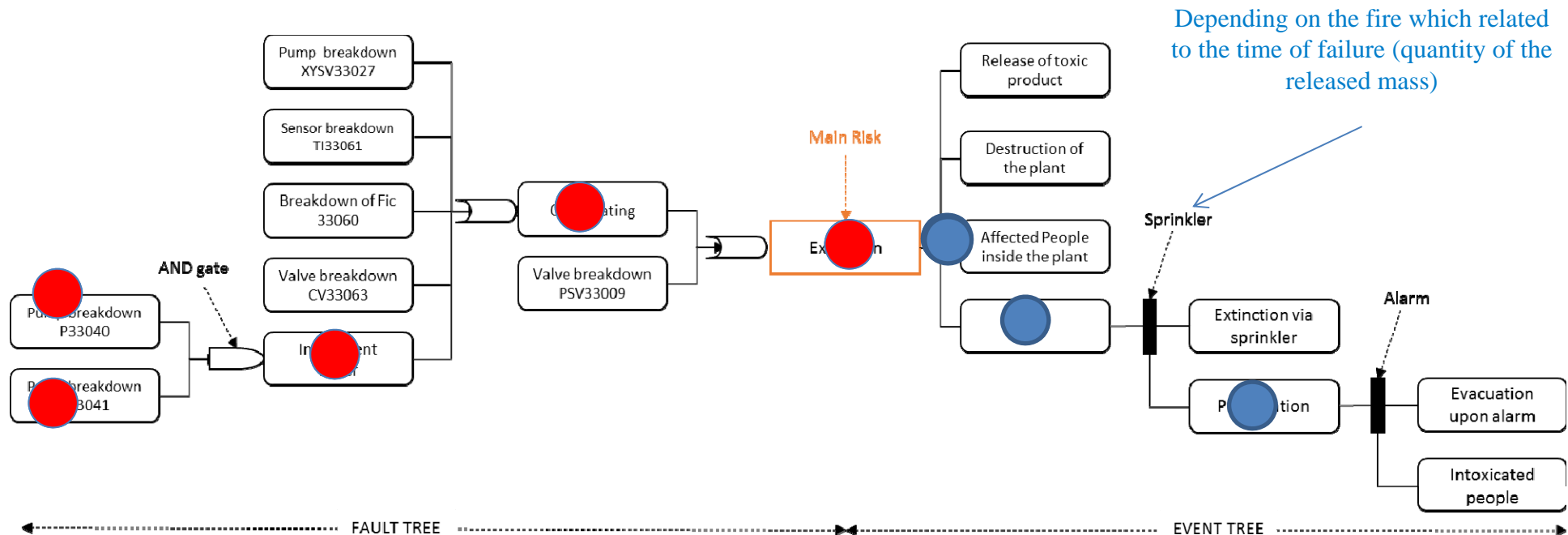
## Solution proposée

---

- Approches probabilistes pour déterminer le temps de pannes (Monte Carlo)
- Les techniques de simulation Monte Carlo sont utilisées pour simuler des systèmes déterministes avec des paramètres ou des entrées stochastiques en utilisant **des lois de distribution**.



# Example : Propagating of failures in bow-tie analysis



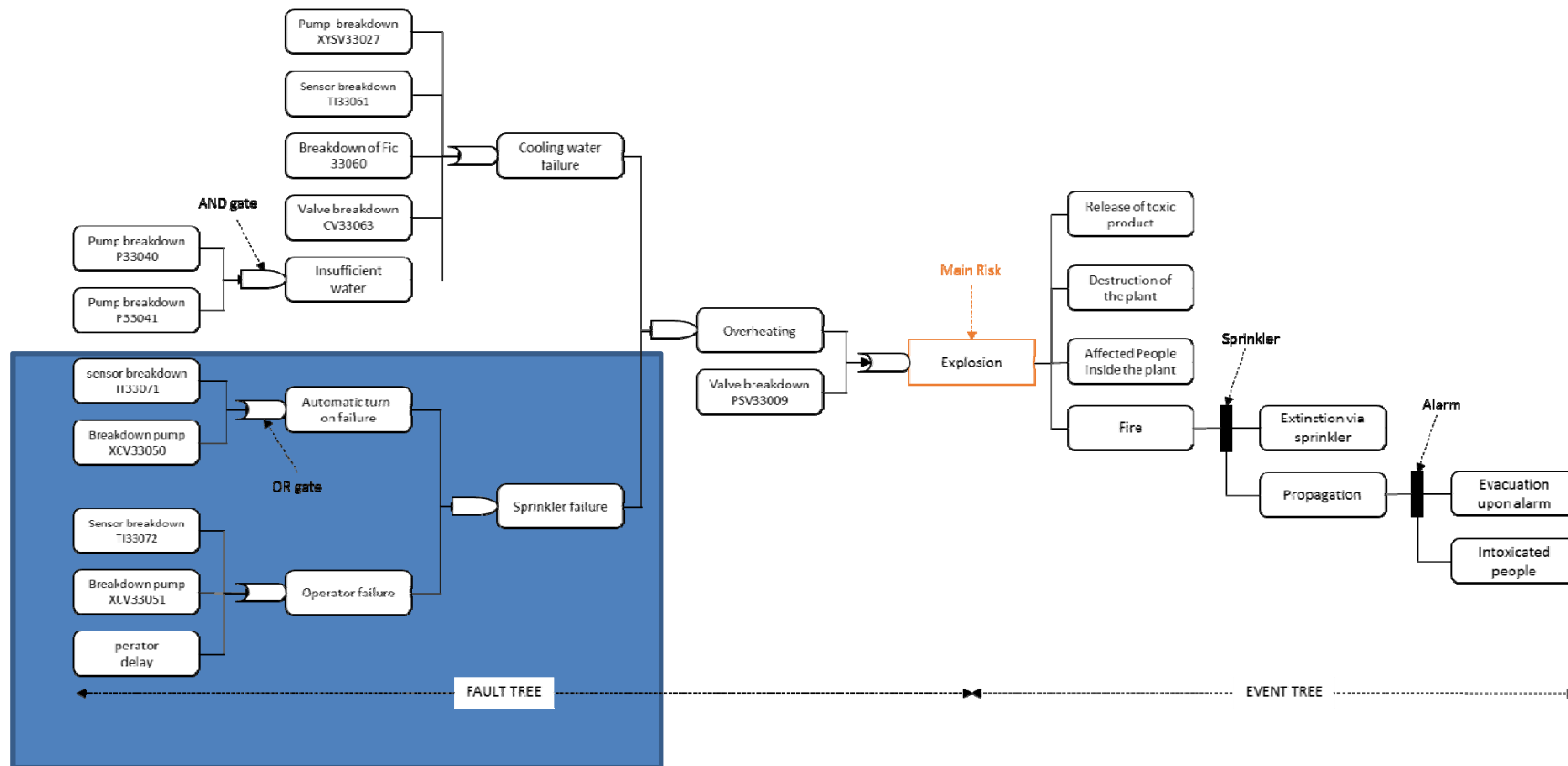
Failure of pump 1 & 2

Abnormal increase  
of the temperature  
and pressure

Indesired event

Consequences

# Adding Sprinkler system



# Exemple sur la dynamité du système



Un modèle dynamique aide à préciser comment les défaillances se propagent

Ex : Défaillance du système de refroidissement à  $t=10s$  et à  $t=80s$ .

si à  $t=10s$ , l'échangeur du chaleur tombe en panne avec température  $<140^{\circ}C$  du milieu réactionnel  $\rightarrow$  système d'aspersion d'eau capable à baisser la température  $\rightarrow$  arrêt de réacteur

Si à  $t=80s$ , l'échangeur tombe en panne avec température  $>200^{\circ}C \rightarrow$  sur chargement du système d'aspersion d'eau  $\rightarrow$  système d'aspersion tombe en panne  $\rightarrow$  augmentation du pression  $\rightarrow$  (explosion, dispersion, ...)

# Conclusion et Perspectives

## □ Conclusion

- L'approche proposée montre une meilleure compréhension de l'évaluation des risques des systèmes dynamiques.
- Les résultats de cette étude peut servir d'aide dans le processus décisionnel liés à la gestion de ce réacteur chimique

## □ Perspectives

- Démarche d'analyse de sureté dédiée au MSFR (xrisk + modélisation de connaissance LSPC)
- Prendre en compte les incertitudes des entrées du modèle étudié.
- Evaluation de l'incertitude sur la sortie du modèle d'effets

