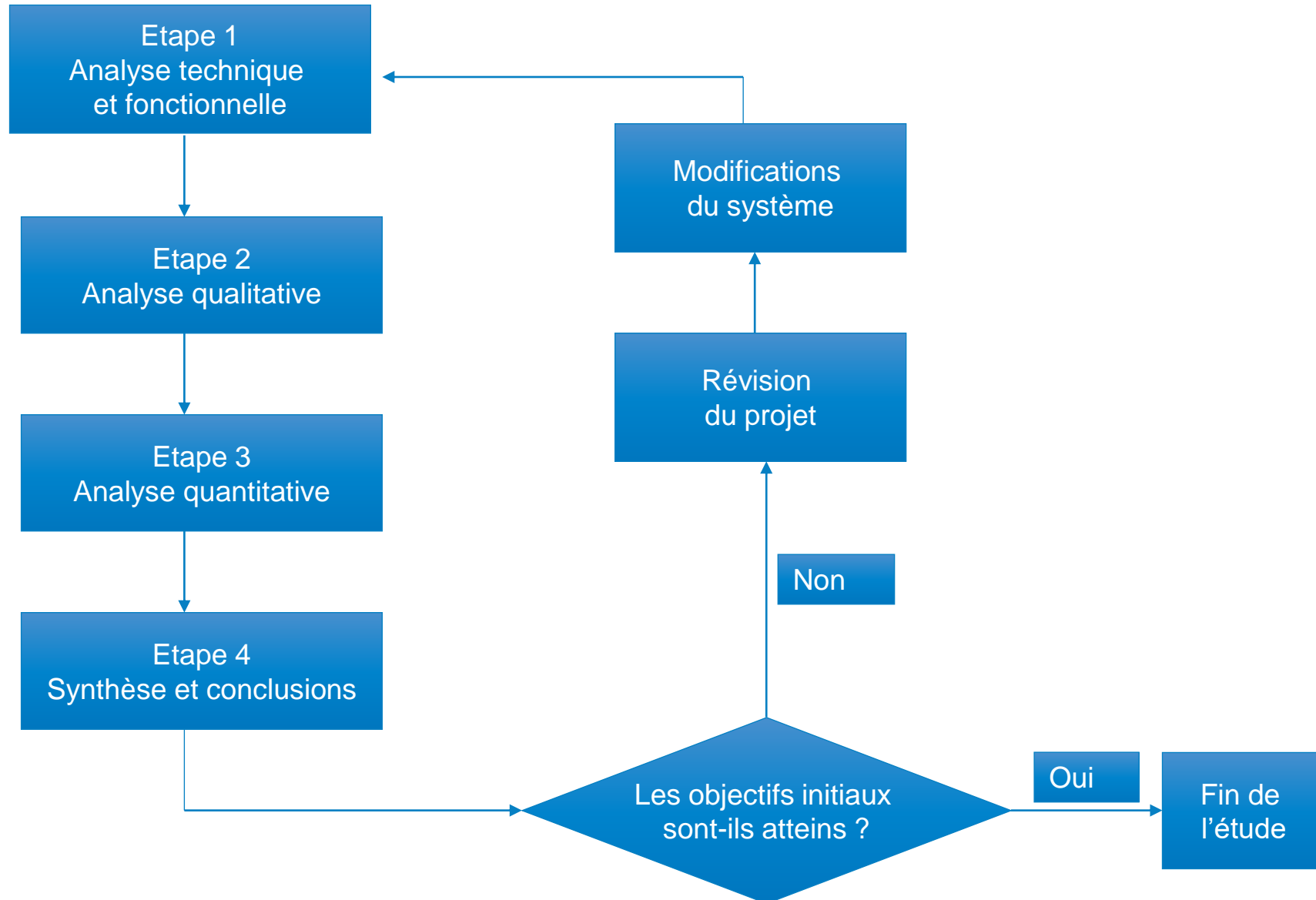


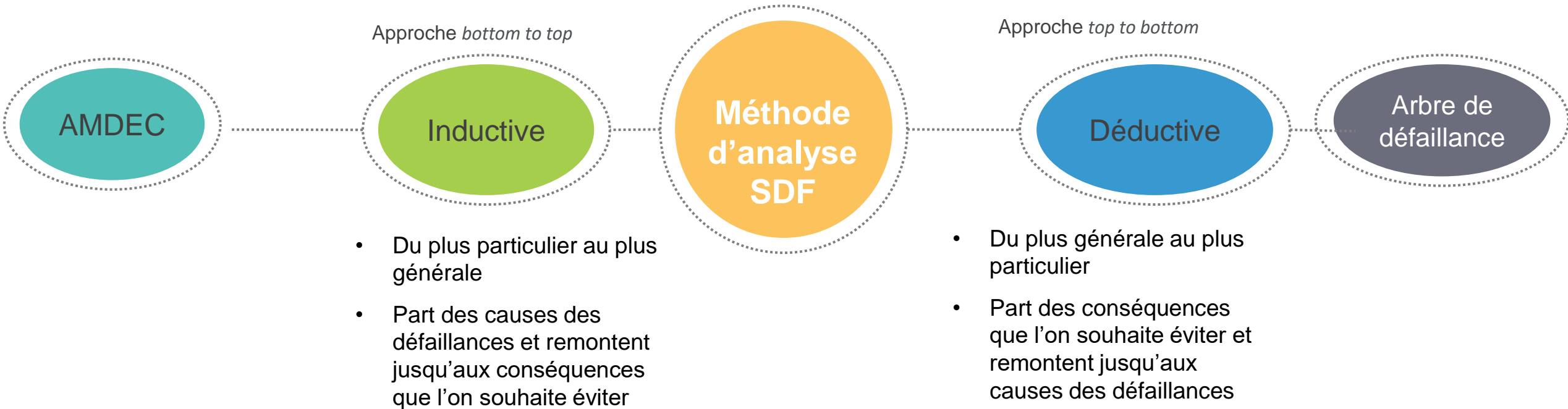


# Méthodes d'analyse de la SDF

### 1. Démarche de l'étude SDF



### 2. Types des méthodes d'analyse



## 2.1 Méthodes inductives

AMDEC

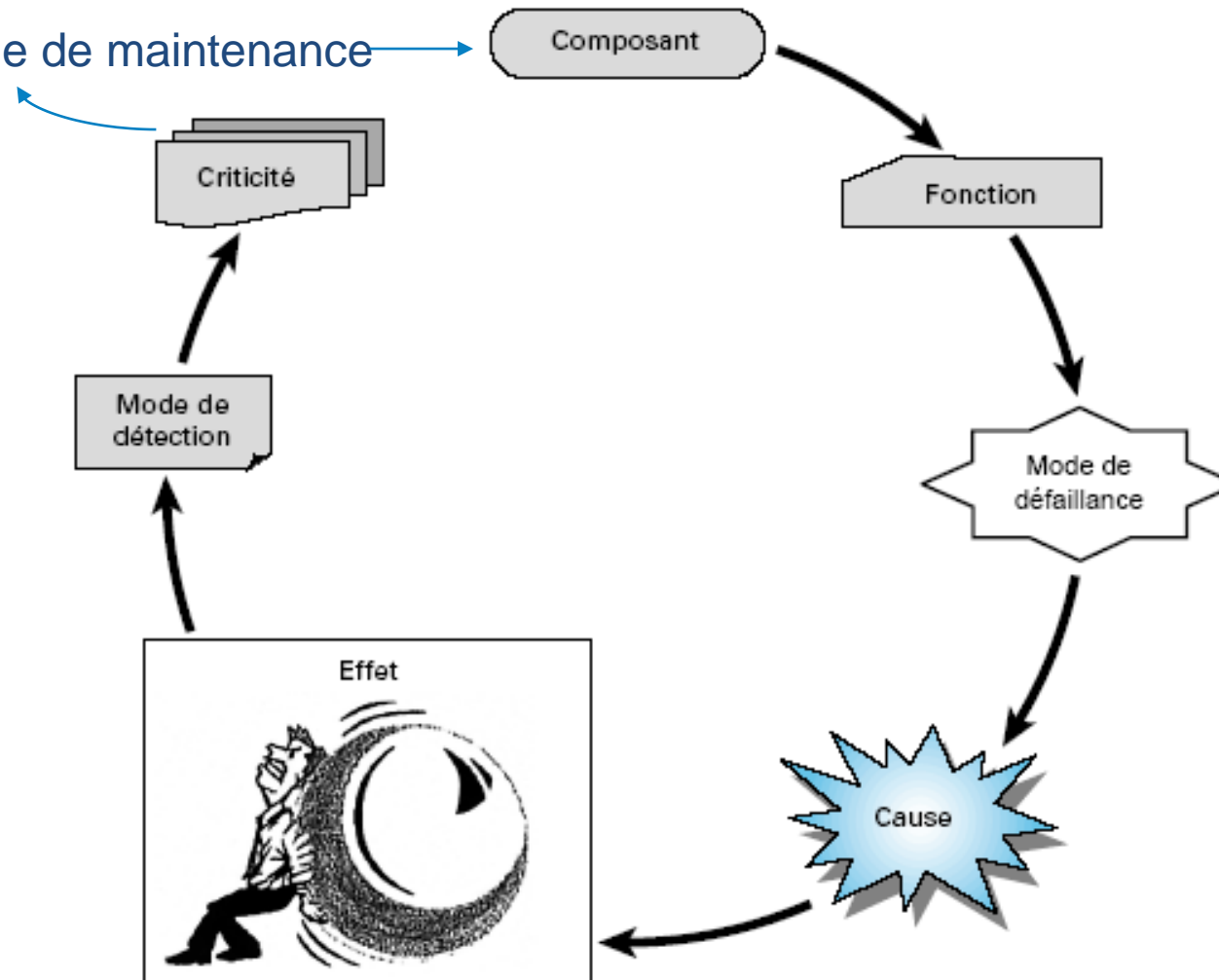
### AMDEC

- Méthode conçue pour l'aéronautique américaine en 1960.
- Devenue aujourd'hui connue dans divers domaines, réglementaire dans les études de sûreté des industries « à risque » (aérospatial, nucléaire, chimie).
- Elle est applicable :
  - à un produit : AMDEC produit,
  - à un processus : AMDEC processus,
  - à un système de production : **AMDEC moyen de production**.
- L'AMDEC est une technique d'analyse prévisionnelle qui permet d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du moyen de production, et d'engager les actions correctives et préventives nécessaires.

### AMDEC

L'objectif est de réaliser une maintenance basée sur la fiabilité (RCM) en :

Etablir un programme de maintenance



### AMDEC

#### LES MODES DE DEFAILLANCE

- C'est la manière dont un système vient à ne pas fonctionner.
- Il est relatif à la fonction de chaque élément.
- Une fonction a 4 façons de ne pas être correctement effectuée :
  - ✓ **Perte de fonction** : la fonction cesse de se réaliser, la fonction ne se réalise pas lorsqu'on la sollicite.
  - ✓ **Fonction dégradée** : la fonction ne se réalise pas parfaitement, altération de performances
  - ✓ **Fonction intempestive** : la fonction se réalise lorsqu'elle n'est pas sollicitée. Exp perturbations (parasites)

Classification des défaillances	Exemples de défauts qualités et de mode de défaillance
Perte de fonction	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Cassure, rayure</li><li>▪ Mauvaise dimension, forme</li><li>▪ Mauvais état de surface</li><li>▪ Déformation</li><li>▪ Défaut d'alignement</li><li>▪ Défaut de positionnement</li><li>▪ Défaut d'assemblage</li><li>▪ Absence de pièce</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Rupture</li><li>▪ Blocage, grippage, coincement</li><li>▪ Obturation</li><li>▪ fuite</li></ul>
Dégradation de fonction de l'élément	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ jeu, mauvais guidage</li><li>▪ frottement</li><li>▪ usure, fatigue, corrosion</li><li>▪ désalignement, excentration</li><li>▪ desserrage, désolidarisation</li><li>▪ colmatage</li><li>▪ contamination</li></ul>

### AMDEC

#### LES CAUSES DE DEFAILLANCE

Il existe différents types de causes amenant le mode de défaillance :

- Causes internes au matériel (conception et fabrication)
- Causes externes dues à l'environnement, au milieu, à l'exploitation,
- Causes externes dues à la main d'œuvre.
- Causes externes au matériel : Autre système

Classification des causes de défaillance	Exemples des causes de défaillance
Conception	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Non-conformité au cahier des charges</li><li>▪ Sous-dimensionnement, coefficient de sécurité trop faible</li><li>▪ Constituant non fiable</li><li>▪ Technologie non adaptée</li><li>▪ Erreurs de cotation, tolérance</li><li>▪ Mauvais choix de forme, matière..</li></ul>
Fabrication et réalisation	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Non respect des plans, matériaux,</li><li>▪ Défaut interne matière</li><li>▪ Opération mal réalisée</li><li>▪ Outil usagé, endommagé</li><li>▪ Installation défectueuse</li><li>▪ Erreur de manutention</li></ul>
Milieu ambiant lors de l'exploitation	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Température</li><li>▪ Humidité</li><li>▪ Vibrations, chocs, coups de bélier.</li><li>▪ Pollution.</li><li>▪ Outils, produit traité</li><li>▪ Fixation, implantation, assises</li></ul>
Exploitation	<ul style="list-style-type: none"><li>• Réglage, contrôle défectueux</li><li>• Utilisation non conforme, sur charge</li><li>• Défaut de maintenance</li><li>• Usure naturelle ou accélérée, fatigue</li><li>• Contraintes mécaniques</li></ul>
Autre système	<ul style="list-style-type: none"><li>• Source d'énergie</li><li>• Système en amont, en aval</li></ul>



### AMDEC

#### EFFETS DE LA DÉFAILLANCE

Conséquences de la défaillance sur :

- ☐ le fonctionnement et l'état matériel du système
- ☐ la disponibilité.
- ☐ la maintenance du système.
- ☐ la sécurité des utilisateurs.
- ☐ l'environnement du système.

Classification des effets des défaillances	Exemples d'effets de défaillance
Effet sur le fonctionnement et l'état matériel du système	<ul style="list-style-type: none"><li>• Défaut de fonctionnement</li><li>• Pertes de performance</li><li>• Dégâts matériels, avaries</li><li>• Pannes, arrêts</li></ul>
Effets sur la disponibilité	<ul style="list-style-type: none"><li>• Durée d'arrêt du flux de production</li><li>• Ralentissement de cadence</li><li>• allongement du cycle</li><li>• non-conformité du produit fabriqué</li><li>• rebut, retouche, déclassement, dérogation</li></ul>
Effets sur la maintenance	<ul style="list-style-type: none"><li>• frais de réparation</li><li>• coûts directs de maintenance</li></ul>
Effets sur la sécurité des utilisateurs et sur l'environnement du système	<ul style="list-style-type: none"><li>• dommages corporels</li><li>• pollution contamination</li></ul>
Effets sur les opérations suivantes	<ul style="list-style-type: none"><li>• perturbation du flux</li><li>• arrêt de production</li><li>• rebuts, retouches</li><li>• dégradation du processus</li><li>• sécurité des opérateurs</li><li>• environnement</li></ul>

### AMDEC

#### CRITICITÉ DE LA DÉFAILLANCE

A chaque défaillance peut être affecté un niveau de criticité élaboré à partir de trois critères indépendants :

Critère	Définition
Fréquence	Fréquence (occurrence ou probabilité) d'apparition d'une défaillance due à une cause particulière
Gravité	Gravité des effets de la défaillance sur le système ou l'utilisateur
Probabilité de non -détection	Risque de ne pas détecter une défaillance avant qu'elle n'atteigne l'utilisateur du système

Criticité	déterminée à partir de ses niveaux de fréquence, gravité et probabilité de non -détection
Seuil de criticité	Valeur limite (atteinte par la criticité ou par l'un des critères) à partir de laquelle la défaillance est jugée critique.

$$C = F \times D \times G$$

### AMDEC

Des grilles de cotation sont utilisées pour faire l'évaluation des critères de fréquence (F), gravité (G) et probabilité de non-détection (N).

Cotation	Fréquence F	Gravité G	Probabilité de non-détection N
1	Très faible	Mineure	Délectable à coup sûr
2	Faible	Significative	Détection possible
3	Moyenne	Moyenne	Détection improbable
4	Forte	Majeure	Indélectable
5		Catastrophique	

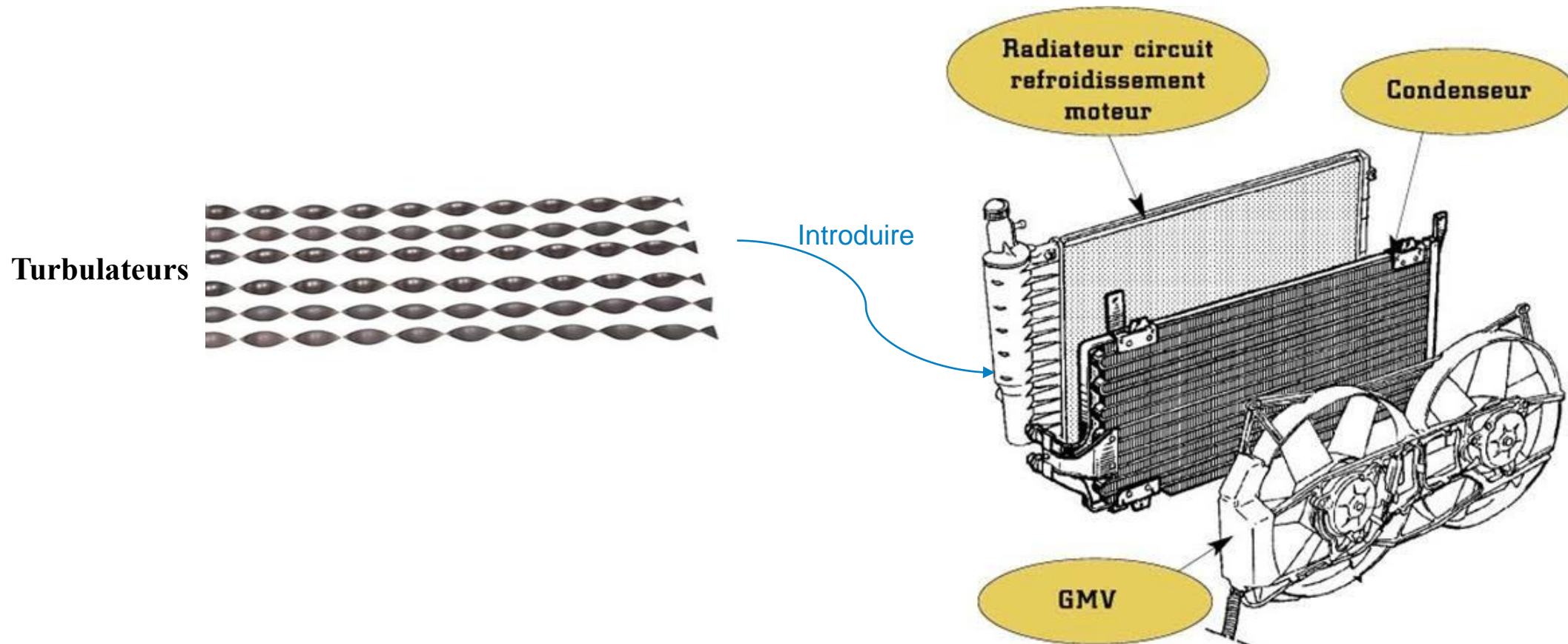
**C ou I.P.R. : Evaluation de la criticité** : elle est exprimée par l'Indice de Priorité des Risques.

- Si **I.P.R. < Seuil 1** → **famille3** Rien à signaler
- Si **Seuil1 ≤ I.P.R. < Seuil2** → **famille2** Surveillance accrue à envisager, valeur à la limite de l'acceptable
- Si **I.P.R. ≥ Seuil2** → **famille1** Mise en place d'actions permettant de corriger donc d'améliorer le moyen ou l'installation utilisé

### AMDEC: Exemple

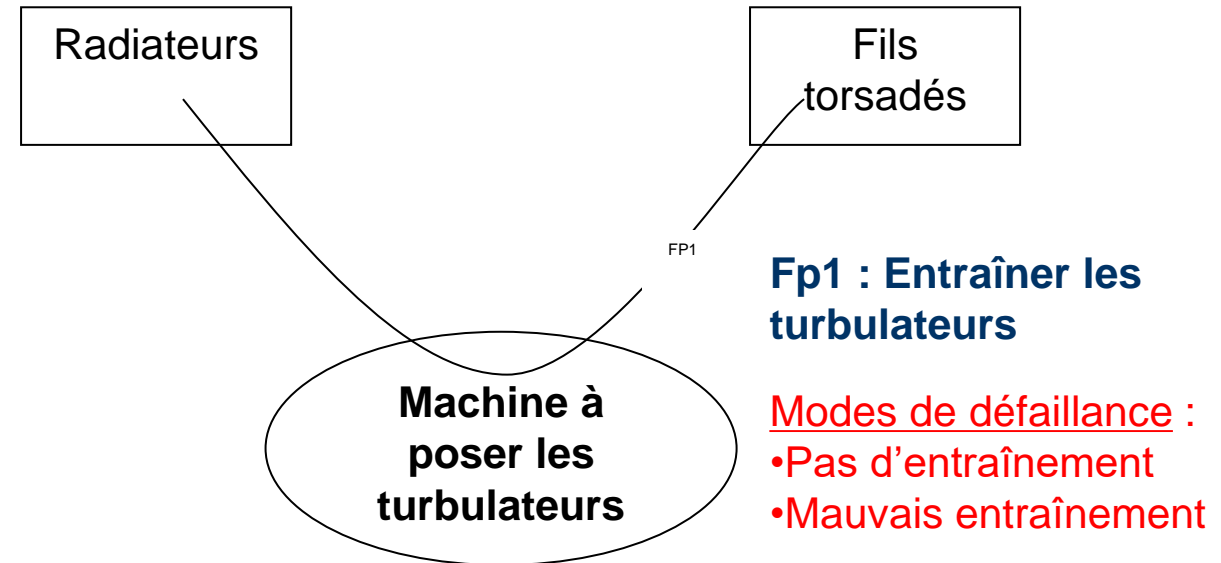
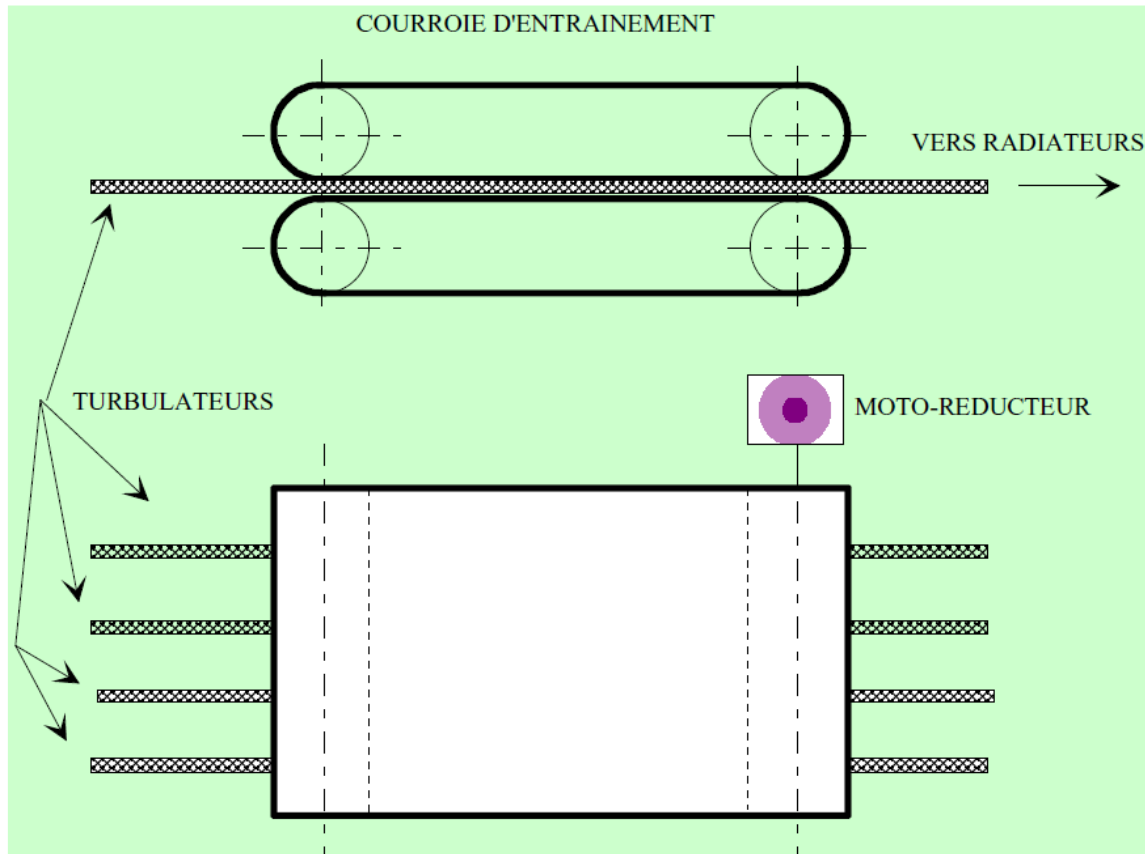
#### Machine à poser des turbulateurs

Le système étudié est une machine qui introduit des fils torsadés (turbulateurs) dans des radiateurs de climatisation d'automobiles ; la fonction des turbulateurs étant de faciliter l'échange thermique entre l'eau du radiateur et l'air ambiant.



### AMDEC: Exemple

#### Machine à poser des turbulateurs



### AMDEC: Exemple

Date de l'analyse : <b>04/10/2022</b>	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement Normal				page : 1/1
	Système : <b>Machine de pose de turbulateurs</b>		Sous - Ensemble : <b>Entrainement</b>							Nom : F.H.
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
<b>Entrainement des turbulateurs</b>	<b>Entrainer les turbulateurs</b>	<b>Pas d'entrainement</b>				<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	
						<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	
		<b>Mauvais entrainement</b>				<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	

Niveaux	Fréquence	Gravité (Indisponibilité)	Non-Détection
1	1 défaillance maxi par an	Pas d'arrêt de production	Visible par l'opérateur
2	1 défaillance maxi par trimestre	Arrêt ≤ 1 heure	Détection aisée par un agent de maintenance
3	1 défaillance maxi par mois	1heure < arrêt ≤ 1 jour	Détection difficile
4	1 défaillance maxi par semaine	Arrêt > 1 jour	Indécelable

#### Données:

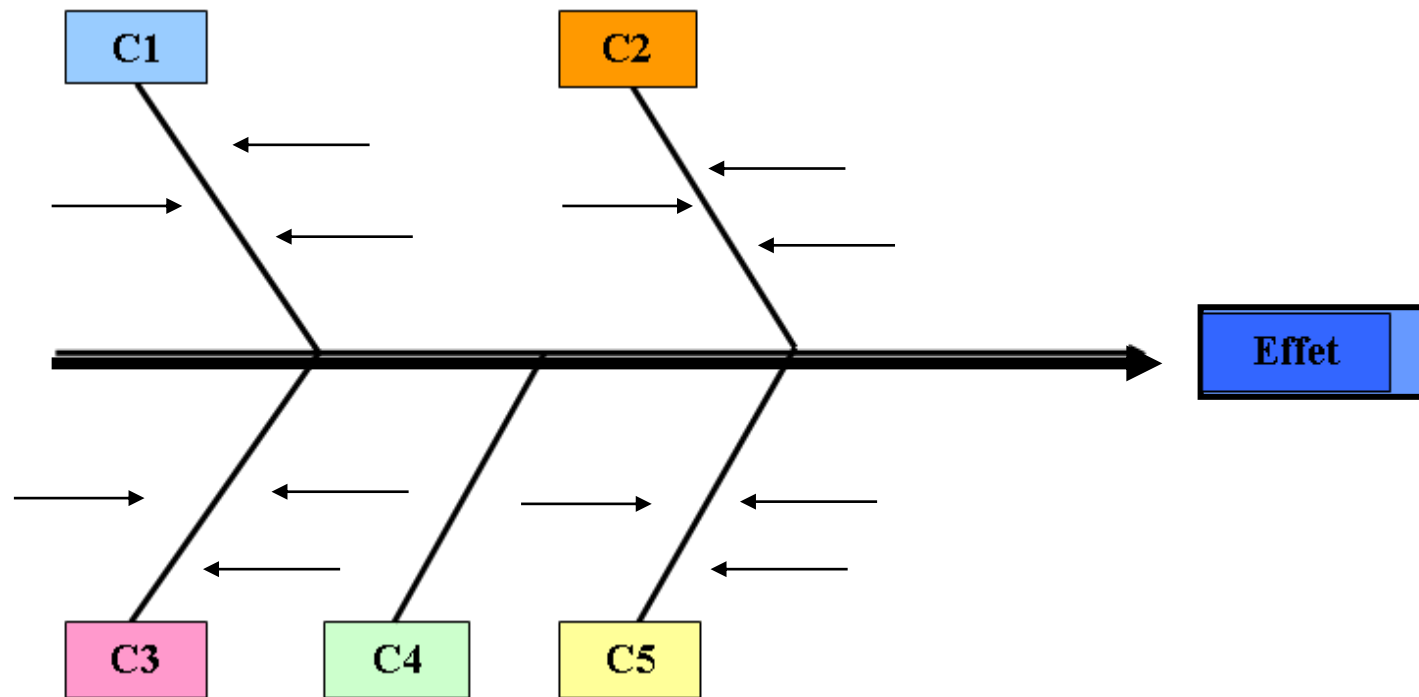
- Les défaillances ci-dessus entraînent des arrêt de 24 heures maxi.
- Le réducteur et les roulements sont changés maximum 1 fois par an.
- Par contre, les courroies cassent tous les 5 mois.

## 2.2 Méthodes Déductives

# Diagramme Causes/Effet (ISHIKAWA)

### Diagramme Causes/Effet

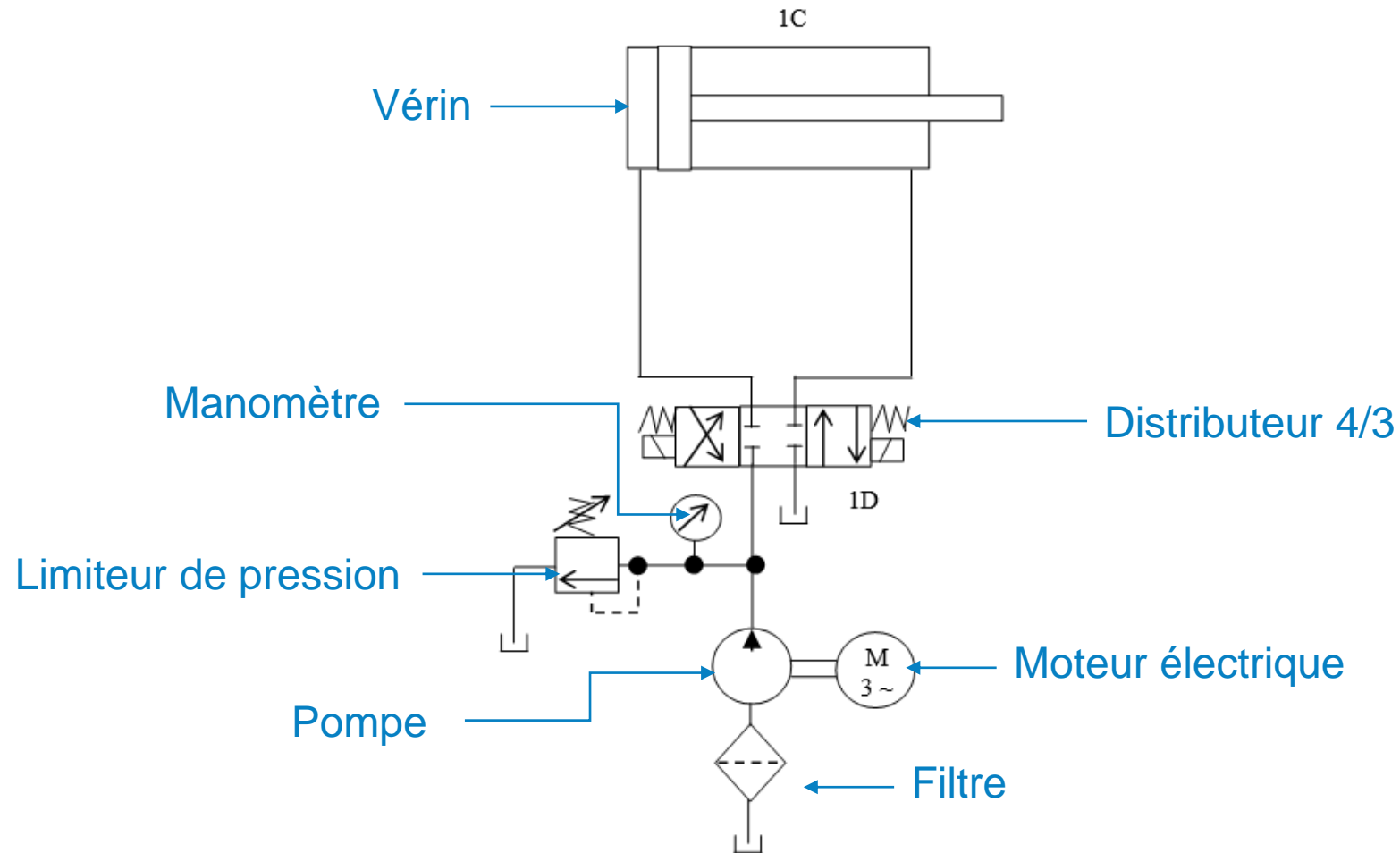
- C'est un outil permettant de visualiser et d'identifier de façon ordonnée les causes possibles d'un effet constaté que l'on cherche à analyser, et donc de déterminer les moyens pour y remédier.
- Appelé diagramme en arête de poisson, arbre des causes ou diagramme d'Ishikawa (du nom de son inventeur : le japonais Kaoru Ishikawa).



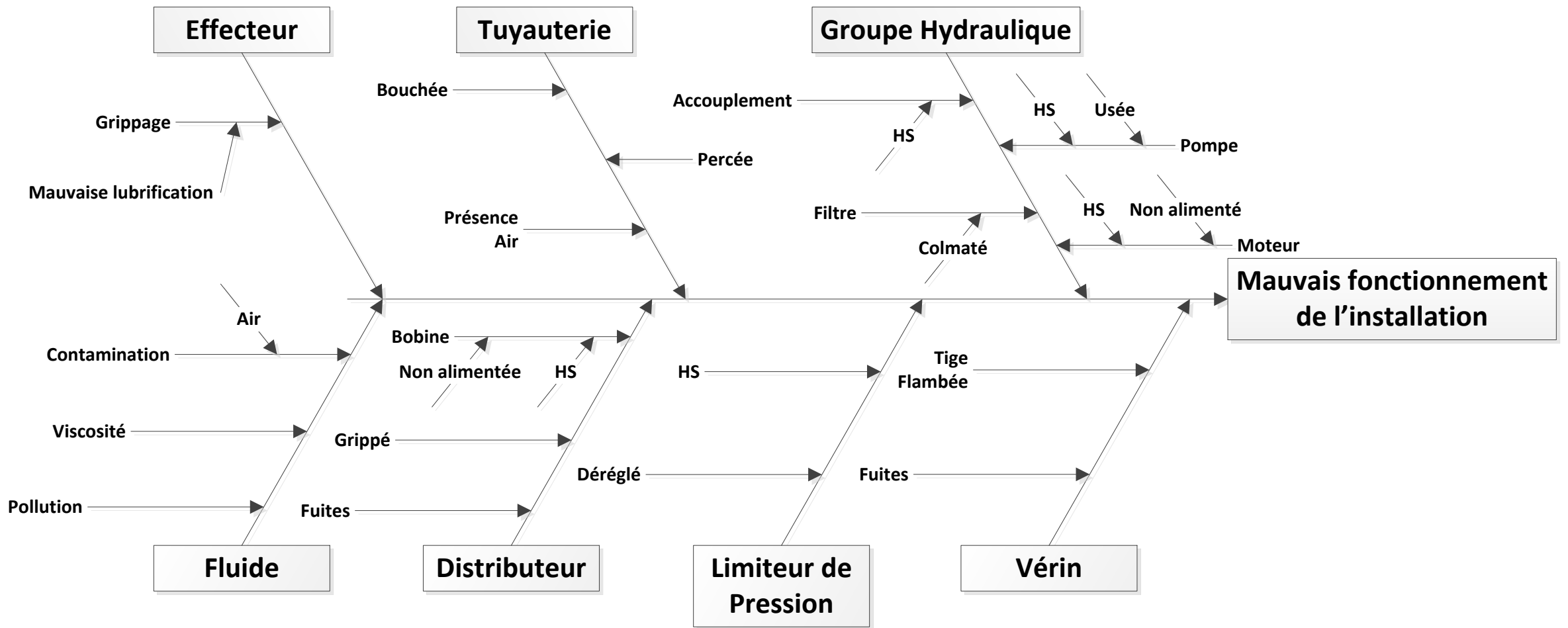


### Diagramme Causes/Effet : Exemple

**Mauvais fonctionnement d'une installation hydraulique**



### Diagramme Causes/Effet : Exemple

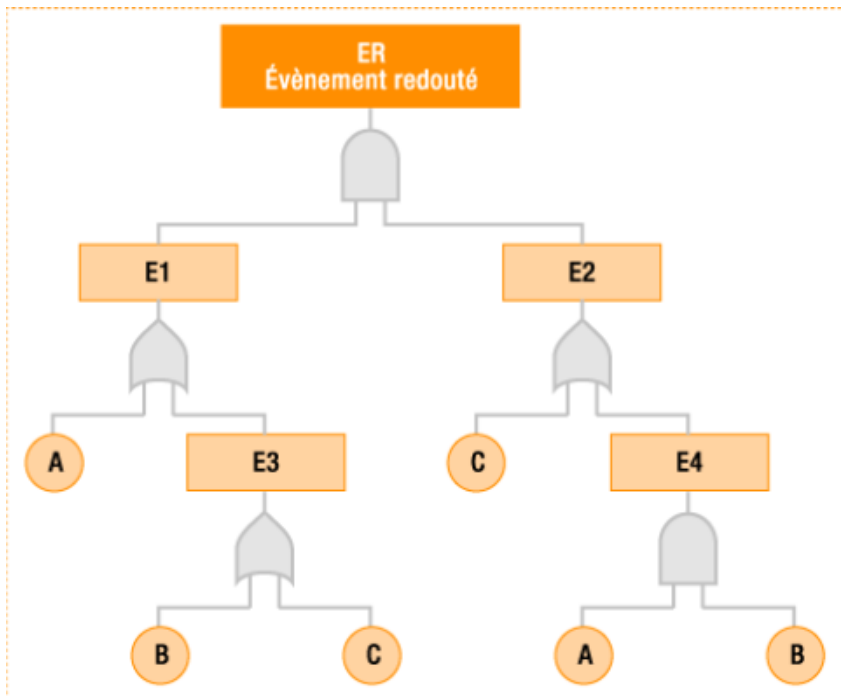


## 2.2 Méthodes Déductives

# Arbre de défaillance (ADD)

### Arbre de défaillance

- La méthode de l'arbre de défaillances, encore appelée arbre des causes (**fault tree**) est née en 1962 dans la société Bell Telephone.
- Cette méthode a pour objectif de déterminer les combinaisons possibles d'évènements qui entraînent l'occurrence d'un évènement indésirable (ou redouté). L'idée est de représenter graphiquement la logique de dysfonctionnement d'un système.

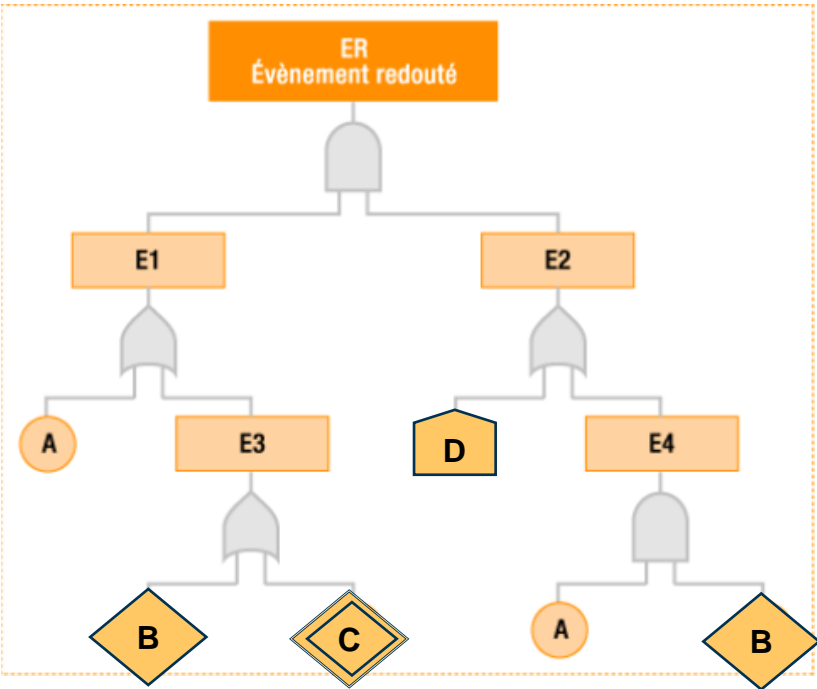







#### Composition de l'arbre de défaillance:

- **Evènement Redouté (ER):** C'est l'évènement indésirable pour lequel on fait l'étude de toutes les causes qui y conduisent. Cet évènement est unique pour un arbre de défaillance et se trouve au "sommet" de l'arbre.
- E1, E2, E3,...: Évènements intermédiaires.
- A, B, C,...: Évènements de bases (causes racines)
- Portes logiques

# Arbre de défaillance

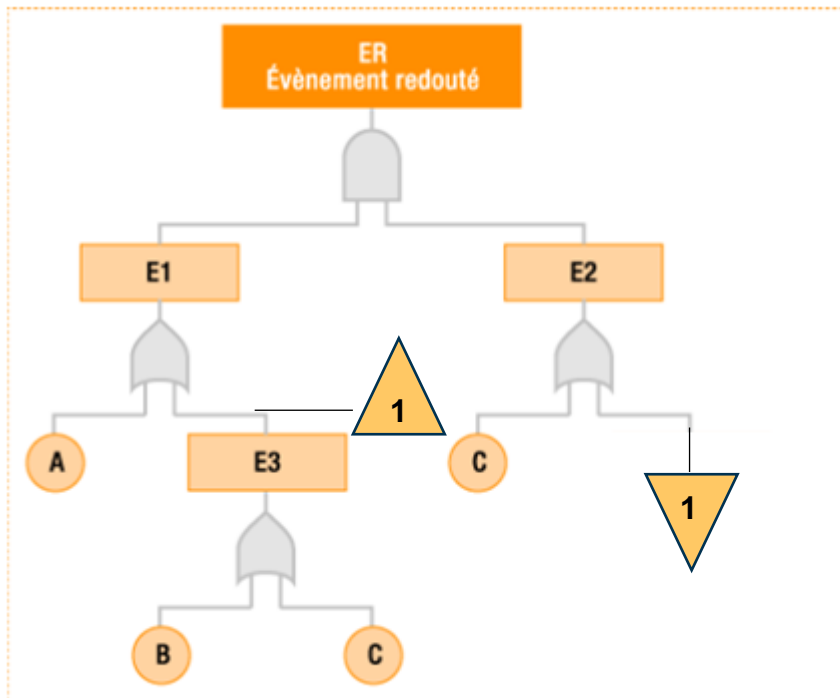
## Les événements

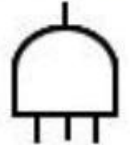




Symbole	Nom	Signification
	Rectangle	Evenement redouté ou intermédiaire
	Cercle	Evenement elementaire
	Losange	Evenement elementaire non developpé soit parce que ses consequences sont négligeables soit par manque d'informations
	Double losange	Evénement élémentaire dont le développement est à faire ultérieurement
	Maison	Evénement de base survenant normalement pour le fonctionnement du système: On peut aussi le définir comme un événement non-probabilisé, que l'on doit choisir de mettre à 1 ou à 0 avant tout traitement de l'arbre.

### Arbre de défaillance

#### Les Portes logiques et connexions

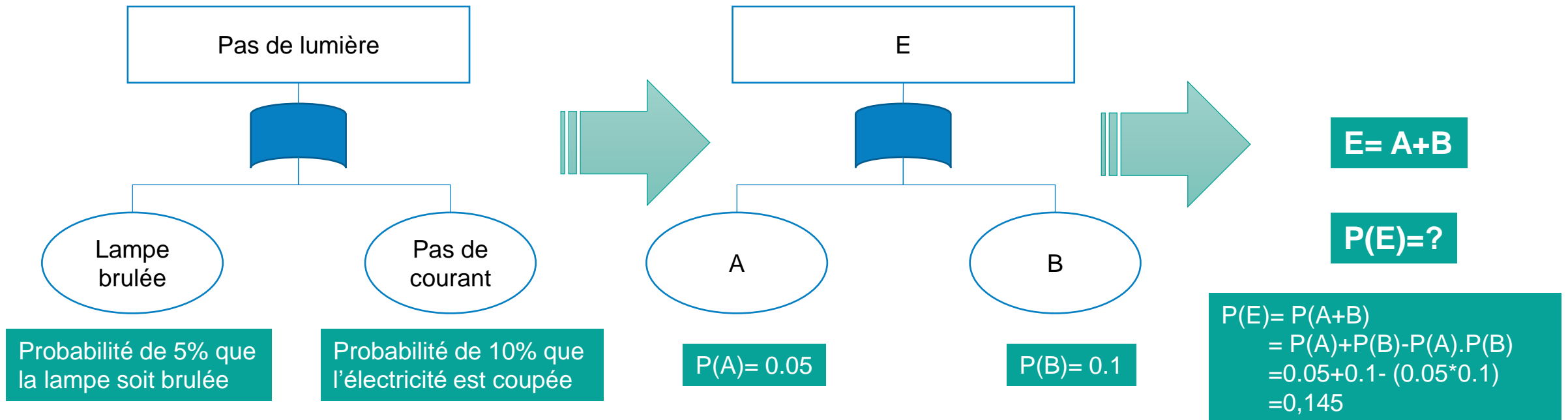


Portes	Dénomination
	Porte « ET »
	Porte « OU »
	Porte « combinaison »

	Report (sortie)
	Le sous-arbre situé sous ce « drapeau » est à dupliquer ...
	Report (entrée)
	...à l'endroit indiqué par ce second drapeau

### Arbre de défaillance

Quel est le risque de se trouver dans la noirceur?



### Arbre de défaillance

Quel est le risque de se trouver dans la noirceur?

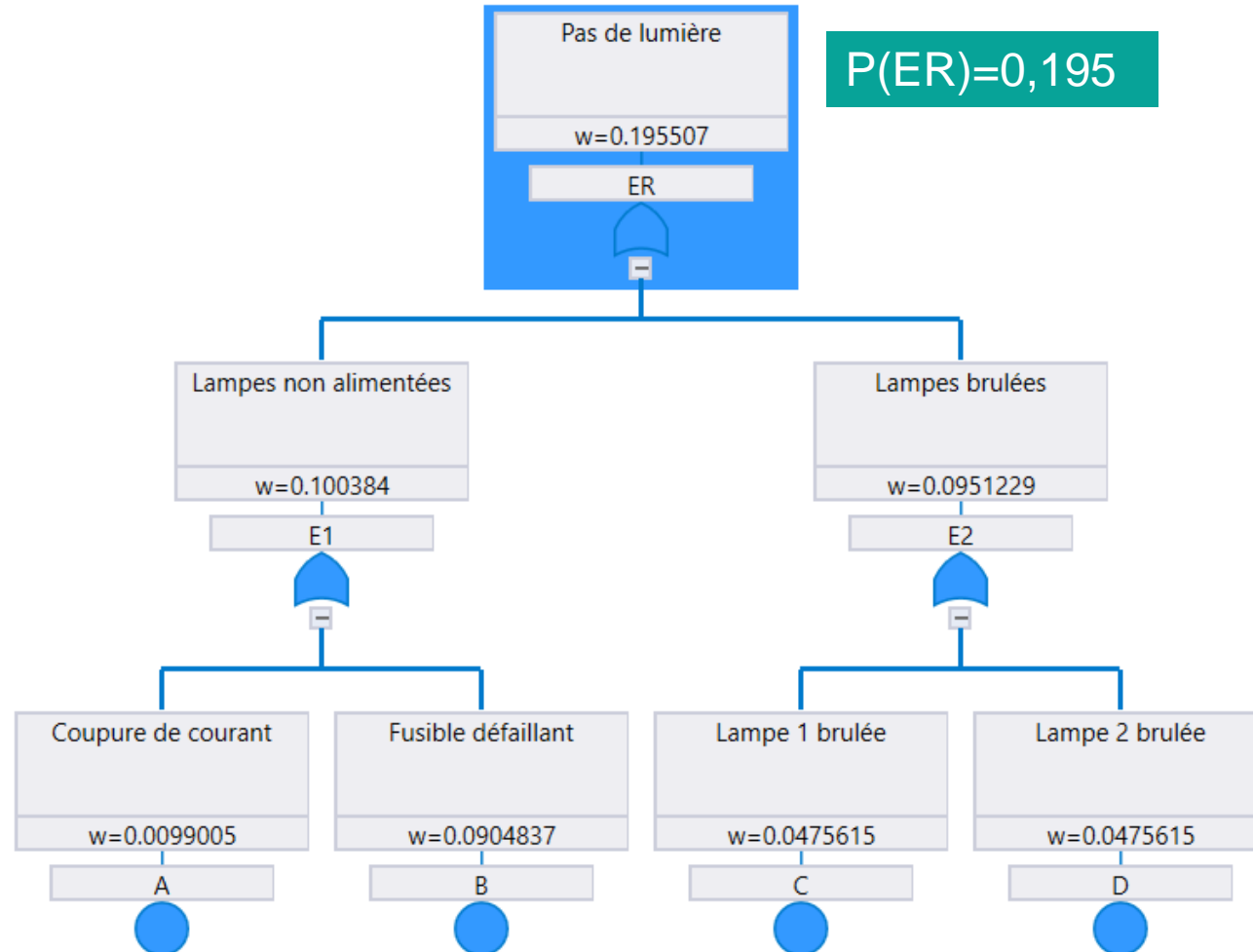


A : rupture de courant ( $P=0.01$ )

B : rupture de fusible ( $P=0.1$ )

C : lampe 1 brûlée ( $P=0.05$ )

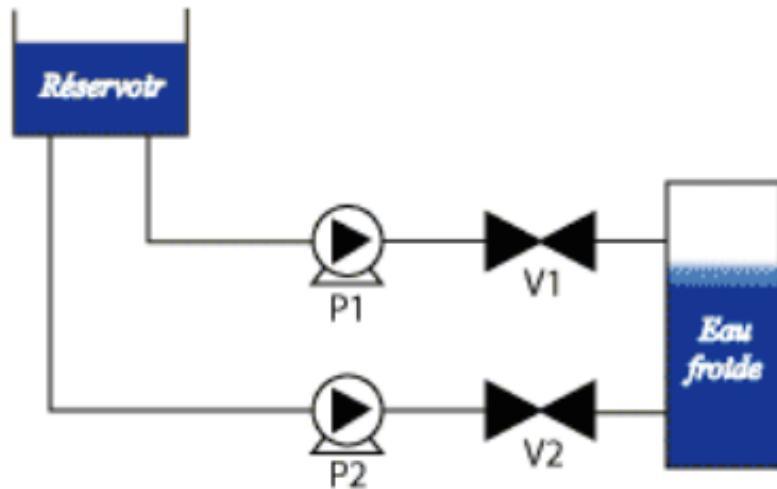
D : lampe 2 brûlée ( $P=0.05$ )





### Arbre de défaillance

Quel est le risque de ne pas avoir d'eau de refroidissement?

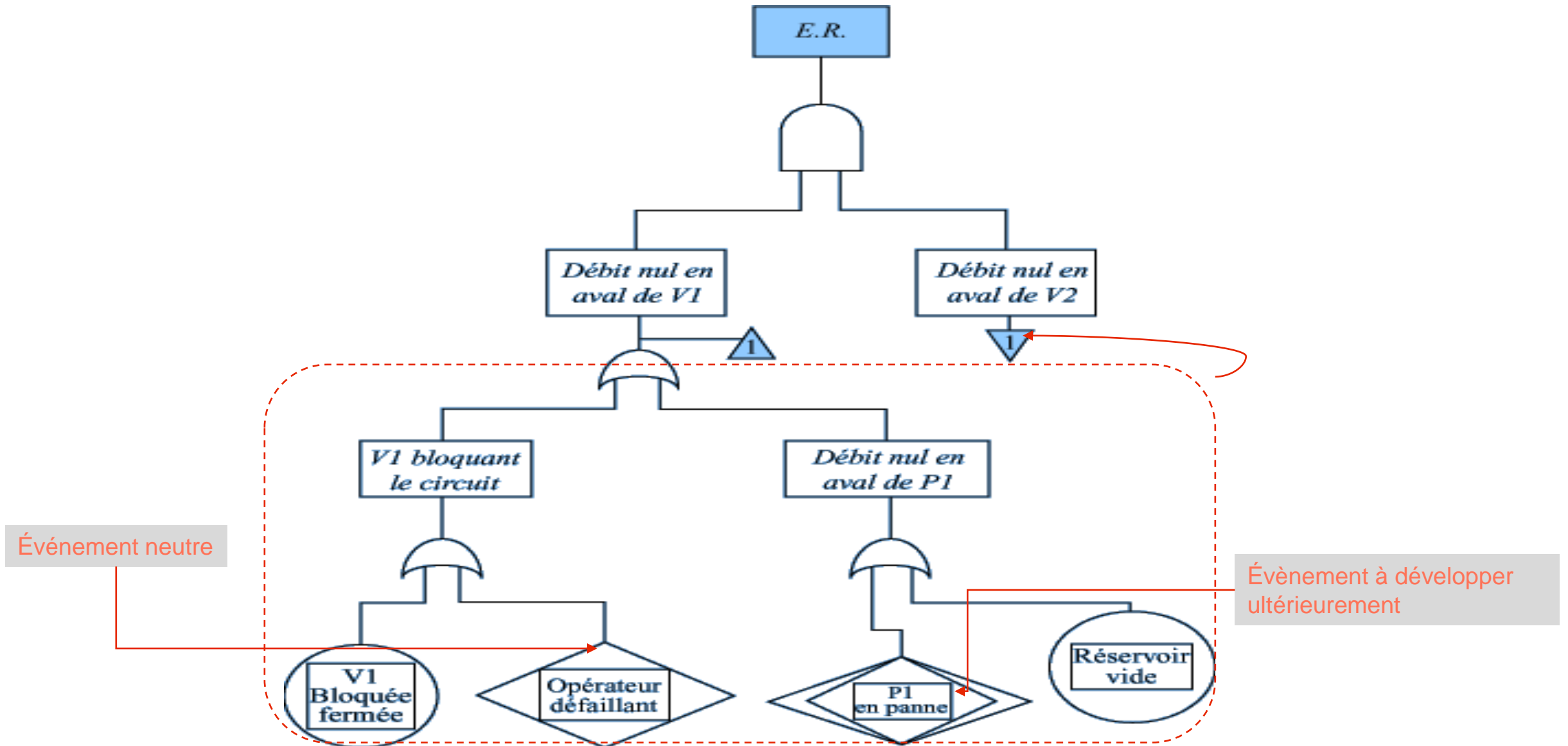


#### Événement redouté: « Pas d'eau de refroidissement »

Causes possible :

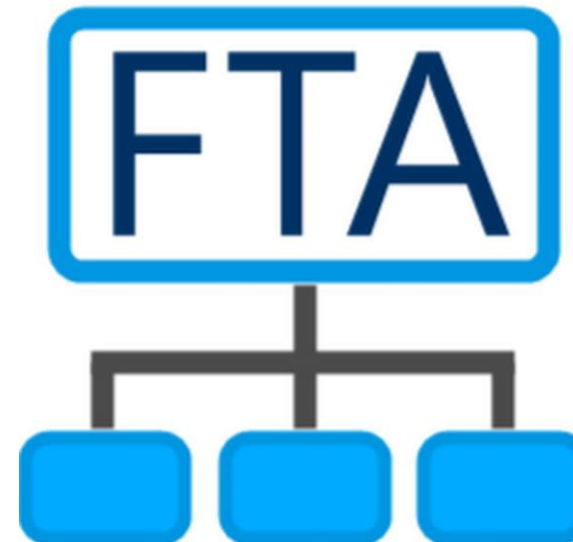
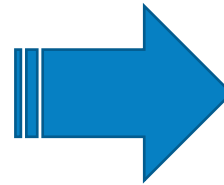
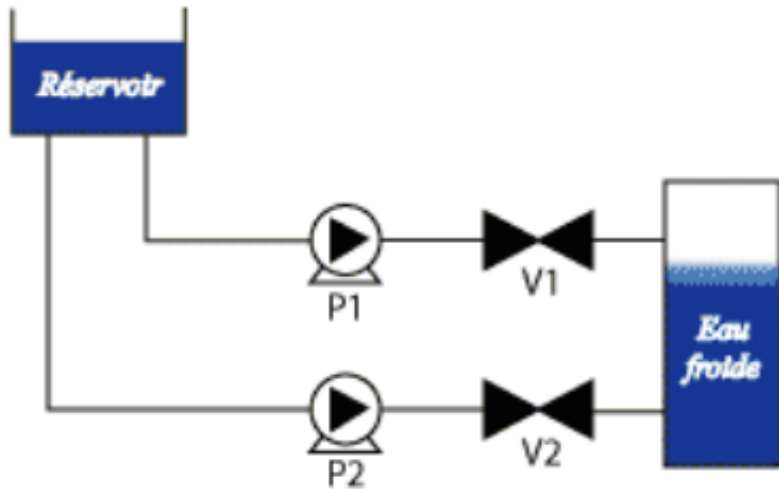
- Débit nul en aval de V1 **ET** en aval de V2
  - Si débit nul en aval de V1 :
    - V1 bloquée ou Débit nul en aval de P1
      - Si V1 bloquée : V1 fermée/bouchée ou Erreur de l'opérateur
      - Si débit nul en aval de P1 : P1 arrêtée ou Réservoir vide
  - Si débit nul en aval de V2 :
    - V2 bloquée ou Débit nul en aval de P2
      - Si V2 bloquée : V2 fermée/bouchée ou Erreur de l'opérateur
      - Si débit nul en aval de P2 : P2 arrêtée ou Réservoir vide

### Arbre de défaillance



### Arbre de défaillance

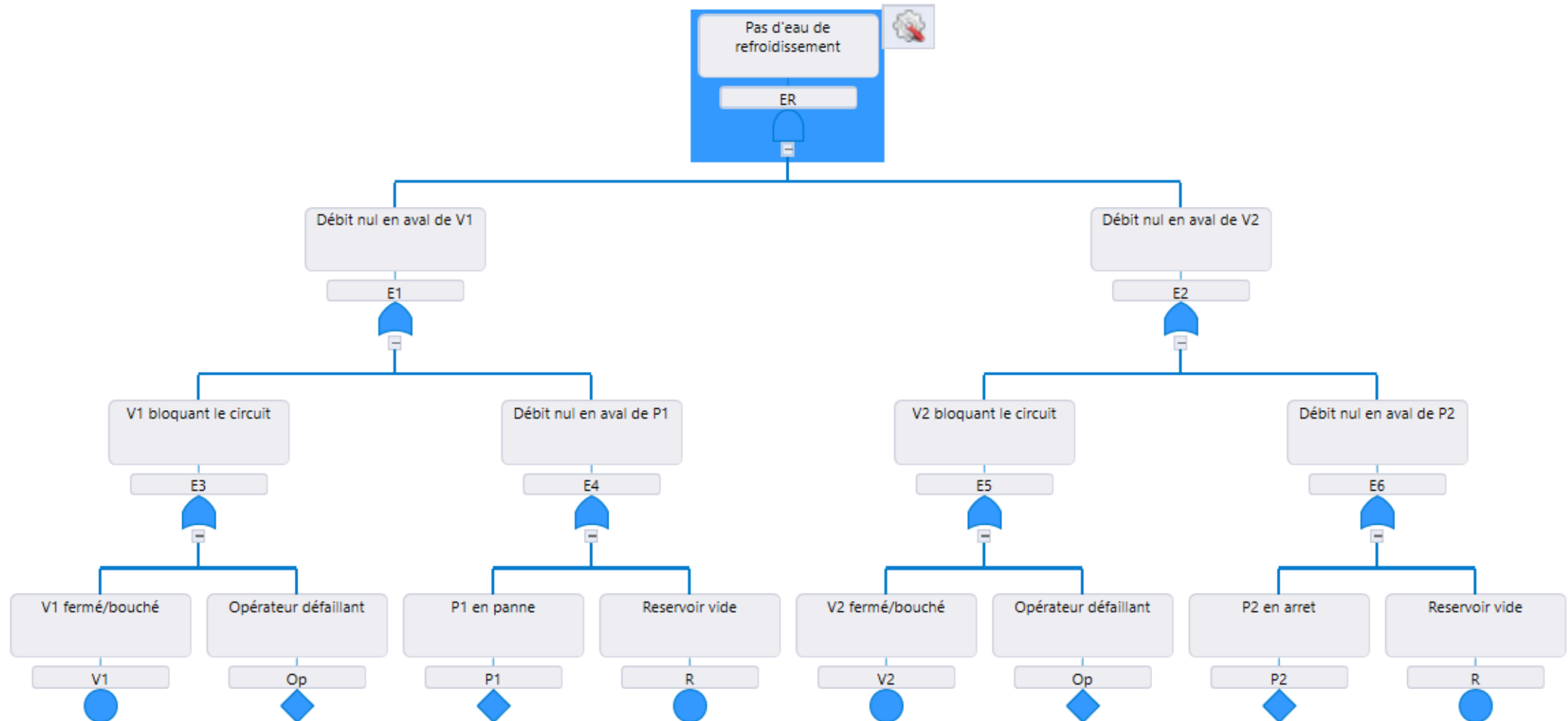
Quel est le risque de ne pas avoir d'eau de refroidissement?



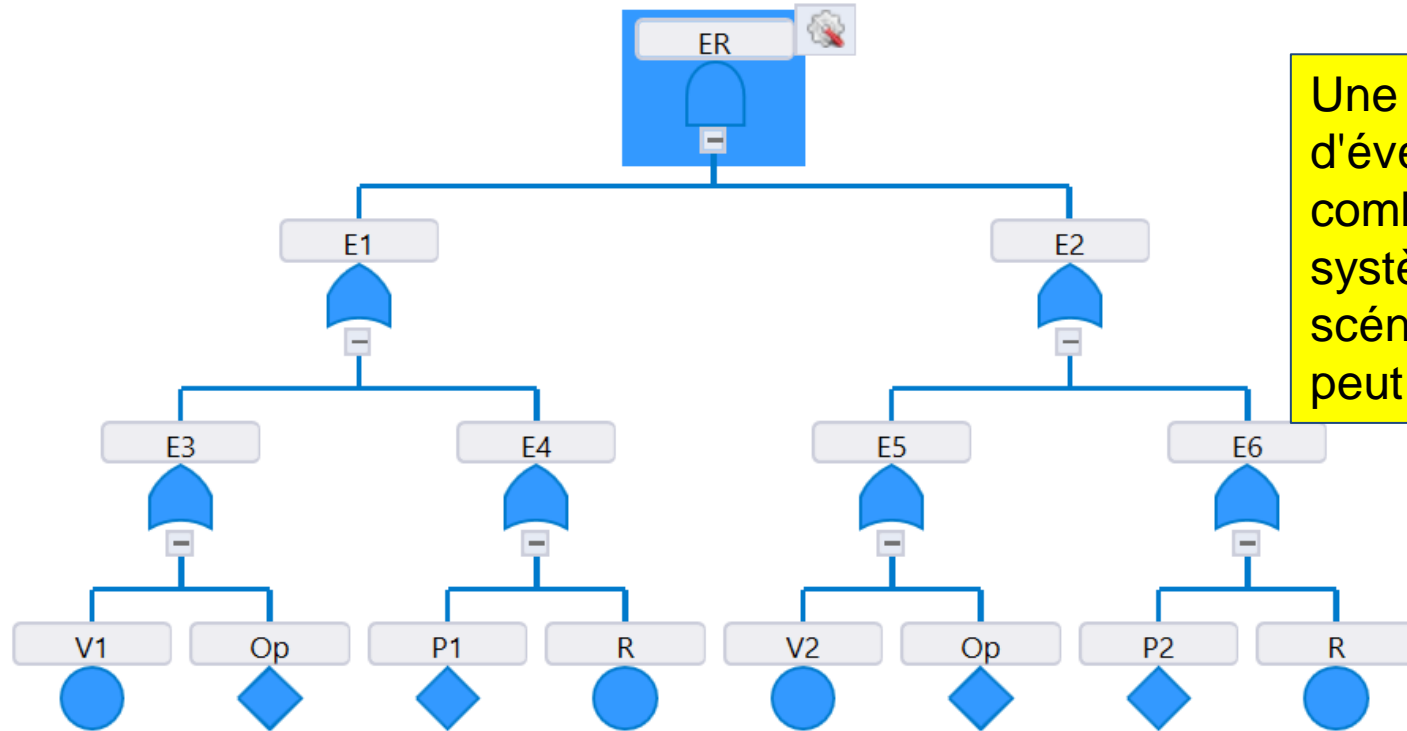
**TopEvent FTA**  
**Fault Tree Analysis Software**

### Arbre de défaillance

Quel est le risque de ne pas avoir d'eau de refroidissement?



### Arbre de défaillance



Une coupe minimale est un ensemble minimal d'événements (ou de causes) dont la combinaison mènerait à la défaillance du système. Cette coupe minimale représente le scénario le plus simple et le plus restreint qui peut entraîner la défaillance du système.

	Minimal Cut Set	Order
1	R	1
2	Op	1
3	V1.V2	2
4	P2.V1	2
5	P1.V2	2
6	P1.P2	2

6 Coupes min: **{R}, {Op}, {V1.V2}, {V1.P2}, {V2.P1}, {P1.P2}**



**TD1**