

Sécurité machine. Inter IUT Nice



International
Organization for
Standardization



INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION



Règlement européen :

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1230>

Directive européenne :

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:157:0024:0086:fr:PDF>





Sécurité Machine

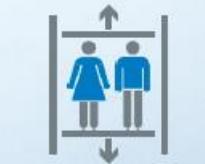
Programme de la journée



Les fabricants peuvent (et devraient) s'adapter dès maintenant pour fournir au marché les "produits" correspondants en temps voulu.



Le secteur des **machines*** constitue une partie importante du secteur de la mécanique et est un des noyaux industriels de l'économie de l'Union.



Le coût social dû au nombre important d'accidents provoqués directement par l'utilisation des machines peut être réduit par l'intégration de la **sécurité**** à la conception et à la construction mêmes des machines, ainsi que par une installation et un entretien corrects.

RÈGLEMENT (UE) 2023/1230

Enoncé de la considération n°2

* Définitions du terme **machine** au sens du règlement.

Extraits de l'article 3 **définitions**

1 a) un ensemble équipé ou destiné à être équipé d'un système d'entraînement autre que la force humaine ou animale appliquée directement, composé de pièces ou d'organes liés entre eux dont au moins un est mobile et qui sont réunis de façon solidaire en vue d'une application définie;



RÈGLEMENT (UE) 2023/1230

Définitions



** Définitions du terme **sécurité** au sens du règlement.

Extraits de l'article 3 **définitions**

3) «composant de sécurité»: un composant physique ou numérique, y compris un logiciel, d'un produit relevant du champ d'application du présent règlement, qui est conçu ou prévu pour assurer **une fonction de sécurité** et qui est mis isolément sur le marché, dont la défaillance ou le mauvais fonctionnement met en danger la sécurité des personnes, mais qui n'est pas indispensable au fonctionnement de ce produit ou qui peut être remplacé par des composants normaux permettant audit produit de fonctionner;

4) «fonction de sécurité»: une fonction remplie par une mesure de protection destinée à éliminer un risque ou, si cela n'est pas possible, à le réduire, et dont la défaillance pourrait entraîner l'aggravation de ce risque;

RÈGLEMENT (UE) 2023/1230

Définitions

Accidents du travail en France – 2024



Le nombre d'accidents

549 614 accidents du travail
en 2024

- ✓ Niveau historiquement bas.
- ✓ Effectifs salariés au plus haut de la décennie.

Le nombre d'accidents mortels

764 accidents du travail mortels

- +5 par rapport à 2023
- +26 par rapport à 2022
- +119 par rapport à 2021

+ Non inclus dans les chiffres précédents

94 654 accidents de trajet

50 598 maladies
professionnelles



318 accidents de trajet mortels

215 maladies professionnelles
mortelles

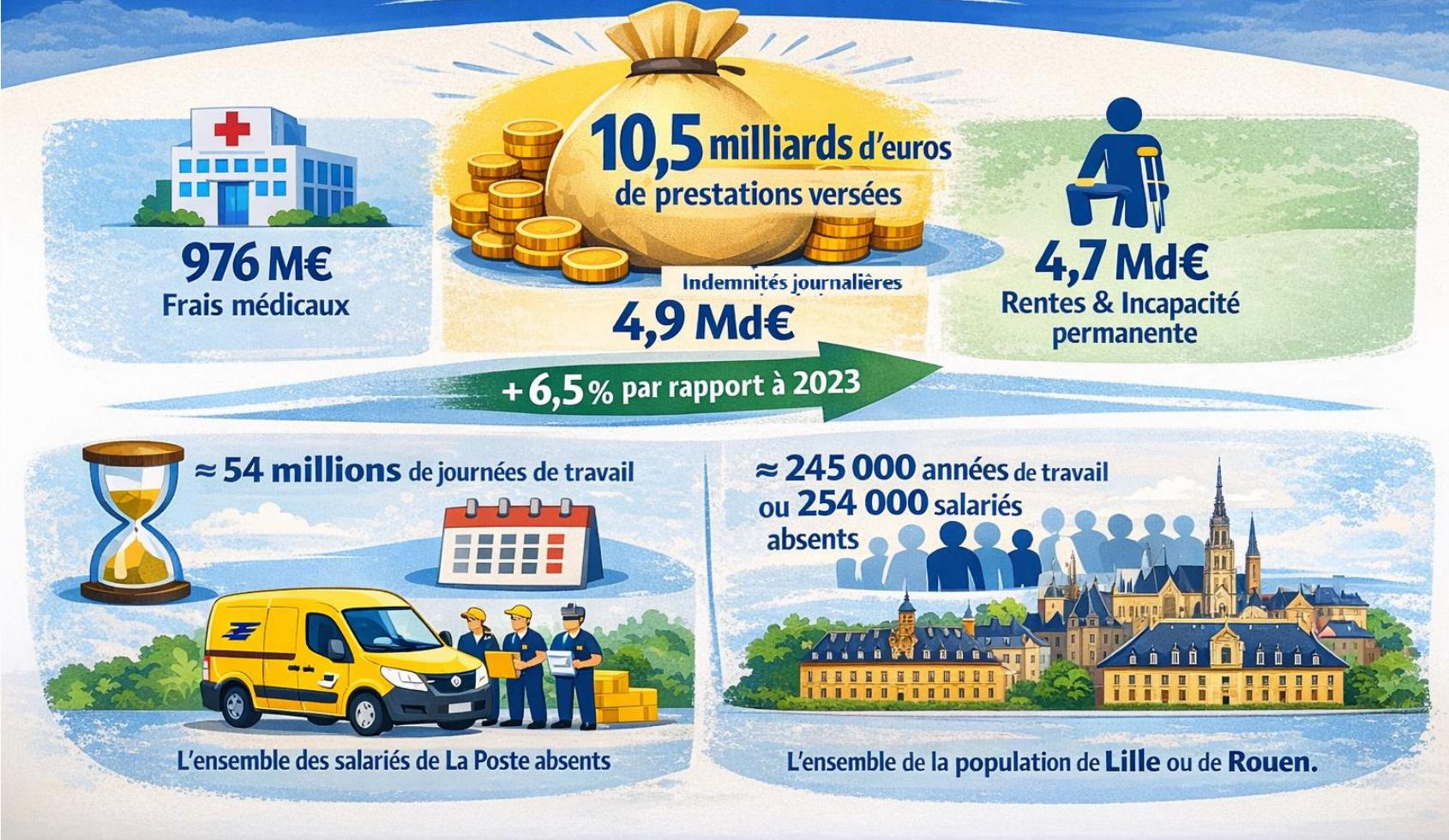


Rapport annuel 2024 de l'Assurance maladie-risques professionnels, publié le 18 novembre 2025

Enjeux de la sécurité des machines

Bilan humain, social et économique

Le coût économique



Rapport annuel 2024 de l'Assurance maladie-risques professionnels, publié le 18 novembre 2025

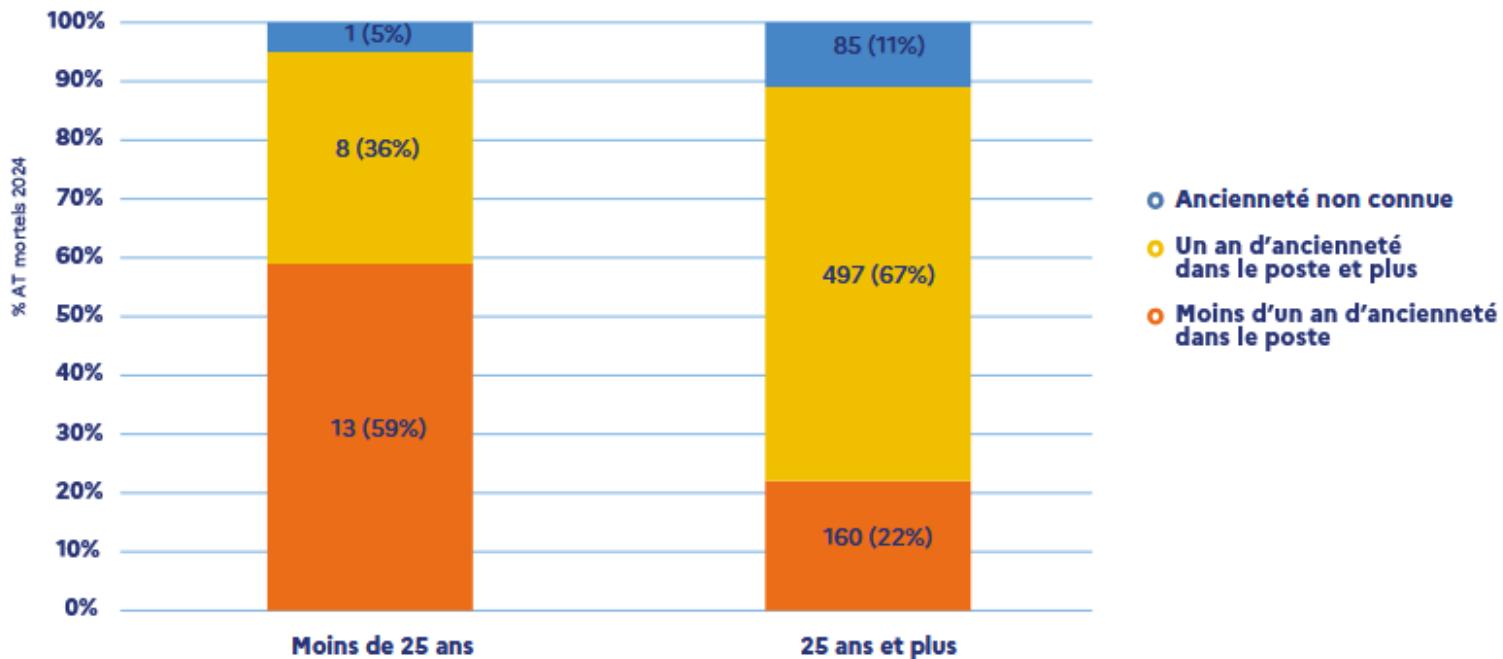
Enjeux de la sécurité des machines

Bilan humain, social et économique

En 2024, 3% des décès liés au travail concernent des salariés de moins de 25 ans. Cela représente 22 décès.

RÉPARTITION DES DÉCÈS 2024 SUITE À UN ACCIDENT DU TRAVAIL SELON L'ANCIENNETÉ DANS LE POSTE DE LA VICTIME,

Pour les salariés de moins de 25 ans et pour les salariés de 25 ans et plus



Rapport annuel 2024 de l'Assurance maladie-risques professionnels, publié le 18 novembre 2025

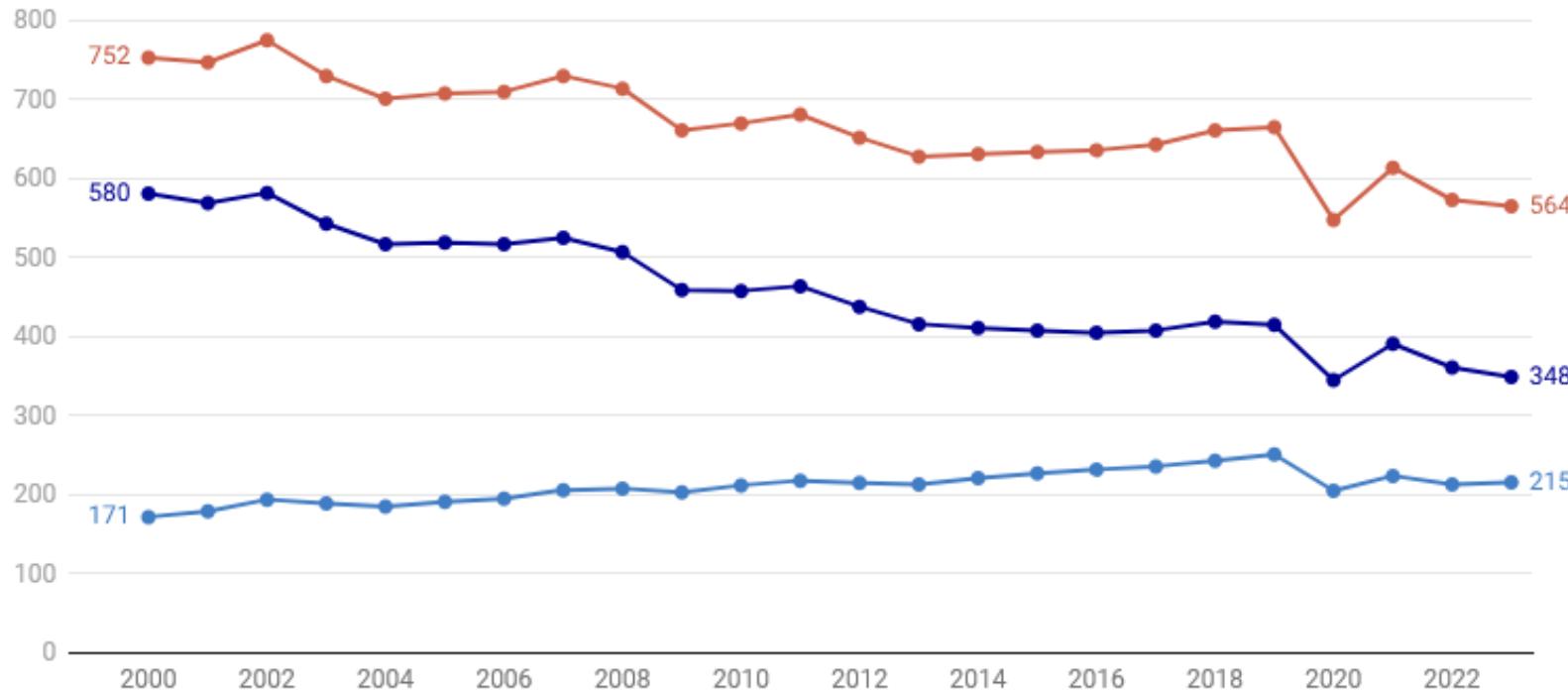
Enjeux de la sécurité des machines

Bilan humain, social et économique

Évolution du nombre d'AT reconnus en premier règlement selon le genre – années 2000 à 2023

En milliers

- Total du nombre d'accidents du travail
- Nombre d'accidents du travail hommes
- Nombre d'accidents du travail femmes



Rapport annuel 2024 de l'Assurance maladie-risques professionnels, publié le 18 novembre 2025

Enjeux de la sécurité des machines

Bilan humain, social et économique

NORMES INTERNATIONALES



International
Organization for
Standardization

Réseau mondial de
173 pays membres

Technologies non
électriques



INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

Réseau mondial de
82 pays membres

Domaine général de
l'électrotechnique

L'application du Règlement par les normes.

Normes internationales

NORMES EUROPEENNES

 European Committee for Standardization	Réseau européen de 34 pays membres	Technologies non électriques
 European Committee for Electrotechnical Standardization	Réseau européen de 34 pays membres	Domaine général de l'électrotechnique

NORMES FRANCAISES

	UTE (ancien sigle pour Union Technique pour l'Electricité) est aujourd'hui intégrée à l'AFNOR : Association Française de normalisation.
--	---

L'application du Règlement par les normes.

Normes européennes et françaises

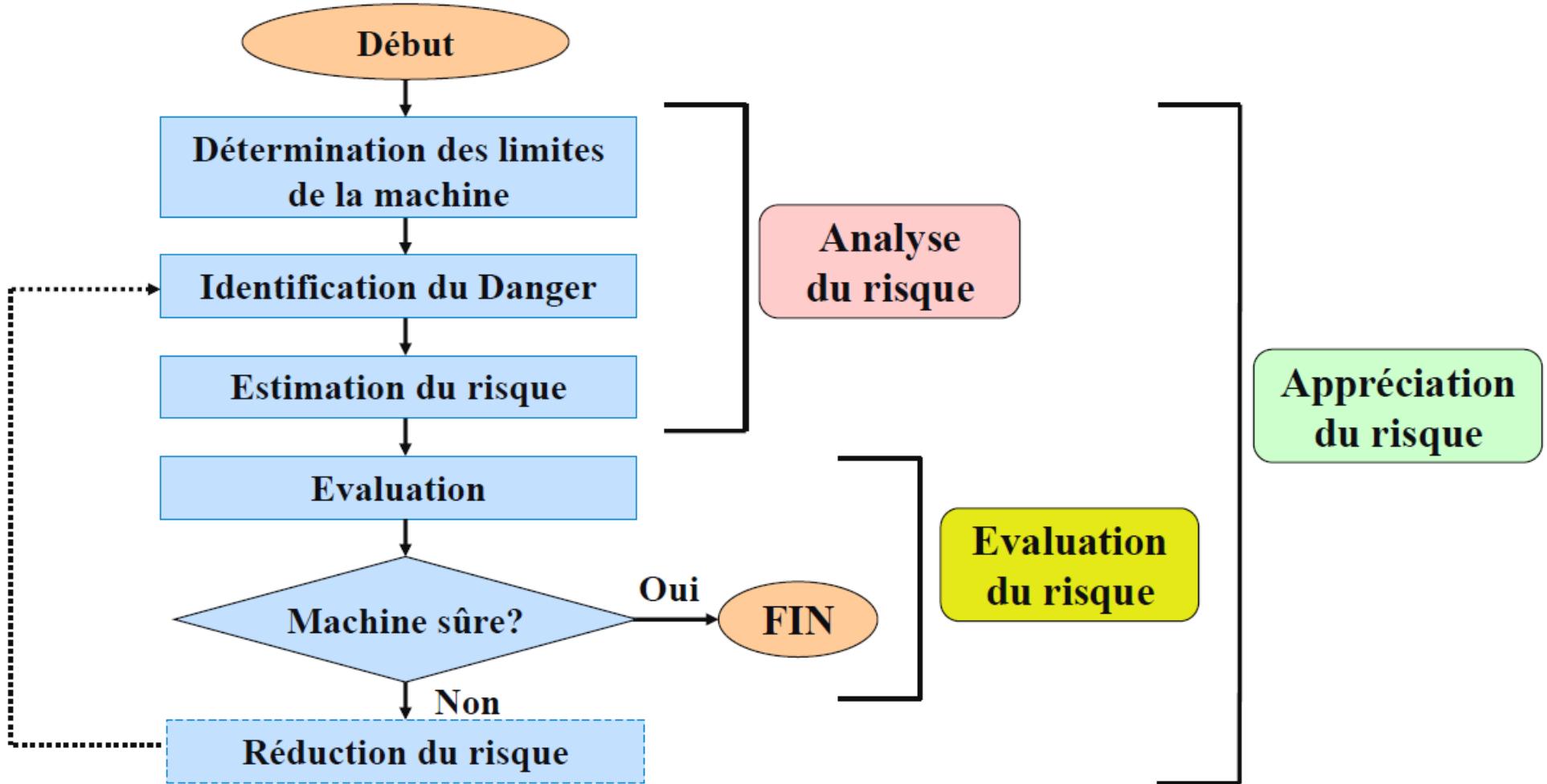
La norme **NF EN ISO 13849** concerne les parties des systèmes de commande relatives à la sécurité SRP/CS).

NORMES À APPLIQUER SELON RÈGLEMENT (UE) 2023/1230

MACHINE COMPLÈTE	QUASI-MACHINE	PRODUIT CONNEXE	
Fonction autonome	À intégrer à une machine	Outil / Composant / Accessoire	
Normes à appliquer:	Normes à appliquer:	Normes à appliquer:	
✓ EN ISO 12100 ✓ EN ISO 13849-1 / -2 ✓ EN IEC 60204-1 ✓ Norme Type C (selon type)	✓ EN ISO 12100 ✓ EN ISO 13849-1 / -2 ✓ EN IEC 60204-1 / EN IEC 62061	✓ EN ISO 12100 ✓ EN ISO 13849-1 / -2 (si sécurité) ✓ EN IEC 60204-1 / IEC 61508 ✓ Autres normes spécifiques	
Déclaration UE de Conformité	Déclaration UE d'Incorporation	Déclaration UE de Conformité	
EN ISO 12100 (Risques)	EN ISO 13849-1 / -2 (Sécurité)	EN IEC 60204-1 / 62061 (Electriqué)	Normes Type C Spécifique

L'application du Règlement par les normes.

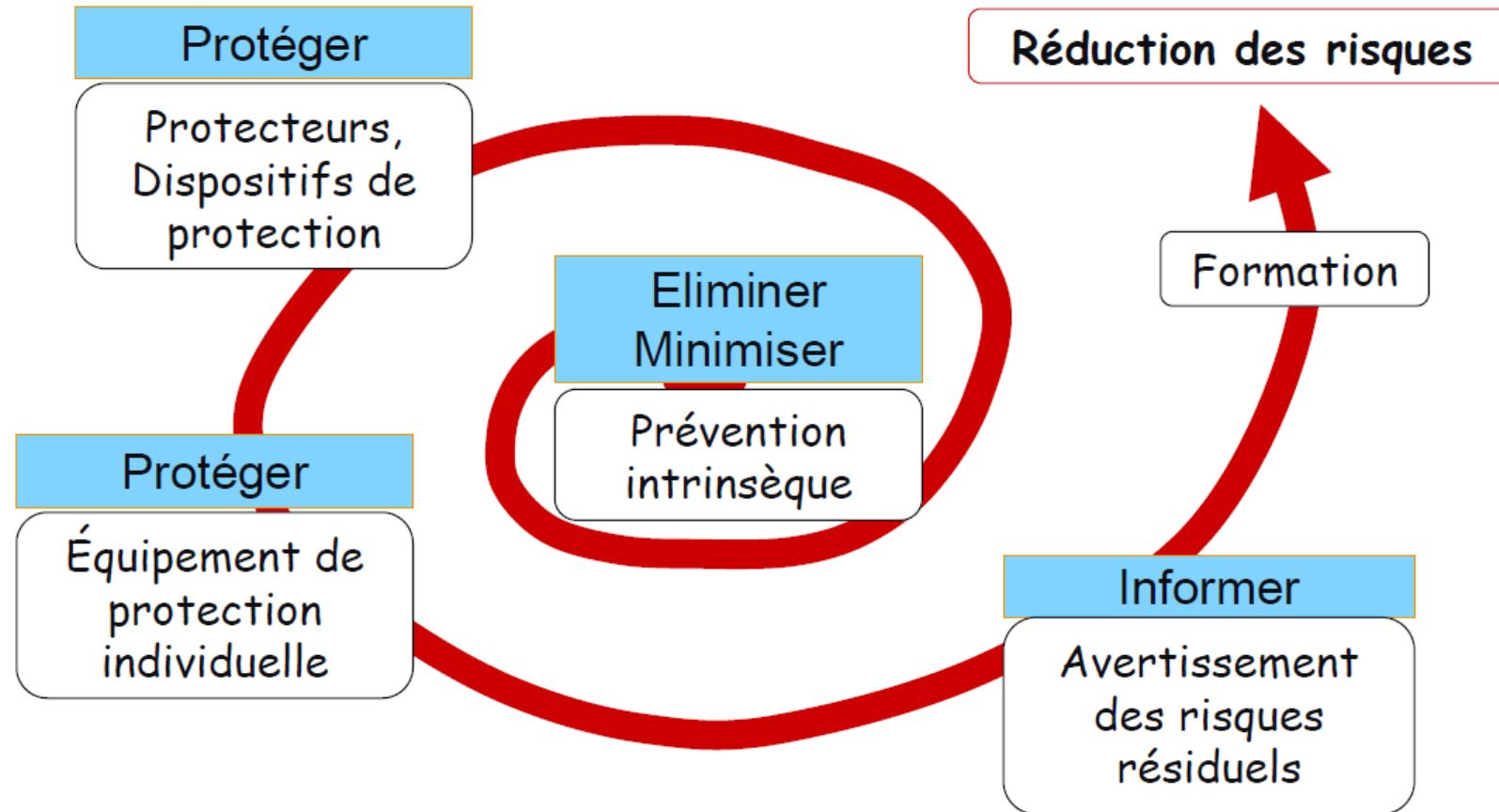
Normes Résumé



Appréciation des risques

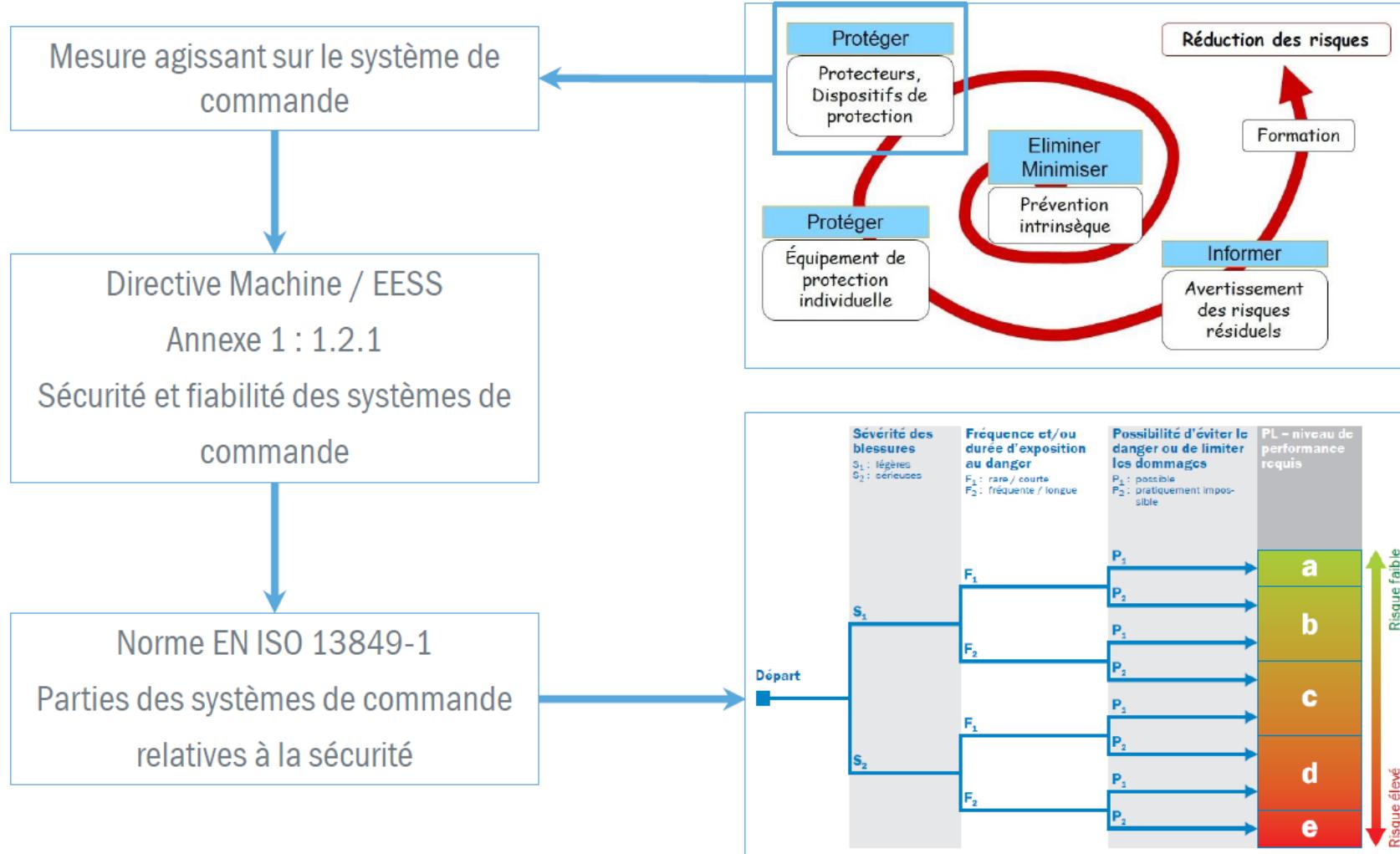
Stratégie de réduction des risques

Mise en place des solutions techniques ou organisationnelles



Réduction des risques

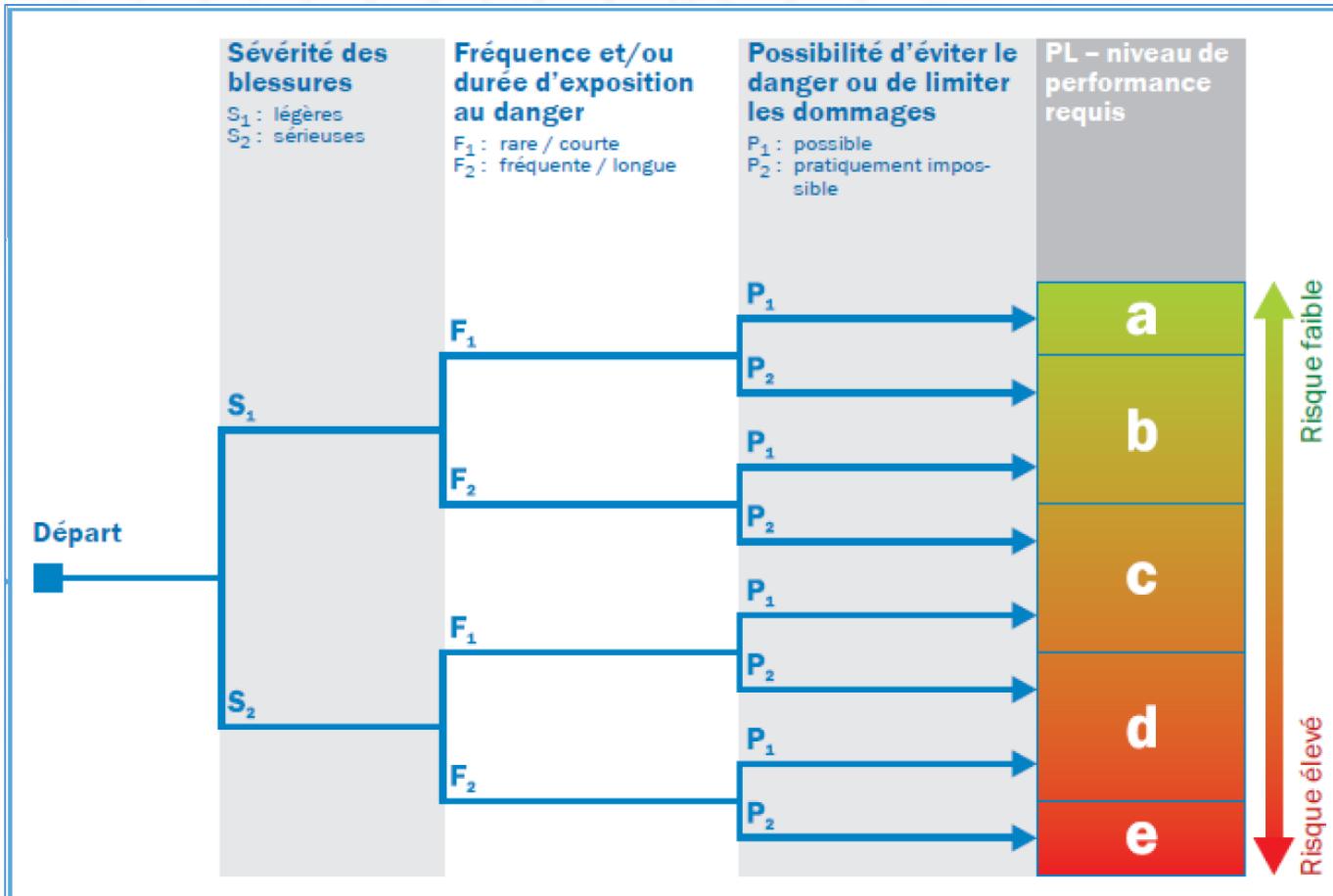
Stratégie de réduction des risques



Appréciation des risques

Stratégie de réduction des risques

Notion de PL (Niveau de Performance)



Appréciation des risques

Stratégie de réduction des risques



1. Définir la fonction de sécurité

2. Déterminer le PL_r

Performance Level

3. Conception

4. Identifier les SRP/CS

Parties de commande liées à la sécurité

5. Isoler les sous-systèmes

Probabilité de défaillance
dangereuse

6. Déterminer les PFHD & PL

← Pour chaque sous-système

7. Déterminer le PL global

8. Atteinte du PL \geq PL_r ?

9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

Les 9 étapes

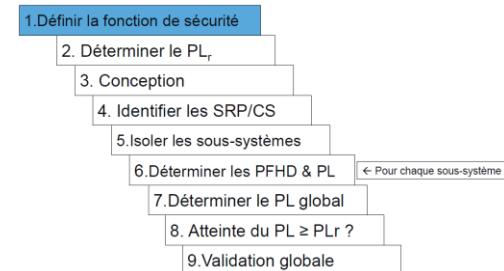
Définition de la fonction de sécurité



Exemple pour comprendre

Fonction de sécurité:

*Le mouvement de l'outil sera stoppé,
lorsqu'au moins 1 main sera retirée
de la double commande.*

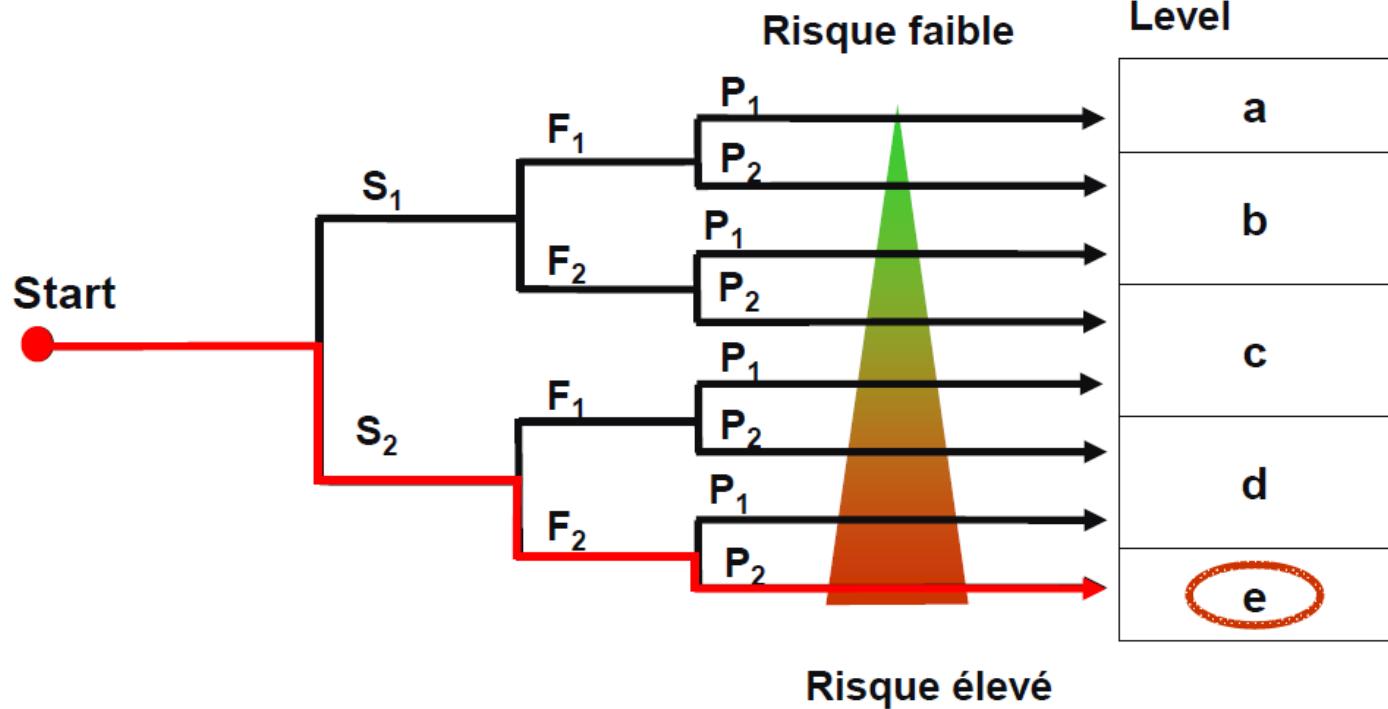


Application de la norme NF EN ISO 13849-1

1 - Définir la fonction de sécurité

Détermination du PL_r

Exemple pour comprendre

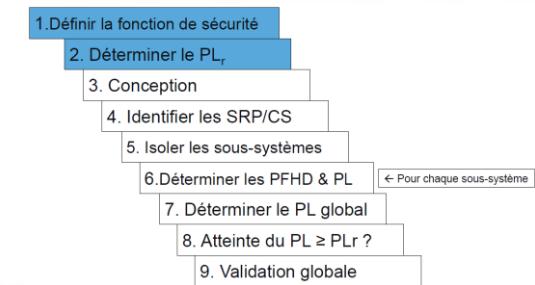


PL - Nécessaire Performance Level

S: Sévérité de la blessure
S1: Légère
S2: Sérieuse

F: Fréquence et/ou
Temps d'exposition
au risque
F1: Rare / Court
F2: Permanent / Long

P: Possibilité d'éviter
le danger ou
limiter son effet
P1: Possible
P2: impossible

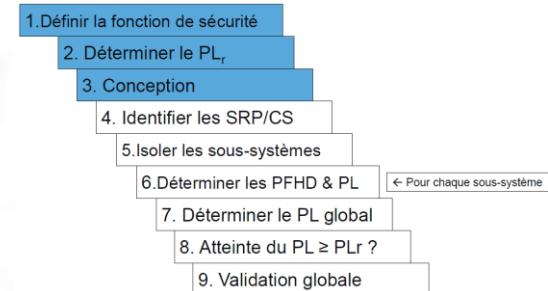
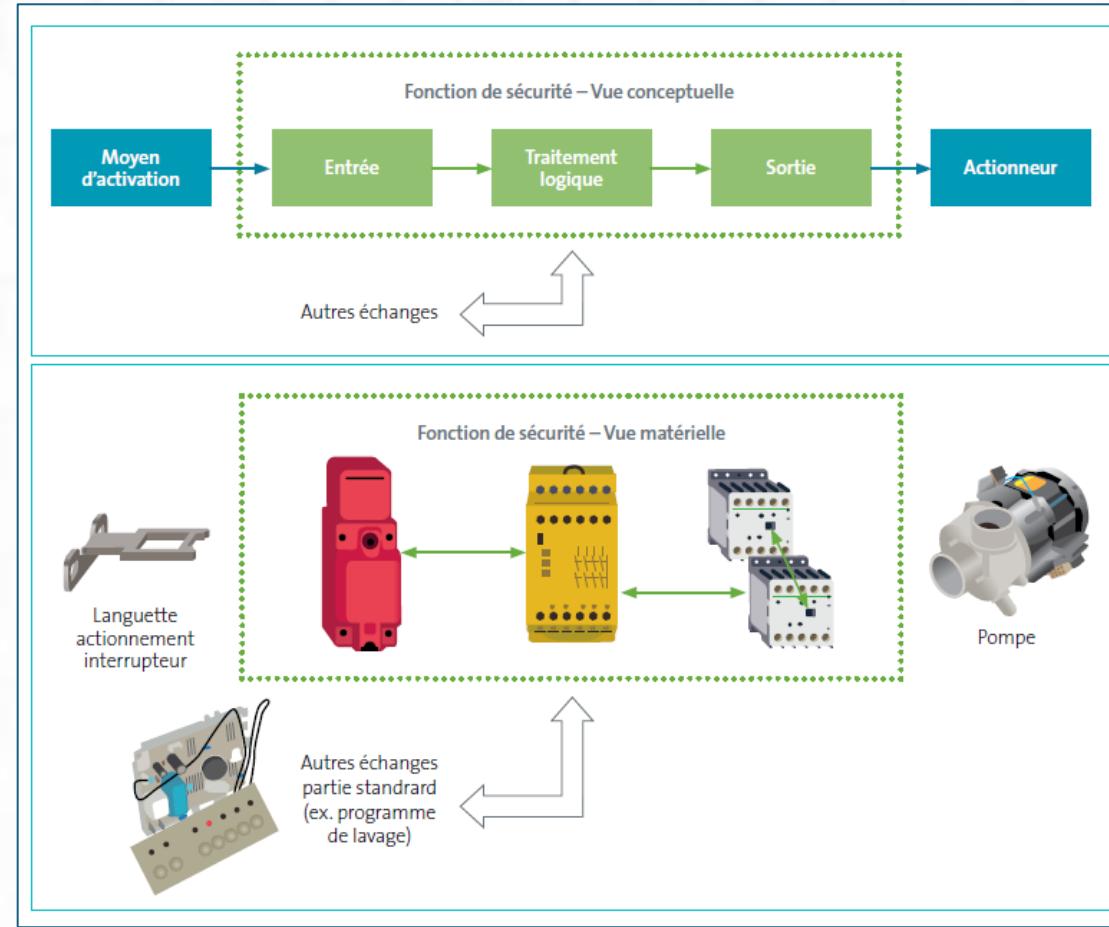


Application de la norme NF EN ISO 13849-1

2 – Déterminer le PL_r



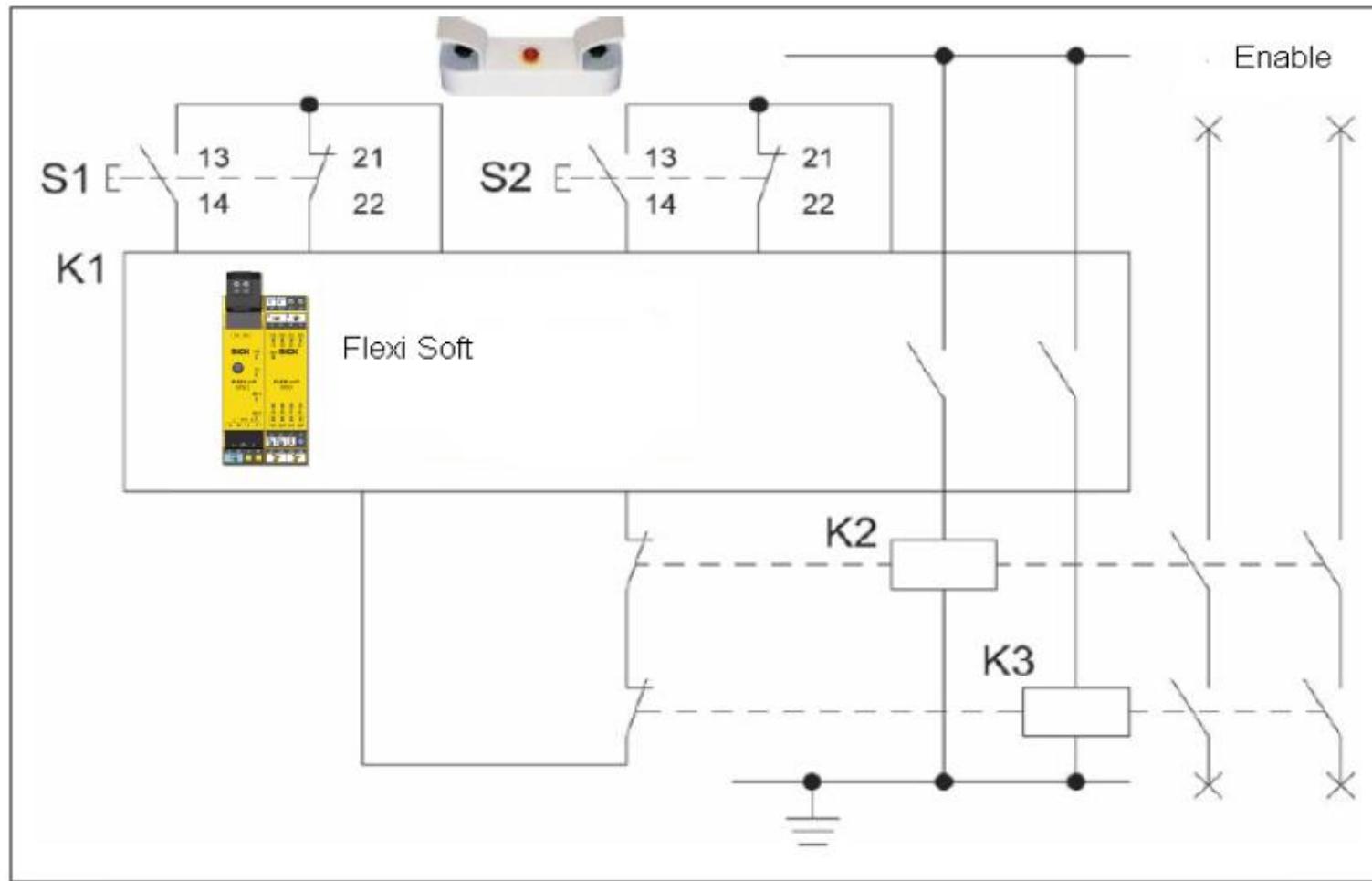
Décomposition d'un (SRP/CS) (*Safety-Related Parts of Control Systems*) et éléments externes



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

3 – Conception

Structure retenue



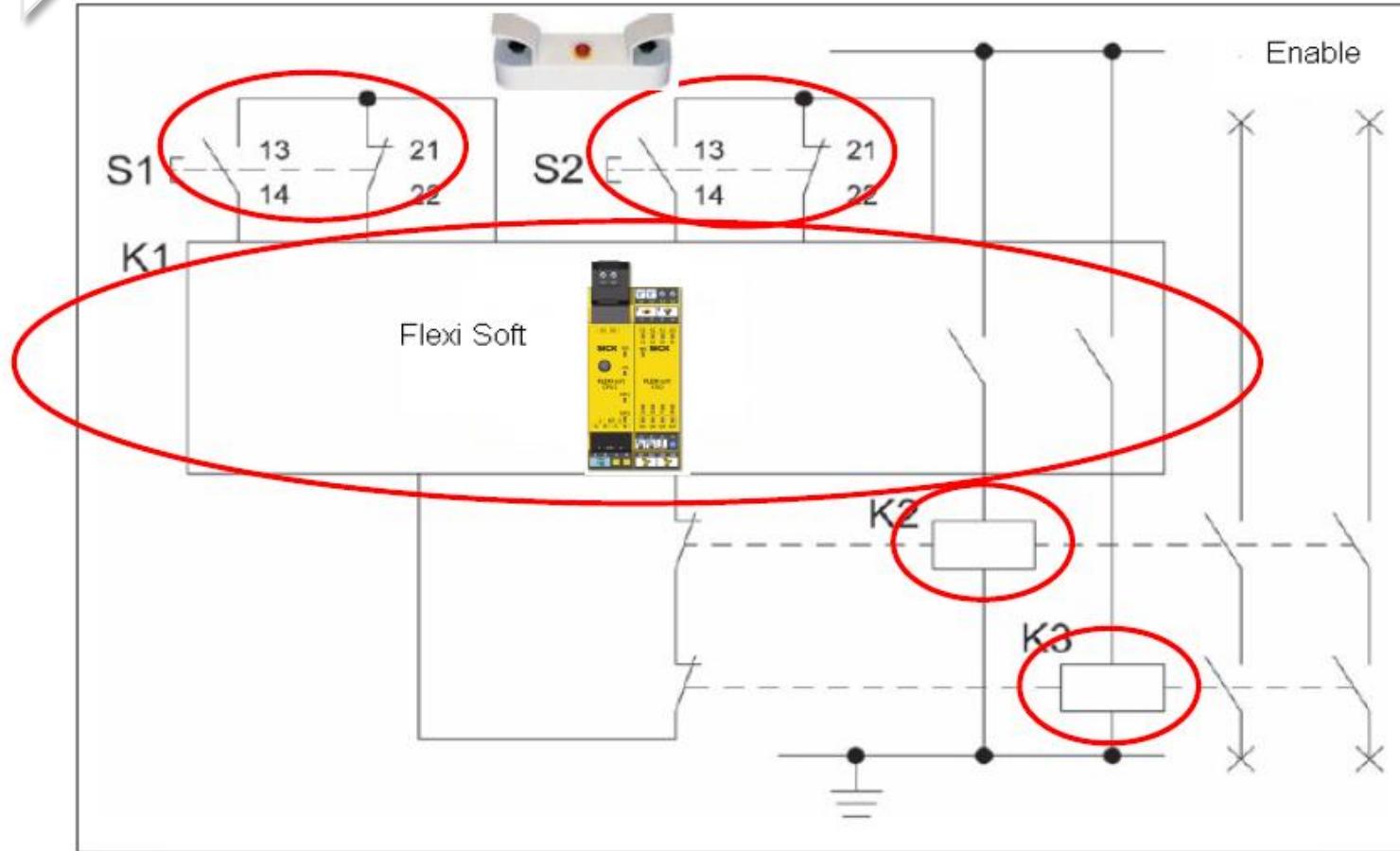
Exemple pour comprendre

- ```
graph TD; A[1. Définir la fonction de sécurité] --> B[2. Déterminer le PLr]; B --> C[3. Conception]; C --> D[4. Identifier les SRP/CS]; D --> E[5. Isoler les sous-systèmes]; E --> F[6. Déterminer les PFHD & PL]; F --> G[7. Déterminer le PL global]; G --> H[8. Atteinte du PL ≥ PLr?]; H --> I[9. Validation globale];
```

← Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

# Identification des SRP/CS



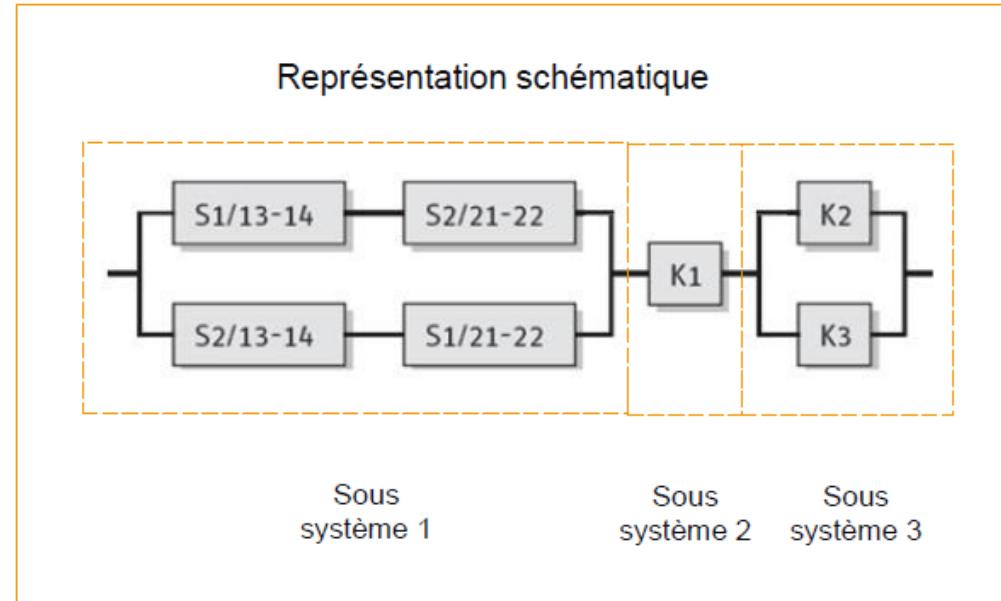
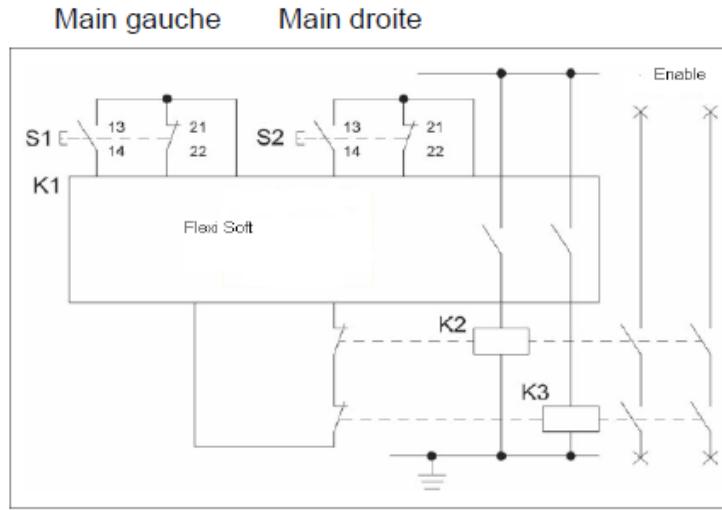
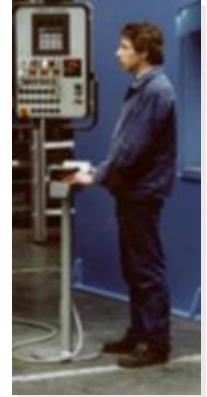
Exemple pour comprendre

1. Définir la fonction de sécurité
  2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
  3. Conception
  4. Identifier les SRP/CS
  5. Isoler les sous-systèmes
  6. Déterminer les PFHD & PL
  7. Déterminer le PL global
  8. Atteinte du PL  $\geq$  PL<sub>r</sub> ?
  9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

4 – Identifier les SRP/CS

# Isolement des sous systèmes



Exemple pour comprendre



1. Définir la fonction de sécurité
  2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
  3. Conception
  4. Identifier les SRP/CS
  5. Isoler les sous-systèmes
  6. Déterminer les PFHD & PL
  7. Déterminer le PL global
  8. Atteinte du PL  $\geq$  PL<sub>r</sub> ?
  9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

5 - Isoler les sous-systèmes

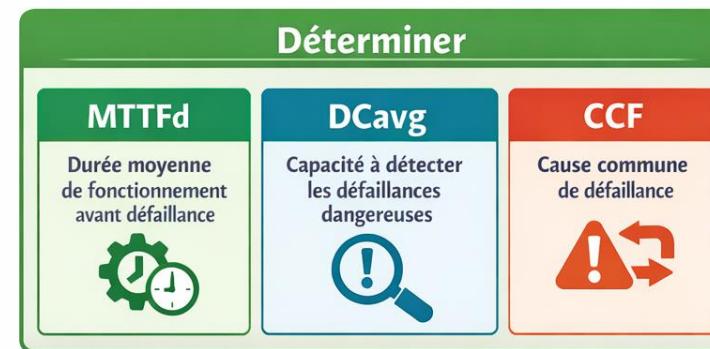
# Procédure pour déterminer le PL

## Composants de sécurité

### Caractéristiques techniques relatives à la sécurité Flexi Soft XTIO

|                                                                                                                                                  | XTIO                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Niveau d'intégrité de la sécurité (CEI 61508)                                                                                                    | Niveau d'intégrité de la sécurité 3 |
| Niveau d'intégrité de la sécurité (CEI 62061)                                                                                                    |                                     |
| Catégorie (ISO 13849) <sup>1)</sup>                                                                                                              |                                     |
| Pour les sorties mono canal avec impulsions de test activées sur toutes les sorties de sécurité (Q1 ... Q4)                                      | Catégorie 4 <sup>2)</sup>           |
| Pour les sorties mono canal avec impulsions de test désactivées sur cette sortie ou sur n'importe quelle autre sortie de sécurité (Q1 ... Q4)    | Catégorie 3 <sup>2) 3)</sup>        |
| Pour les sorties double canal avec ou sans impulsions de test désactivées sur cette sortie de sécurité ou sur n'importe quelle autre (Q1 ... Q4) | Catégorie 4 <sup>3) 4)</sup>        |
| Niveau de performance (ISO 13849)                                                                                                                | PL e                                |
| PFH <sub>D</sub> <sup>1)</sup>                                                                                                                   |                                     |
| Pour sorties mono canal                                                                                                                          | $4,8 \times 10^{-9}$                |
| Pour sorties double canal                                                                                                                        | $0,9 \times 10^{-9}$                |
| PFD <sub>avg</sub> <sup>1)</sup>                                                                                                                 |                                     |
| Pour sorties mono canal                                                                                                                          | $4,2 \times 10^{-4}$                |
| Pour sorties double canal                                                                                                                        | $5 \times 10^{-5}$                  |
| T <sub>M</sub> (durée d'utilisation) (ISO 13849)                                                                                                 | 20 ans <sup>3)</sup>                |

## Composants d'usage général



1. Définir la fonction de sécurité
2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
3. Conception
4. Identifier les SRP/CS
5. Isoler les sous-systèmes
6. Déterminer les PFHd & PL<sub>r</sub>  
↳ Pour chaque sous-système
7. Déterminer le PL global
8. Atteinte du PL<sub>r</sub> ?
9. Validation globale

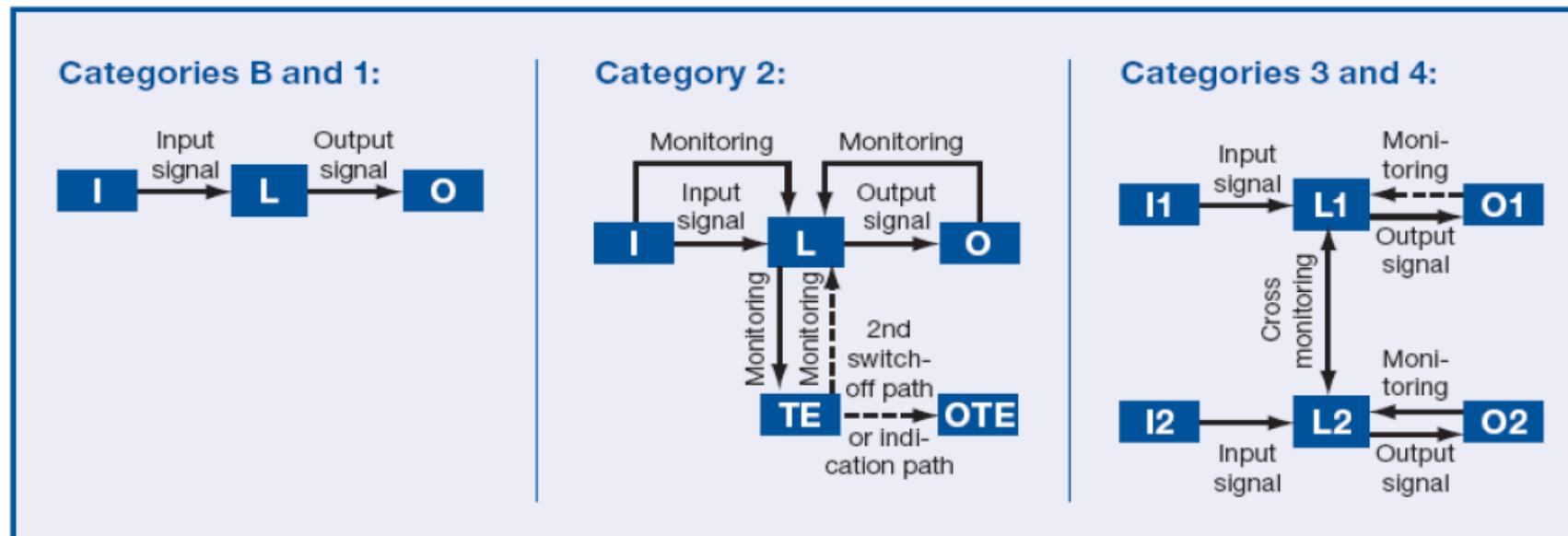
Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

# Catégorie du matériel

Les catégories vont de **B, 1, 2, 3 à 4.**

Architecture électrique :



PFHd : probabilité moyenne  
de défaillance dangereuse  
par heure

1. Définir la fonction de sécurité
  2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
  3. Conception
  4. Identifier les SRP/CS
  5. Isoler les sous-systèmes
  6. Déterminer les PFHD & PL
  7. Déterminer le PL global
  8. Atteinte du PL ≥ PL<sub>r</sub> ?
  9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

Mono canal

Mono canal + Test

Double canal

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système



# Détermination du MTTFd : Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse)

La norme NF EN ISO 13849-1 donne une méthode simplifiée pour les **composants électromécaniques**.

$$MTTFd = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op} \times h_{op} \times d}$$

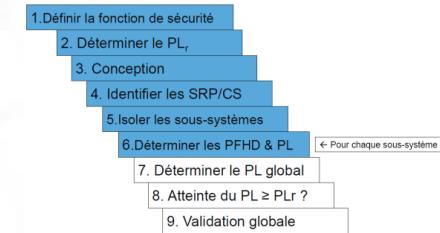
| Symbol                 | Signification                                                  | Unité    | Commentaire                                  |
|------------------------|----------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------|
| <b>MTTFd</b>           | Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse) | Année    | A calculer                                   |
| <b>B<sub>10d</sub></b> | Nombre de cycles avant 10 % de défaillances dangereuses        | cycles   | Donné ou estimé par le constructeur          |
| <b>n<sub>op</sub></b>  | Nombre d'opérations par heure                                  | cycles/h | Fréquence d'utilisation                      |
| <b>h<sub>op</sub></b>  | Heures de fonctionnement par jour                              | h/j      | Typiquement 8 à 24                           |
| <b>d</b>               | Jours de fonctionnement par an                                 | j/an     | Typiquement 220 (industriel) à 365 (continu) |

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse) (MTTF<sub>d</sub>)

| MTTF <sub>d</sub> | Plage de valeur                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| Faible            | 3 ans ≤ MTTF <sub>d</sub> < 10 ans   |
| Moyen             | 10 ans ≤ MTTF <sub>d</sub> < 30 ans  |
| Elevé             | 30 ans ≤ MTTF <sub>d</sub> < 100 ans |



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer le PFH<sub>d</sub> et PL de chaque sous-système

# Détermination du DCavg : capacité du système à détecter les défaillances dangereuses

C'est la mesure de l'efficience du diagnostic qui peut être déterminé par le rapport entre le taux de défaillances dangereuses détectées et le taux de défaillances dangereuses total.

$$DC = \frac{\sum \lambda_{dd}}{\sum \lambda_d}$$

| DC     | Range          |                                                                        |
|--------|----------------|------------------------------------------------------------------------|
| None   | DC < 60%       | Un seul contact. Aucune surveillance. Défaut possible non détecté      |
| Low    | 60% ≤ DC < 90% | Test au démarrage. Test périodique manuel                              |
| Medium | 90% ≤ DC < 99% | Surveillance de court-circuit. Contrôle de discordance. Test cyclique. |
| High   | 99% ≤ DC       | Redondance surveillée et testée en permanence.                         |



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

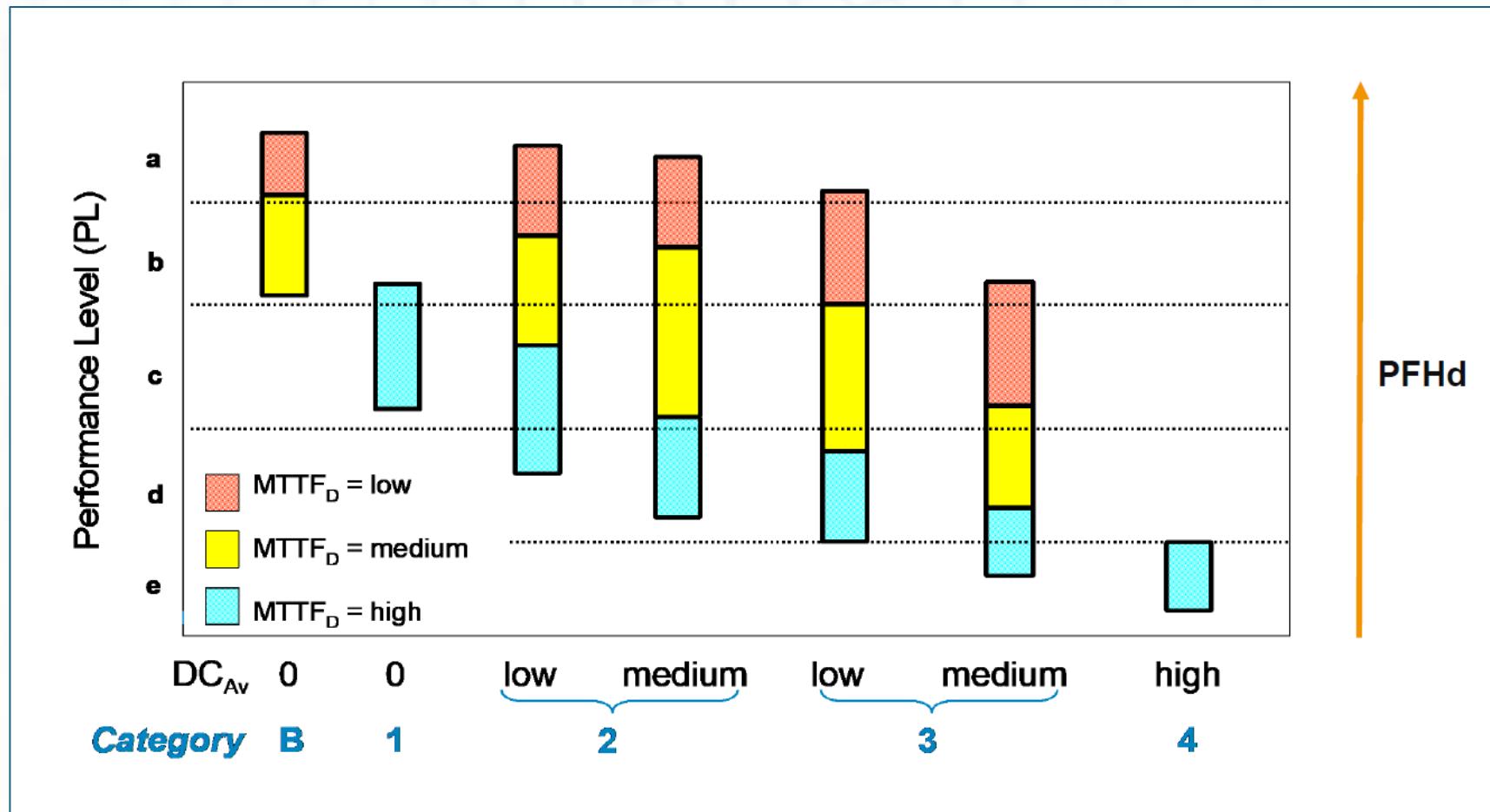
# Relations entre Catégorie et niveau de performance (PL)

| Catégorie | Principe de fonctionnement                                       | DCavg (Couverture de diagnostic) | MTTFd (Fiabilité composants) | PL atteignable | Commentaire                                                                                                |
|-----------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B         | Mesures de base – conception sûre, mais sans détection de défaut | - (aucun diagnostic) <60%        | Faible → Haut                | a              | Convient aux risques faibles ; une seule défaillance peut conduire à une perte de la fonction de sécurité. |
| 1         | Comme Cat. B, mais avec composants fiables                       | - (aucun diagnostic) <60%        | Moyen à Haut                 | a → b          | Fiabilité accrue mais sans détection de défauts.                                                           |
| 2         | Diagnostic par tests périodiques                                 | Faible<br>$60\% \leq DC < 90\%$  | Moyen à Haut                 | b → c          | Une défaillance entre deux tests peut rester non détectée.                                                 |
| 3         | Architecture redondante, détection partielle des fautes          | Moyen<br>$90\% \leq DC < 99\%$   | Moyen à Haut                 | c → d          | Une seule défaillance ne doit pas entraîner la perte de la fonction de sécurité.                           |
| 4         | Architecture redondante + surveillance continue                  | Élevé<br>$\geq 99\%$             | Moyen à Haut                 | d → e          | Même en cas de défaillances multiples, la sécurité est maintenue ; niveau de fiabilité maximal.            |

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

# Relations entre niveau de performance (PL), Catégorie, MTTFd, PFHd et DCavg



**PFHd :**  
probabilité moyenne  
de défaillance  
dangereuse  
par heure

**MTTFd :**  
(Durée moyenne de  
fonctionnement avant  
défaillance  
(dangereuse)) –  
fiabilité des  
composants

**DCavg :**  
capacité du système  
à détecter les  
défaillances  
dangereuses

1. Définir la fonction de sécurité
2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
3. Conception
4. Identifier les SRP/CS
5. Isoler les sous-systèmes
6. Déterminer les PFHD & PL<sub>r</sub> ↗ Pour chaque sous-système
7. Déterminer le PL global
8. Atteinte du PL  $\geq$  PL<sub>r</sub> ?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

# Relations entre niveau de performance (PL), Catégorie, MTTFd, PFHd et DCavg

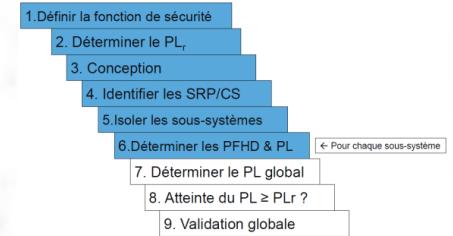
Tableau K.1 (suite)

| MTTF <sub>d</sub> pour chaque canal années | Probabilité moyenne d'une défaillance dangereuse par heure (1/h) et niveau de performance correspondant (PL) |    |                                     |    |                                      |    |                                       |    |                                      |    |                                       |    |                                      |    |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------|----|--------------------------------------|----|---------------------------------------|----|--------------------------------------|----|---------------------------------------|----|--------------------------------------|----|
|                                            | Cat. B<br>DC <sub>avg</sub> = nulle                                                                          | PL | Cat. 1<br>DC <sub>avg</sub> = nulle | PL | Cat. 2<br>DC <sub>avg</sub> = faible | PL | Cat. 2<br>DC <sub>avg</sub> = moyenne | PL | Cat. 3<br>DC <sub>avg</sub> = faible | PL | Cat. 3<br>DC <sub>avg</sub> = moyenne | PL | Cat. 4<br>DC <sub>avg</sub> = élevée | PL |
| 15                                         | $7,61 \times 10^{-6}$                                                                                        | b  |                                     |    | $4,53 \times 10^{-6}$                | b  | $3,01 \times 10^{-6}$                 | b  | $1,82 \times 10^{-6}$                | c  | $7,44 \times 10^{-7}$                 | d  |                                      |    |
| 16                                         | $7,13 \times 10^{-6}$                                                                                        | b  |                                     |    | $4,21 \times 10^{-6}$                | b  | $2,77 \times 10^{-6}$                 | c  | $1,67 \times 10^{-6}$                | c  | $6,76 \times 10^{-7}$                 | d  |                                      |    |
| 18                                         | $6,34 \times 10^{-6}$                                                                                        | b  |                                     |    | $3,68 \times 10^{-6}$                | b  | $2,37 \times 10^{-6}$                 | c  | $1,41 \times 10^{-6}$                | c  | $5,67 \times 10^{-7}$                 | d  |                                      |    |
| 20                                         | $5,71 \times 10^{-6}$                                                                                        | b  |                                     |    | $3,26 \times 10^{-6}$                | b  | $2,06 \times 10^{-6}$                 | c  | $1,22 \times 10^{-6}$                | c  | $4,85 \times 10^{-7}$                 | d  |                                      |    |
| 22                                         | $5,19 \times 10^{-6}$                                                                                        | b  |                                     |    | $2,93 \times 10^{-6}$                | c  | $1,82 \times 10^{-6}$                 | c  | $1,07 \times 10^{-6}$                | c  | $4,21 \times 10^{-7}$                 | d  |                                      |    |
| 24                                         | $4,76 \times 10^{-6}$                                                                                        | b  |                                     |    | $2,65 \times 10^{-6}$                | c  | $1,62 \times 10^{-6}$                 | c  | $9,47 \times 10^{-7}$                | d  | $3,70 \times 10^{-7}$                 | d  |                                      |    |
| 27                                         | $4,23 \times 10^{-6}$                                                                                        | b  |                                     |    | $2,32 \times 10^{-6}$                | c  | $1,39 \times 10^{-6}$                 | c  | $8,04 \times 10^{-7}$                | d  | $3,10 \times 10^{-7}$                 | d  |                                      |    |
| 30                                         |                                                                                                              |    | $3,80 \times 10^{-6}$               | b  | $2,06 \times 10^{-6}$                | c  | $1,21 \times 10^{-6}$                 | c  | $6,94 \times 10^{-7}$                | d  | $2,65 \times 10^{-7}$                 | d  | $9,54 \times 10^{-8}$                | e  |
| 33                                         |                                                                                                              |    | $3,46 \times 10^{-6}$               | b  | $1,85 \times 10^{-6}$                | c  | $1,06 \times 10^{-6}$                 | c  | $5,94 \times 10^{-7}$                | d  | $2,30 \times 10^{-7}$                 | d  | $8,57 \times 10^{-8}$                | e  |
| 36                                         |                                                                                                              |    | $3,17 \times 10^{-6}$               | b  | $1,67 \times 10^{-6}$                | c  | $9,39 \times 10^{-7}$                 | d  | $5,16 \times 10^{-7}$                | d  | $2,01 \times 10^{-7}$                 | d  | $7,77 \times 10^{-8}$                | e  |
| 39                                         |                                                                                                              |    | $2,93 \times 10^{-6}$               | c  | $1,53 \times 10^{-6}$                | c  | $8,40 \times 10^{-7}$                 | d  | $4,53 \times 10^{-7}$                | d  | $1,78 \times 10^{-7}$                 | d  | $7,11 \times 10^{-8}$                | e  |
| 43                                         |                                                                                                              |    | $2,65 \times 10^{-6}$               | c  | $1,37 \times 10^{-6}$                | c  | $7,34 \times 10^{-7}$                 | d  | $3,87 \times 10^{-7}$                | d  | $1,54 \times 10^{-7}$                 | d  | $6,37 \times 10^{-8}$                | e  |
| 47                                         |                                                                                                              |    | $2,43 \times 10^{-6}$               | c  | $1,24 \times 10^{-6}$                | c  | $6,49 \times 10^{-7}$                 | d  | $3,35 \times 10^{-7}$                | d  | $1,34 \times 10^{-7}$                 | d  | $5,76 \times 10^{-8}$                | e  |
| 51                                         |                                                                                                              |    | $2,24 \times 10^{-6}$               | c  | $1,13 \times 10^{-6}$                | c  | $5,80 \times 10^{-7}$                 | d  | $2,93 \times 10^{-7}$                | d  | $1,19 \times 10^{-7}$                 | d  | $5,26 \times 10^{-8}$                | e  |
| 56                                         |                                                                                                              |    | $2,04 \times 10^{-6}$               | c  | $1,02 \times 10^{-6}$                | c  | $5,10 \times 10^{-7}$                 | d  | $2,52 \times 10^{-7}$                | d  | $1,03 \times 10^{-7}$                 | d  | $4,73 \times 10^{-8}$                | e  |
| 62                                         |                                                                                                              |    | $1,84 \times 10^{-6}$               | c  | $9,06 \times 10^{-7}$                | d  | $4,43 \times 10^{-7}$                 | d  | $2,13 \times 10^{-7}$                | d  | $8,84 \times 10^{-8}$                 | e  | $4,22 \times 10^{-8}$                | e  |
| 68                                         |                                                                                                              |    | $1,68 \times 10^{-6}$               | c  | $8,17 \times 10^{-7}$                | d  | $3,90 \times 10^{-7}$                 | d  | $1,84 \times 10^{-7}$                | d  | $7,68 \times 10^{-8}$                 | e  | $3,80 \times 10^{-8}$                | e  |
| 75                                         |                                                                                                              |    | $1,52 \times 10^{-6}$               | c  | $7,31 \times 10^{-7}$                | d  | $3,40 \times 10^{-7}$                 | d  | $1,57 \times 10^{-7}$                | d  | $6,62 \times 10^{-8}$                 | e  | $3,41 \times 10^{-8}$                | e  |
| 82                                         |                                                                                                              |    | $1,39 \times 10^{-6}$               | c  | $6,61 \times 10^{-7}$                | d  | $3,01 \times 10^{-7}$                 | d  | $1,35 \times 10^{-7}$                | d  | $5,79 \times 10^{-8}$                 | e  | $3,08 \times 10^{-8}$                | e  |
| 91                                         |                                                                                                              |    | $1,25 \times 10^{-6}$               | c  | $5,88 \times 10^{-7}$                | d  | $2,61 \times 10^{-7}$                 | d  | $1,14 \times 10^{-7}$                | d  | $4,94 \times 10^{-8}$                 | e  | $2,74 \times 10^{-8}$                | e  |
| 100                                        |                                                                                                              |    | $1,14 \times 10^{-6}$               | c  | $5,28 \times 10^{-7}$                | d  | $2,29 \times 10^{-7}$                 | d  | $1,01 \times 10^{-7}$                | d  | $4,29 \times 10^{-8}$                 | e  | $2,47 \times 10^{-8}$                | e  |

**PFHd :**  
probabilité moyenne de défaillance dangereuse par heure

**MTTFd :**  
(Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse)) — fiabilité des composants

**DCavg :**  
capacité du système à détecter les défaillances dangereuses

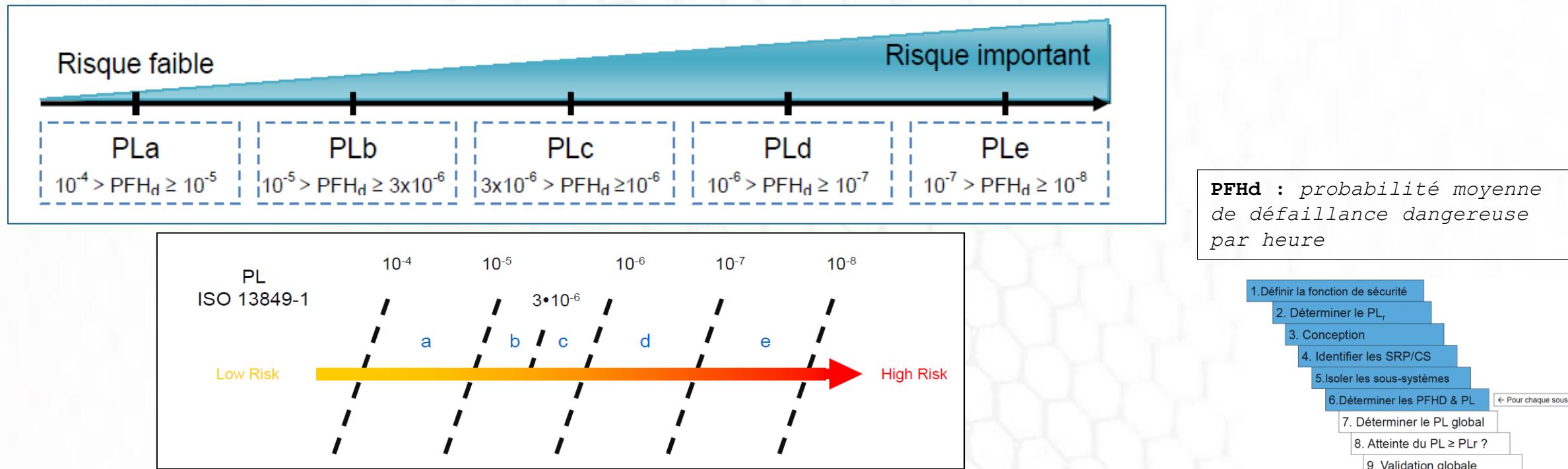


Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

## Relation entre PFHd et PL

Pour chaque niveau de performance, la norme fait correspondre une valeur de **probabilité moyenne d'une défaillance dangereuse par heure** (PFHd) du système de commande. Une défaillance est qualifiée de dangereuse lorsqu'elle peut conduire à une situation potentiellement dangereuse.



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

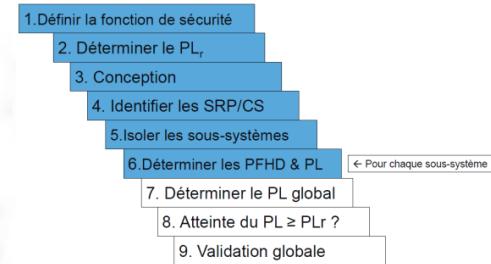
# Détermination de CCF : Cause commune de défaillance

Une CCF, c'est quand deux voies censées être indépendantes tombent en panne pour la même raison.

Ex: Il n'est pas possible de lire son journal même si l'on a 2 yeux lorsque le soir la lumière disparaît soudainement.

Elle est traitée via une check-list à points (Annexe F de la norme).

**Un minimum de 65 points est requis pour valider les catégories 2, 3 et 4.**

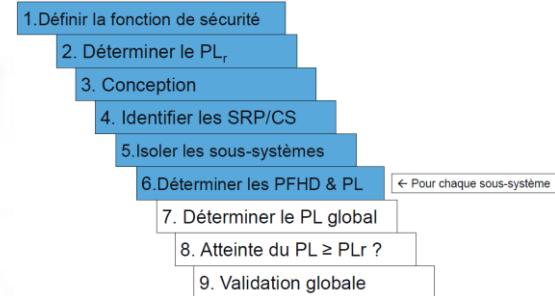


Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

# Détermination de CCF : Cause commune de défaillance

| N°  | Mesure contre les CCF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Score |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1   | <b>Séparation/Isolement</b><br><br>Séparation physique entre les voies de signaux:<br>séparation dans le câblage, le tuyautage,<br>distances d'isolation et lignes de fuite suffisantes sur les cartes de circuits imprimés.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 15    |
| 2   | <b>Diversité</b><br><br>Différents principes de conception/technologies ou principes physiques sont utilisés, par exemple:<br>premier canal électronique programmable et second canal câblé<br>sorte d'initialisation<br>pression et température<br>Mesurage de la distance et de la pression, par exemple:<br>numérique et analogique,<br>Composants de divers fabricants                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 20    |
| 3   | <b>Conception/application/expérience</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |
| 3.1 | Protection contre surtension, surpression, surintensité, etc.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 15    |
| 3.2 | Utilisation de composants éprouvés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5     |
| 4   | <b>Appréciation/analyse</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       |
|     | Les résultats d'une analyse des modes de défaillance et de leurs effets sont-ils pris en compte pour prévenir les défaillances de cause commune à la conception ?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 5     |
| 5   | <b>Compétence/formation</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       |
|     | Les concepteurs spécialistes de la maintenance sont-ils formés pour comprendre les causes et les conséquences des défaillances de cause commune ?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 5     |
| 6   | <b>Environnement</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |       |
| 6.1 | Prévention de la contamination et de la compatibilité électromagnétique (CEM) contre les CCF en conformité avec les normes pertinentes<br><br>Systèmes fluides: filtration du medium sous pression, prévention de l'absorption des impuretés, drainage de l'air comprimé, par exemple en conformité avec les exigences du fabricant du composant en ce qui concerne la pureté du medium sous pression,<br>Systèmes électriques: l'immunité électromagnétique du système a-t-elle été vérifiée, par exemple comme spécifié dans des normes produits applicables ?<br>Pour des systèmes combinés fluides et électriques, il convient de considérer les deux aspects. | 25    |
| 6.2 | Autres influences<br><br>Les exigences relatives à l'immunité contre toutes les influences environnementales pertinentes telles que température, choc, vibration, humidité sont-elles prises en compte, par exemple comme spécifié dans les normes applicables ?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 10    |



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

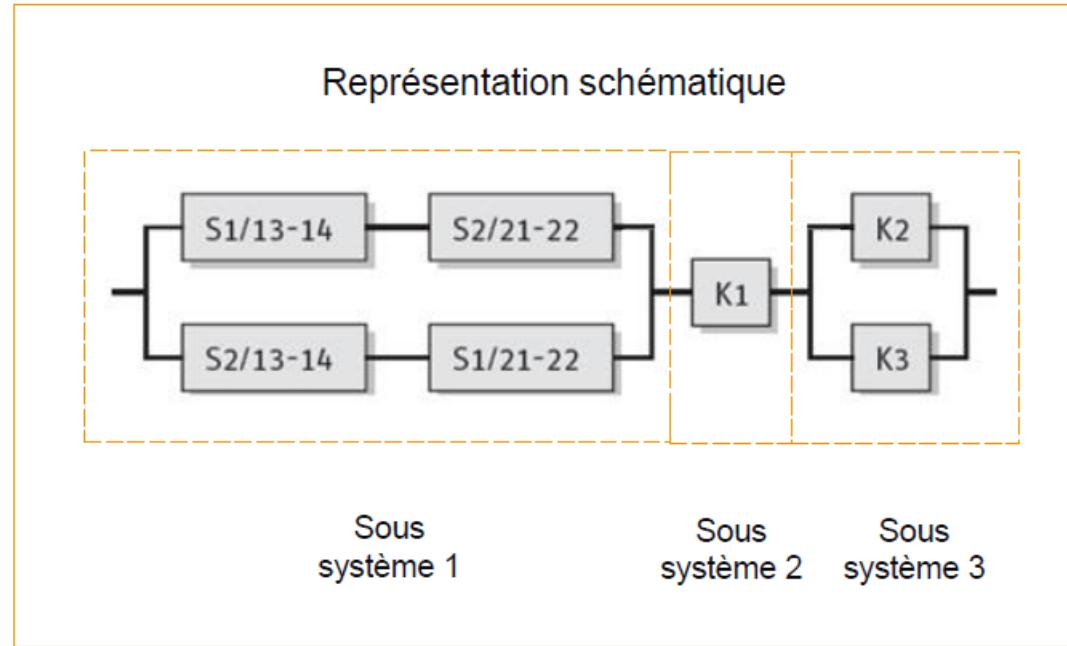
# DÉTERMINATION DU PFHD & PL POUR LE SOUS-SYSTEME 1

Exemple pour comprendre

## Sous-système 1

Caractérisé par :

- ❖  $PFH_D$ ,
- ❖  $PL$ ,
- ❖ catégorie,
- ❖  $T_m$



**PFH<sub>d</sub>** :  
probabilité moyenne  
de défaillance  
dangereuse par heure

**PL** :  
niveau de performance

**T<sub>m</sub>** :  
durée de vie

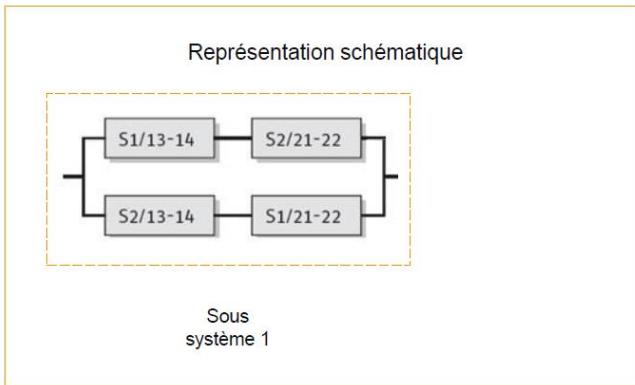
1. Définir la fonction de sécurité
2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
3. Conception
4. Identifier les SRP/CS
5. Isoler les sous-systèmes
6. Déterminer les PFHD & PL
  - ← Pour chaque sous-système
7. Déterminer le PL global
8. Atteinte du PL ≥ PL<sub>r</sub> ?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

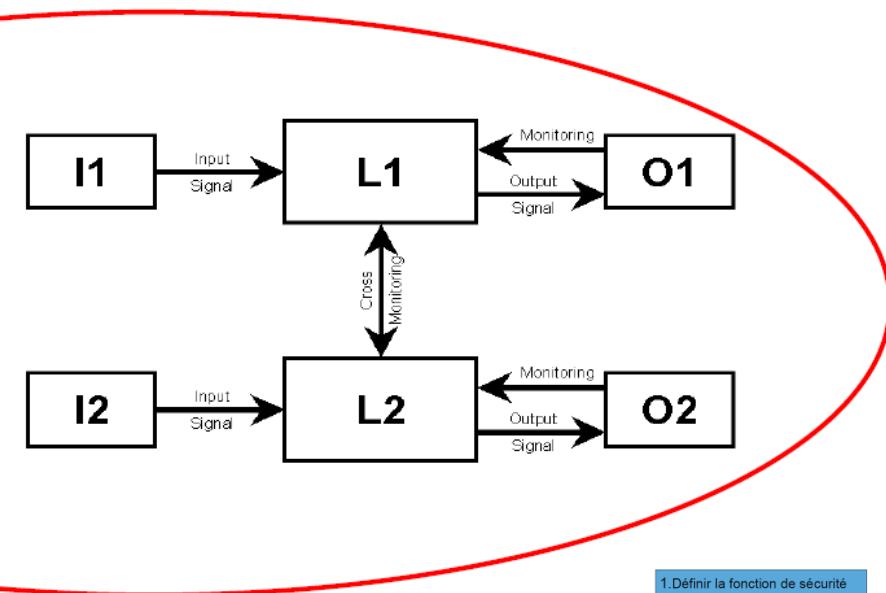


# Détermination de la catégorie du sous-système 1

Exemple pour comprendre



Système en double canal  
→ Catégorie 3 ou 4



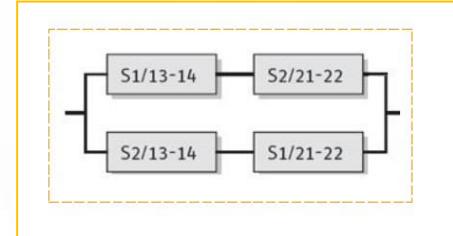
1. Définir la fonction de sécurité
  2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
  3. Conception
  4. Identifier les SRP/CS
  5. Isoler les sous-systèmes
  6. Déterminer les PFHD & PL
  7. Déterminer le PL global
  8. Atteinte du PL ≥ PL<sub>r</sub> ?
  9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer les PFHd et PL

# CALCUL DU MTTF<sub>d</sub> DU SOUS-SYSTEME 1

Exemple pour comprendre



**B10<sub>d</sub>:**

Nombre de cycles jusqu'à ce que 10% des composants aient une défaillance dangereuse  
(pour composants pneumatiques, électromécaniques).

$$MTTF_d = \frac{B10_d}{0,1 * nb \text{ opération}}$$

$$n_{op} = d_{op} \cdot h_{op} \cdot C$$

C = fréquence d'utilisation

d<sub>op</sub> = nombre de jour/an

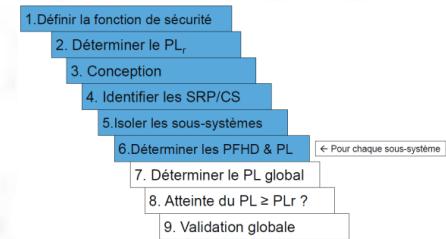
h<sub>op</sub> = nombre d'h/jour

**MTTF<sub>d</sub> :**

(Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance dangereuse) – fiabilité des composants

A noter:

- B10<sub>d</sub> = 2 B10
- T10<sub>d</sub> = B10<sub>d</sub> / n<sub>op</sub>
- T10<sub>d</sub>: Temps moyen pour que 10% des composants aient une défaillance dangereuse



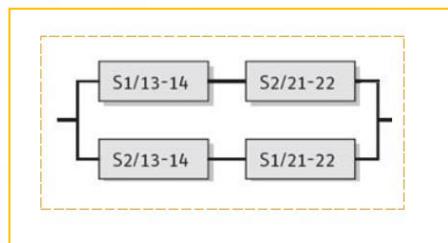
Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer les PFHd et PL

# CALCUL DU MTTFd DU SOUS-SYSTEME 1

Exemple pour comprendre

Dans notre cas, S1 et S2 sont identiques ils ont même valeur MTTFd. Sinon, il faut prendre le MTTFd le plus faible.



EN ISO 13849-1:

$B_{10,D,S1} = B_{10,D,S2} = 20.000.000$  de manoeuvres

Hypothèses:

$C$  (fréquence d'utilisation) = 180 /h  
 $d_o$  (nombre de jour/an) = 240 d/a  
 $h_{op}$ (nombre d'h/jour) = 8 h/d

## Calcul par composant

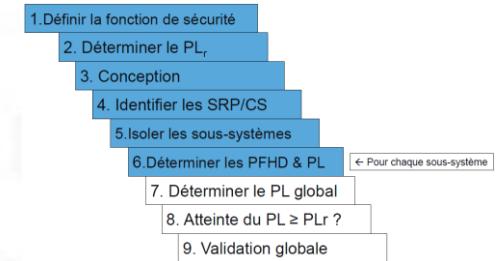
$$MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0,1 \cdot n_{op}}$$

$$MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0,1 \cdot d_{op} \cdot h_{op} \cdot C}$$

$$MTTF_D = \frac{20.000.000}{0,1 \cdot 240 \frac{d}{a} \cdot 8 \frac{h}{d} \cdot 180 \frac{1}{h}}$$

$$\boxed{MTTF_D > 100 \text{ ans}}$$

**MTTFd :**  
(Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse)) – fiabilité des composants



**$MTTF_D = „Elevé“$**

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer les PFHd et PL

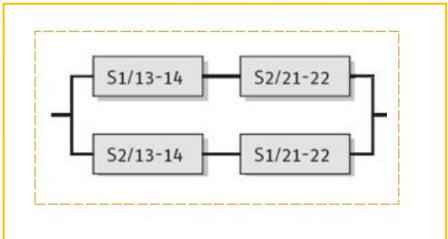
# ESTIMATION DU DCavg DU SOUS SYSTÈME 1

Exemple pour comprendre

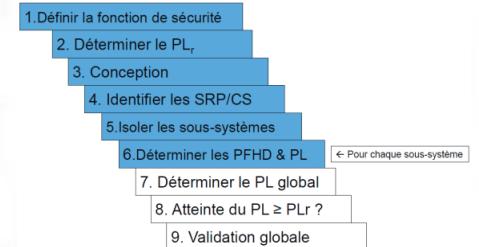
Table E.1 — Abstract: Estimates for diagnostic coverage (DC)

|                | Mesure                                                                                                                                                                                                                            | DC                                                   |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Entrée</b>  | Stimulus d'essai cyclique par changement dynamique des signaux d'entrée                                                                                                                                                           | 90%                                                  |
| <b>Entrée</b>  | Contrôle de vraisemblance, e.g. utilisation d'un contact normalement ouvert et un contact normalement fermé et contacts guidés                                                                                                    | 99%                                                  |
| <b>Entrée</b>  | Surveillance de quelques caractéristiques du capteur (temps de réponse, gamme des signaux analogiques, e.g. résistance électrique, capacité)                                                                                      | 60%                                                  |
| <b>Entrée</b>  | Surveillance croisée des entrées sans test dynamique                                                                                                                                                                              | 0%..99% (selon la fréquence de changement de signal) |
| <b>Logique</b> | Principe dynamique (tous les composants de la logique doivent changer d'état ON-OFF-ON quand la fonction de sécurité est activée), e.g. surveillance des dispositifs électromécaniques par éléments de contact mécaniquement liés | 99%                                                  |
| <b>Logique</b> | Unité de contrôle: Auto-test par software                                                                                                                                                                                         | 60%..90%                                             |
| <b>Sorties</b> | Voie d'arrêt redondante avec surveillance de l'un des actionneurs soit par logique ou par équipement de test                                                                                                                      | 90%                                                  |
| <b>Sorties</b> | Surveillance directe (par exemple surveillance de position électrique des distributeurs de commande, surveillance des dispositifs électromécaniques par éléments de contact mécaniquement liés).                                  | 99%                                                  |
| <b>General</b> | Détection de défaut par le procédé                                                                                                                                                                                                | 0%..99% (not alone for PL „e“)                       |

→ DC<sub>Avg</sub> = 99 % = high



**DCavg :**  
capacité du système à détecter les défaillances dangereuses



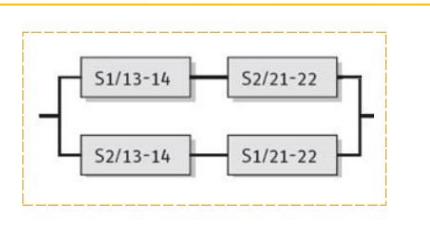
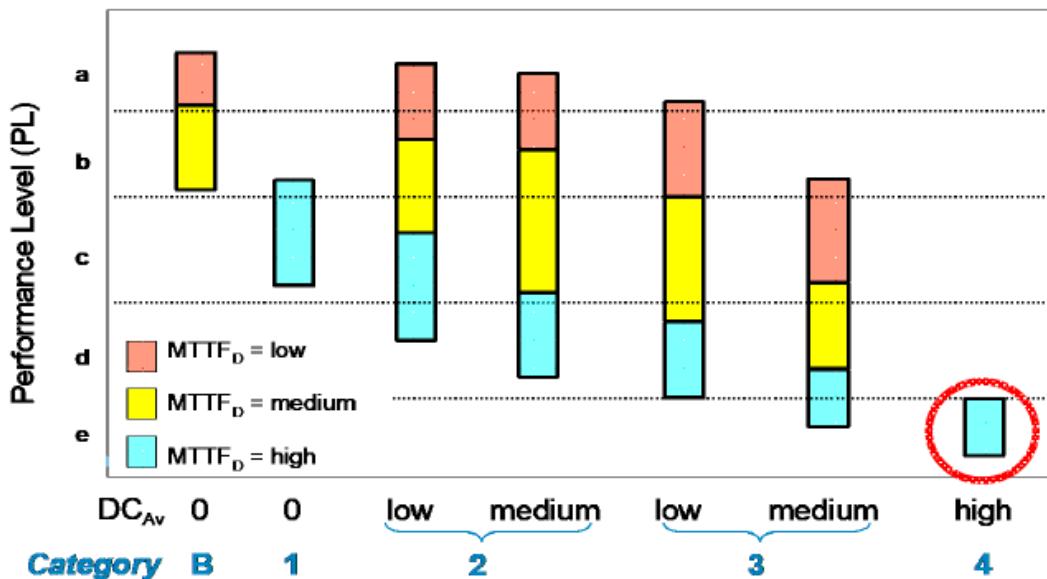
Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer les PFHd et PL

# PERFORMANCE LEVEL DU SOUS SYSTÈME 1

Exemple pour comprendre

1. Catégorie 3 ou 4
2.  $MTTF_D \rightarrow$  high (élévé)
3.  $DC_{AVG} \rightarrow$  high (élévé)



**MTTF<sub>D</sub>** :

(Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse)) – fiabilité des composants

**DC<sub>Avg</sub>** :

capacité du système à détecter les défaillances dangereuses

1. Définir la fonction de sécurité
  2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
  3. Conception
  4. Identifier les SRP/CS
  5. Isoler les sous-systèmes
  6. Déterminer les PFHD & PL
  7. Déterminer le PL global
  8. Atteinte du PL  $\geq$  PL<sub>r</sub> ?
  9. Validation globale
- Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer les PFHd et PL

# PL ET PFHd DU SOUS SYSTÈME 1

## Exemple pour comprendre

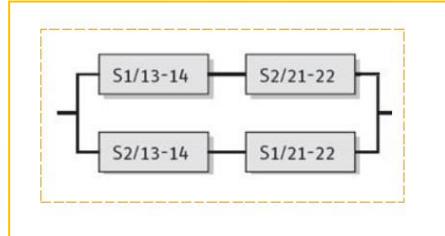


Tableau K.1 (suite)

| MTTF <sub>d</sub> pour chaque canal années | Cat. B PL                 |                           | Cat. 1 PL                  |                            | Cat. 2 PL                   |                            | Cat. 2 PL                   |                            | Cat. 3 PL                 |                           | Cat. 3 PL                  |                             | Cat. 4 PL                  |   |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---|
|                                            | DC <sub>avg</sub> = nulle | DC <sub>avg</sub> = nulle | DC <sub>avg</sub> = faible | DC <sub>avg</sub> = faible | DC <sub>avg</sub> = moyenne | DC <sub>avg</sub> = faible | DC <sub>avg</sub> = moyenne | DC <sub>avg</sub> = élevée | DC <sub>avg</sub> = nulle | DC <sub>avg</sub> = nulle | DC <sub>avg</sub> = faible | DC <sub>avg</sub> = moyenne | DC <sub>avg</sub> = élevée |   |
| 15                                         | $7,61 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $4,53 \times 10^{-6}$      | b                           | $3,01 \times 10^{-6}$      | b                           | $1,82 \times 10^{-6}$      | c                         | $7,44 \times 10^{-7}$     | d                          |                             |                            |   |
| 16                                         | $7,13 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $4,21 \times 10^{-6}$      | b                           | $2,77 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,67 \times 10^{-6}$      | c                         | $6,76 \times 10^{-7}$     | d                          |                             |                            |   |
| 18                                         | $6,34 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $3,68 \times 10^{-6}$      | b                           | $2,37 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,41 \times 10^{-6}$      | c                         | $5,67 \times 10^{-7}$     | d                          |                             |                            |   |
| 20                                         | $5,71 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $3,26 \times 10^{-6}$      | b                           | $2,06 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,22 \times 10^{-6}$      | c                         | $4,85 \times 10^{-7}$     | d                          |                             |                            |   |
| 22                                         | $5,19 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $2,93 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,82 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,07 \times 10^{-6}$      | c                         | $4,21 \times 10^{-7}$     | d                          |                             |                            |   |
| 24                                         | $4,76 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $2,65 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,62 \times 10^{-6}$      | c                           | $9,47 \times 10^{-7}$      | d                         | $3,70 \times 10^{-7}$     | d                          |                             |                            |   |
| 27                                         | $4,23 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $2,32 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,39 \times 10^{-6}$      | c                           | $8,04 \times 10^{-7}$      | d                         | $3,10 \times 10^{-7}$     | d                          |                             |                            |   |
| 30                                         |                           | $3,80 \times 10^{-6}$     | b                          | $2,06 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,21 \times 10^{-6}$      | c                           | $6,94 \times 10^{-7}$      | d                         | $2,65 \times 10^{-7}$     | d                          | $9,54 \times 10^{-8}$       | e                          |   |
| 33                                         |                           |                           | $3,46 \times 10^{-6}$      | b                          | $1,85 \times 10^{-6}$       | c                          | $1,06 \times 10^{-6}$       | c                          | $5,94 \times 10^{-7}$     | d                         | $2,30 \times 10^{-7}$      | d                           | $8,57 \times 10^{-8}$      | e |
| 36                                         |                           |                           | $3,17 \times 10^{-6}$      | b                          | $1,67 \times 10^{-6}$       | c                          | $9,39 \times 10^{-7}$       | d                          | $5,16 \times 10^{-7}$     | d                         | $2,01 \times 10^{-7}$      | d                           | $7,77 \times 10^{-8}$      | e |
| 39                                         |                           |                           | $2,93 \times 10^{-6}$      | c                          | $1,53 \times 10^{-6}$       | c                          | $8,40 \times 10^{-7}$       | d                          | $4,53 \times 10^{-7}$     | d                         | $1,78 \times 10^{-7}$      | d                           | $7,11 \times 10^{-8}$      | e |
| 43                                         |                           |                           | $2,65 \times 10^{-6}$      | c                          | $1,37 \times 10^{-6}$       | c                          | $7,34 \times 10^{-7}$       | d                          | $3,87 \times 10^{-7}$     | d                         | $1,54 \times 10^{-7}$      | d                           | $6,37 \times 10^{-8}$      | e |
| 47                                         |                           |                           | $2,43 \times 10^{-6}$      | c                          | $1,24 \times 10^{-6}$       | c                          | $6,49 \times 10^{-7}$       | d                          | $3,35 \times 10^{-7}$     | d                         | $1,34 \times 10^{-7}$      | d                           | $5,76 \times 10^{-8}$      | e |
| 51                                         |                           |                           | $2,24 \times 10^{-6}$      | c                          | $1,13 \times 10^{-6}$       | c                          | $5,80 \times 10^{-7}$       | d                          | $2,93 \times 10^{-7}$     | d                         | $1,19 \times 10^{-7}$      | d                           | $5,26 \times 10^{-8}$      | e |
| 56                                         |                           |                           | $2,04 \times 10^{-6}$      | c                          | $1,02 \times 10^{-6}$       | c                          | $5,10 \times 10^{-7}$       | d                          | $2,52 \times 10^{-7}$     | d                         | $1,03 \times 10^{-7}$      | d                           | $4,73 \times 10^{-8}$      | e |
| 62                                         |                           |                           | $1,84 \times 10^{-6}$      | c                          | $9,06 \times 10^{-7}$       | d                          | $4,43 \times 10^{-7}$       | d                          | $2,13 \times 10^{-7}$     | d                         | $8,84 \times 10^{-8}$      | e                           | $4,22 \times 10^{-8}$      | e |
| 68                                         |                           |                           | $1,68 \times 10^{-6}$      | c                          | $8,17 \times 10^{-7}$       | d                          | $3,90 \times 10^{-7}$       | d                          | $1,84 \times 10^{-7}$     | d                         | $7,68 \times 10^{-8}$      | e                           | $3,80 \times 10^{-8}$      | e |
| 75                                         |                           |                           | $1,52 \times 10^{-6}$      | c                          | $7,31 \times 10^{-7}$       | d                          | $3,40 \times 10^{-7}$       | d                          | $1,57 \times 10^{-7}$     | d                         | $6,62 \times 10^{-8}$      | e                           | $3,41 \times 10^{-8}$      | e |
| 82                                         |                           |                           | $1,39 \times 10^{-6}$      | c                          | $6,61 \times 10^{-7}$       | d                          | $3,01 \times 10^{-7}$       | d                          | $1,35 \times 10^{-7}$     | d                         | $5,79 \times 10^{-8}$      | e                           | $3,08 \times 10^{-8}$      | e |
| 91                                         |                           |                           | $1,25 \times 10^{-6}$      | c                          | $5,88 \times 10^{-7}$       | d                          | $2,61 \times 10^{-7}$       | d                          | $1,14 \times 10^{-7}$     | d                         | $4,94 \times 10^{-8}$      | e                           | $2,74 \times 10^{-8}$      | e |
| 100                                        |                           |                           | $1,14 \times 10^{-6}$      | c                          | $5,26 \times 10^{-7}$       | d                          | $2,29 \times 10^{-7}$       | d                          | $1,01 \times 10^{-7}$     | d                         | $4,29 \times 10^{-8}$      | e                           | $2,47 \times 10^{-8}$      | e |

MTTFd :

(Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse)) – fiabilité des composants

PFHd :

probabilité moyenne de défaillance dangereuse par heure

**PFHd sous système 1 :  $2,47 \times 10^{-8}$**

**PL sous système 1 : e**

1. Définir la fonction de sécurité
2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
3. Conception
4. Identifier les SRP/CS
5. Isoler les sous-systèmes
6. Déterminer les PFHD et PL<sub>r</sub> [Pour chaque sous-système]
7. Déterminer le PL global
8. Atteinte du PL ≥ PL<sub>r</sub> ?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer les PFHd et PL

# DÉTERMINATION DU PFHD & PL POUR LE SOUS-SYSTEME 2

## Exemple pour comprendre



### Sous-système 2 (composant de sécurité)

Caractérisé par :

- ❖ PF<sub>Hd</sub>,
- ❖ PL,
- ❖ catégorie,
- ❖ T<sub>m</sub>

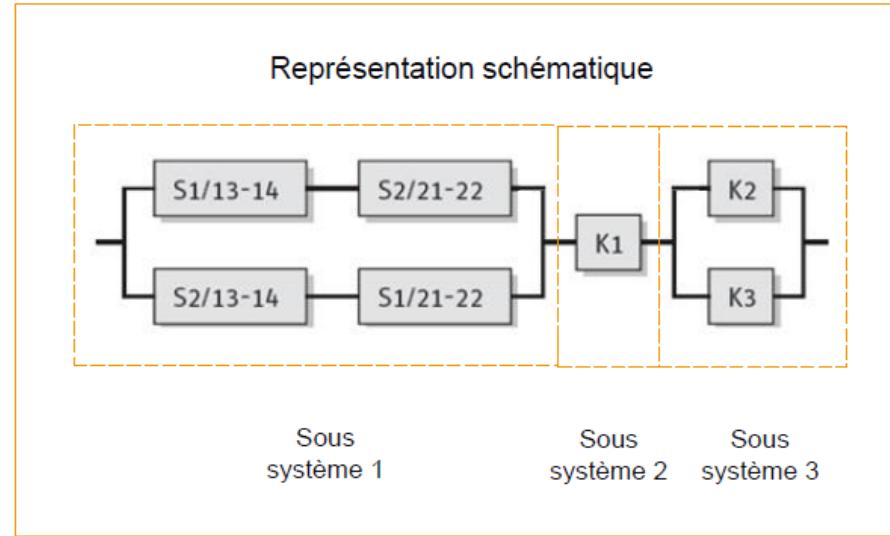
Fournis par SICK

**PF<sub>Hd</sub> = 5,85 e-9**

PL „e“

Categorie 4

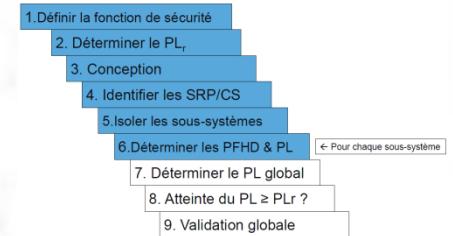
T<sub>m</sub>=20 ans



**PF<sub>Hd</sub> :**  
probabilité moyenne  
de défaillance  
dangereuse par heure

**PL :**  
niveau de performance

**T<sub>m</sub> :**  
durée de vie



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer les PFHd et PL

# DÉTERMINATION DU PFHD & PL POUR LE SOUS-SYSTEME 2

## Exemple pour comprendre

### Caractéristiques techniques relatives à la sécurité Flexi Soft XTO

| XTO                                                                                                                                              |                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Niveau d'intégrité de la sécurité (CEI 61508)                                                                                                    | Niveau d'intégrité de la sécurité 3 |
| Niveau d'intégrité de la sécurité (CEI 62061)                                                                                                    |                                     |
| Catégorie (ISO 13849) <sup>1)</sup>                                                                                                              |                                     |
| Pour les sorties mono canal avec impulsions de test activées sur toutes les sorties de sécurité (Q1 ... Q4)                                      | Catégorie 4 <sup>2)</sup>           |
| Pour les sorties mono canal avec impulsions de test désactivées sur cette sortie ou sur n'importe quelle autre sortie de sécurité (Q1 ... Q4)    | Catégorie 3 <sup>2) 3)</sup>        |
| Pour les sorties double canal avec ou sans impulsions de test désactivées sur cette sortie de sécurité ou sur n'importe quelle autre (Q1 ... Q4) | Catégorie 4 <sup>3) 4)</sup>        |
| Niveau de performance (ISO 13849)                                                                                                                | PL e                                |
| PFH <sub>D</sub> <sup>1)</sup>                                                                                                                   |                                     |
| Pour sorties mono canal                                                                                                                          | $4,8 \times 10^{-9}$                |
| Pour sorties double canal                                                                                                                        | $0,9 \times 10^{-9}$                |
| PFD <sub>avg</sub> <sup>1)</sup>                                                                                                                 |                                     |
| Pour sorties mono canal                                                                                                                          | $4,2 \times 10^{-4}$                |
| Pour sorties double canal                                                                                                                        | $5 \times 10^{-5}$                  |
| T <sub>M</sub> (durée d'utilisation) (ISO 13849)                                                                                                 | 20 ans <sup>3)</sup>                |

### Caractéristiques techniques relatives à la sécurité Flexi Soft CPU

|                                                          | CPU0                                | CPU1/2/3              |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Niveau d'intégrité de la sécurité (CEI 61508)            | Niveau d'intégrité de la sécurité 3 |                       |
| Niveau d'intégrité de la sécurité (CEI 62061)            |                                     |                       |
| Catégorie (ISO 13849)                                    | Catégorie 4                         |                       |
| Niveau de performance (ISO 13849)                        | PL e                                |                       |
| PFH <sub>D</sub>                                         | $1,07 \times 10^{-9}$               | $1,69 \times 10^{-9}$ |
| PFH <sub>D</sub> pour station Flexi Line <sup>1)</sup>   | -                                   | $0,40 \times 10^{-9}$ |
| PFH <sub>D</sub> pour Flexi Link / EFI                   | -                                   | $1,69 \times 10^{-9}$ |
| PFD <sub>avg</sub>                                       | $5 \times 10^{-5}$                  |                       |
| PFD <sub>avg</sub> pour station Flexi Line <sup>1)</sup> | -                                   | $5 \times 10^{-5}$    |
| T <sub>M</sub> (durée d'utilisation) (ISO 13849)         | 20 ans                              |                       |



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer les PFHD et PL

# DÉTERMINATION DU PFHD & PL POUR LE SOUS-SYSTEME 3

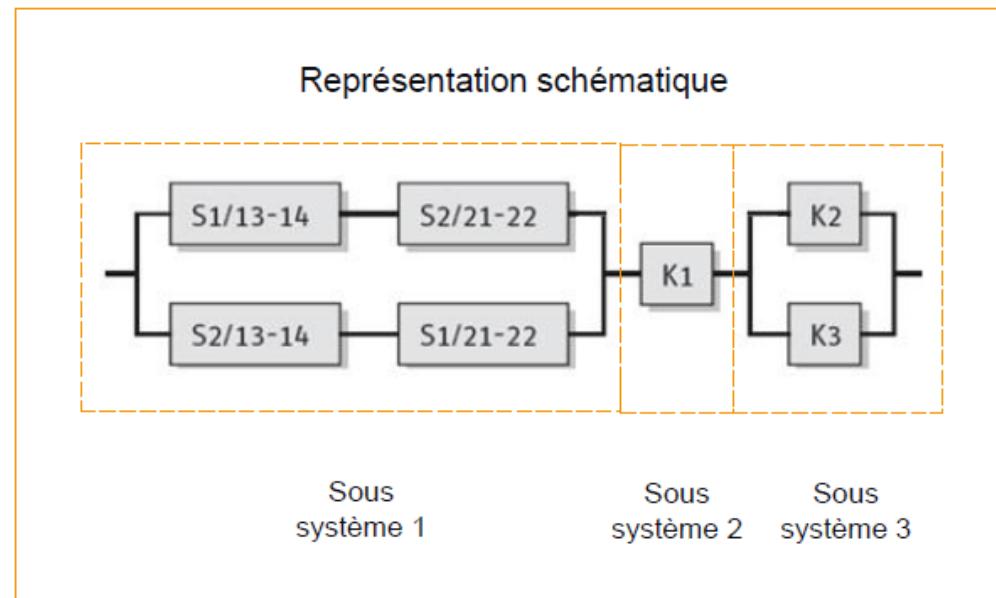
Exemple pour comprendre



## Sous-système 3

Caractérisé par :

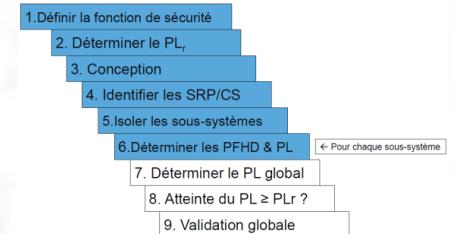
- ❖  $PFH_D$ ,
- ❖  $PL$ ,
- ❖ catégorie,
- ❖  $T_m$



**PFHd :**  
probabilité moyenne  
de défaillance  
dangereuse par heure

**PL :**  
niveau de performance

**Tm :**  
durée de vie



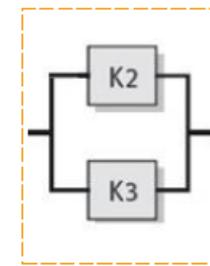
Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer les PFHd et PL

# DÉTERMINATION DE LA CATEGORIE DU SOUS-SYSTEME 3

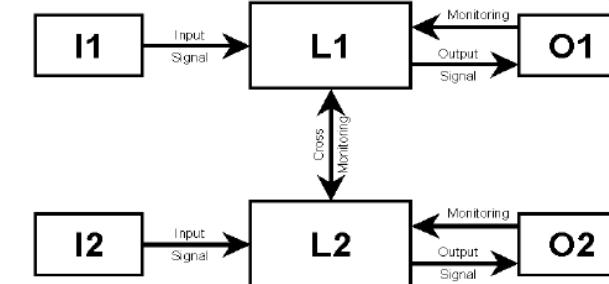
Exemple pour comprendre

Représentation schématique



Sous système 3

Système en double canal  
→ Catégorie 3 ou 4



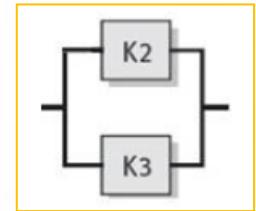
1. Définir la fonction de sécurité
  2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
  3. Conception
  4. Identifier les SRP/CS
  5. Isoler les sous-systèmes
  6. Déterminer les PFHD & PL
  7. Déterminer le PL global
  8. Atteinte du PL ≥ PL<sub>r</sub> ?
  9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer les PFHd et PL

# CALCUL DU MTTF<sub>d</sub> DU SOUS-SYSTEME 3

Exemple pour comprendre



## ▶ Préactionneurs



$$n_{op} = d_{op} \times h_{op} \times C$$

Hypothèse pour les contacteurs  
 $B_{10d} = 2\,000\,000$  cycles

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0,1 \times n_{op}}$$

$$MTTF_d = \frac{2\,000\,000}{0,1 \times 3520}$$

$$MTTF_d = 5682 \text{ ans}$$

Utilisation :  
 $d_{op} = 220 \text{ j/an}$   
 $h_{op} = 16 \text{ h/j}$   
 $C = 1/\text{h}$

| MTTF <sub>d</sub> | Portée                                         |
|-------------------|------------------------------------------------|
| Faible            | $3 \text{ ans} \leq MTTF_d < 10 \text{ ans}$   |
| Moyen             | $10 \text{ ans} \leq MTTF_d < 30 \text{ ans}$  |
| Elevé             | $30 \text{ ans} \leq MTTF_d < 100 \text{ ans}$ |

**MTTF<sub>d</sub> :**  
(Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse)) – fiabilité des composants

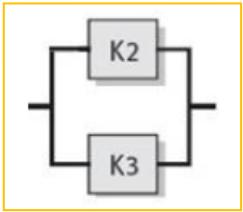
1. Définir la fonction de sécurité
2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
3. Conception
4. Identifier les SRP/CS
5. Isoler les sous-systèmes
6. Déterminer les PFHD & PL ← Pour chaque sous-système
7. Déterminer le PL global
8. Atteinte du PL ≥ PL<sub>r</sub> ?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer les PFH<sub>d</sub> et PL

# ESTIMATION DU DCavg DU SOUS SYSTÈME 3

Exemple pour comprendre

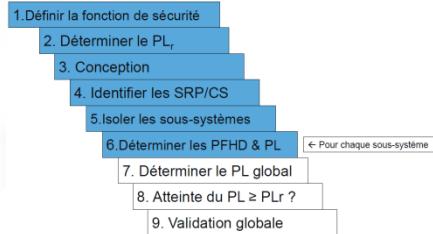


**Table E.1 — Abstract: Estimates for diagnostic coverage (DC)**

|                | <b>Mesure</b>                                                                                                                                                                                                                     | <b>DC</b>                                            |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Entrée</b>  | Stimulus d'essai cyclique par changement dynamique des signaux d'entrée                                                                                                                                                           | 90%                                                  |
| <b>Entrée</b>  | Contrôle de vraisemblance, e.g. utilisation d'un contact normalement ouvert et un contact normalement fermé et contacts guidés                                                                                                    | 99%                                                  |
| <b>Entrée</b>  | Surveillance de quelques caractéristiques du capteur (temps de réponse, gamme des signaux analogiques, e.g. résistance électrique, capacité)                                                                                      | 60%                                                  |
| <b>Entrée</b>  | Surveillance croisée des entrées sans test dynamique                                                                                                                                                                              | 0%..99% (selon la fréquence de changement de signal) |
| <b>Logique</b> | Principe dynamique (tous les composants de la logique doivent changer d'état ON-OFF-ON quand la fonction de sécurité est activée), e.g. surveillance des dispositifs électromécaniques par éléments de contact mécaniquement liés | 99%                                                  |
| <b>Logique</b> | Unité de contrôle: Auto-test par software                                                                                                                                                                                         | 60%..90%                                             |
| <b>Sorties</b> | Voie d'arrêt redondante avec surveillance de l'un des actionneurs soit par logique ou par équipement de test                                                                                                                      | 90%                                                  |
| <b>Sorties</b> | Voie d'arrêt redondante avec surveillance des actionneurs soit par logique ou par équipement de test                                                                                                                              | 99%                                                  |
| <b>Sorties</b> | Surveillance directe (par exemple surveillance de position électrique des distributeurs de commande, surveillance des dispositifs électromécaniques par éléments de contact mécaniquement liés).                                  | 99%                                                  |
| <b>General</b> | Détection de défaut par le procédé                                                                                                                                                                                                | 0%..99% (not alone for PL "e")                       |

→ DC<sub>Avg</sub> = 99 % = high

**DCavg :**  
capacité du système  
à détecter les  
défaillances  
dangereuses



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

# PL ET PFHd DU SOUS SYSTÈME 3

## Exemple pour comprendre

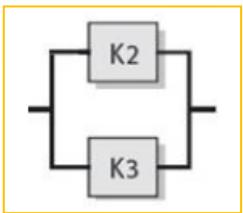


Tableau K.1 (suite)

| MTTF <sub>d</sub> pour chaque canal années | Cat. B PL                 |                           | Cat. 1 PL                  |                             | Cat. 2 PL                  |                             | Cat. 2 PL                  |                             | Cat. 3 PL                  |                           | Cat. 3 PL                 |                            | Cat. 4 PL                 |                            |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                                            | DC <sub>avg</sub> = nulle | DC <sub>avg</sub> = nulle | DC <sub>avg</sub> = faible | DC <sub>avg</sub> = moyenne | DC <sub>avg</sub> = faible | DC <sub>avg</sub> = moyenne | DC <sub>avg</sub> = faible | DC <sub>avg</sub> = moyenne | DC <sub>avg</sub> = élevée | DC <sub>avg</sub> = nulle | DC <sub>avg</sub> = nulle | DC <sub>avg</sub> = élevée | DC <sub>avg</sub> = nulle | DC <sub>avg</sub> = élevée |
| 15                                         | $7,61 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $4,53 \times 10^{-6}$       | b                          | $3,01 \times 10^{-6}$       | b                          | $1,82 \times 10^{-6}$       | c                          | $7,44 \times 10^{-7}$     | d                         |                            |                           |                            |
| 16                                         | $7,13 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $4,21 \times 10^{-6}$       | b                          | $2,77 \times 10^{-6}$       | c                          | $1,67 \times 10^{-6}$       | c                          | $6,76 \times 10^{-7}$     | d                         |                            |                           |                            |
| 18                                         | $6,34 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $3,68 \times 10^{-6}$       | b                          | $2,37 \times 10^{-6}$       | c                          | $1,41 \times 10^{-6}$       | c                          | $5,67 \times 10^{-7}$     | d                         |                            |                           |                            |
| 20                                         | $5,71 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $3,26 \times 10^{-6}$       | b                          | $2,06 \times 10^{-6}$       | c                          | $1,22 \times 10^{-6}$       | c                          | $4,85 \times 10^{-7}$     | d                         |                            |                           |                            |
| 22                                         | $5,19 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $2,93 \times 10^{-6}$       | c                          | $1,82 \times 10^{-6}$       | c                          | $1,07 \times 10^{-6}$       | c                          | $4,21 \times 10^{-7}$     | d                         |                            |                           |                            |
| 24                                         | $4,76 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $2,65 \times 10^{-6}$       | c                          | $1,62 \times 10^{-6}$       | c                          | $9,47 \times 10^{-7}$       | d                          | $3,70 \times 10^{-7}$     | d                         |                            |                           |                            |
| 27                                         | $4,23 \times 10^{-6}$     | b                         |                            | $2,32 \times 10^{-6}$       | c                          | $1,39 \times 10^{-6}$       | c                          | $8,04 \times 10^{-7}$       | d                          | $3,10 \times 10^{-7}$     | d                         |                            |                           |                            |
| 30                                         |                           | $3,80 \times 10^{-6}$     | b                          | $2,06 \times 10^{-6}$       | c                          | $1,21 \times 10^{-6}$       | c                          | $6,94 \times 10^{-7}$       | d                          | $2,65 \times 10^{-7}$     | d                         | $9,54 \times 10^{-8}$      | e                         |                            |
| 33                                         |                           |                           | $3,46 \times 10^{-6}$      | b                           | $1,85 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,06 \times 10^{-6}$      | c                           | $5,94 \times 10^{-7}$      | d                         | $2,30 \times 10^{-7}$     | d                          | $8,57 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 36                                         |                           |                           | $3,17 \times 10^{-6}$      | b                           | $1,67 \times 10^{-6}$      | c                           | $9,39 \times 10^{-7}$      | d                           | $5,16 \times 10^{-7}$      | d                         | $2,01 \times 10^{-7}$     | d                          | $7,77 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 39                                         |                           |                           | $2,93 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,53 \times 10^{-6}$      | c                           | $8,40 \times 10^{-7}$      | d                           | $4,53 \times 10^{-7}$      | d                         | $1,78 \times 10^{-7}$     | d                          | $7,11 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 43                                         |                           |                           | $2,65 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,37 \times 10^{-6}$      | c                           | $7,34 \times 10^{-7}$      | d                           | $3,87 \times 10^{-7}$      | d                         | $1,54 \times 10^{-7}$     | d                          | $6,37 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 47                                         |                           |                           | $2,43 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,24 \times 10^{-6}$      | c                           | $6,49 \times 10^{-7}$      | d                           | $3,35 \times 10^{-7}$      | d                         | $1,34 \times 10^{-7}$     | d                          | $5,76 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 51                                         |                           |                           | $2,24 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,13 \times 10^{-6}$      | c                           | $5,80 \times 10^{-7}$      | d                           | $2,93 \times 10^{-7}$      | d                         | $1,19 \times 10^{-7}$     | d                          | $5,26 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 56                                         |                           |                           | $2,04 \times 10^{-6}$      | c                           | $1,02 \times 10^{-6}$      | c                           | $5,10 \times 10^{-7}$      | d                           | $2,52 \times 10^{-7}$      | d                         | $1,03 \times 10^{-7}$     | d                          | $4,73 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 62                                         |                           |                           | $1,84 \times 10^{-6}$      | c                           | $9,06 \times 10^{-7}$      | d                           | $4,43 \times 10^{-7}$      | d                           | $2,13 \times 10^{-7}$      | d                         | $8,84 \times 10^{-8}$     | e                          | $4,22 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 68                                         |                           |                           | $1,68 \times 10^{-6}$      | c                           | $8,17 \times 10^{-7}$      | d                           | $3,90 \times 10^{-7}$      | d                           | $1,84 \times 10^{-7}$      | d                         | $7,68 \times 10^{-8}$     | e                          | $3,80 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 75                                         |                           |                           | $1,52 \times 10^{-6}$      | c                           | $7,31 \times 10^{-7}$      | d                           | $3,40 \times 10^{-7}$      | d                           | $1,57 \times 10^{-7}$      | d                         | $6,62 \times 10^{-8}$     | e                          | $3,41 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 82                                         |                           |                           | $1,39 \times 10^{-6}$      | c                           | $6,61 \times 10^{-7}$      | d                           | $3,01 \times 10^{-7}$      | d                           | $1,35 \times 10^{-7}$      | d                         | $5,79 \times 10^{-8}$     | e                          | $3,08 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 91                                         |                           |                           | $1,25 \times 10^{-6}$      | c                           | $5,88 \times 10^{-7}$      | d                           | $2,61 \times 10^{-7}$      | d                           | $1,14 \times 10^{-7}$      | d                         | $4,94 \times 10^{-8}$     | e                          | $2,74 \times 10^{-8}$     | e                          |
| 100                                        |                           |                           | $1,14 \times 10^{-6}$      | c                           | $5,26 \times 10^{-7}$      | d                           | $2,29 \times 10^{-7}$      | d                           | $1,01 \times 10^{-7}$      | d                         | $4,29 \times 10^{-8}$     | e                          | $2,47 \times 10^{-8}$     | e                          |

MTTFd :

(Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse)) – fiabilité des composants

PFHd :

probabilité moyenne de défaillance dangereuse par heure

**PFHd sous système 1 :  $2,47 \times 10^{-8}$**

**PL sous système 1 : e**

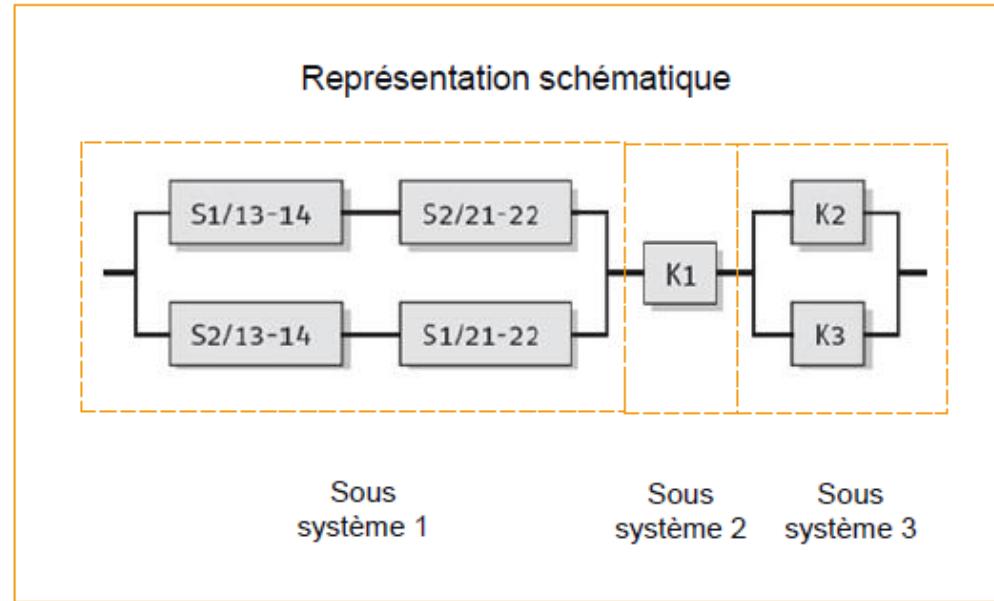
1. Définir la fonction de sécurité
2. Déterminer le PL<sub>r</sub>
3. Conception
4. Identifier les SRP/CS
5. Isoler les sous-systèmes
6. Déterminer les PFHD et PL ← Pour chaque sous-système
7. Déterminer le PL global
8. Atteinte du PL ≥ PL<sub>r</sub> ?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 – Déterminer les PFHd et PL

# DÉTERMINATION DU PFHd GLOBAL

Exemple pour comprendre



**PFHd :**  
probabilité moyenne  
de défaillance  
dangereuse  
par heure

$$PFH_{D,Sub1} + PFH_{D,Sub2} + PFH_{D,Sub3}$$

$$PFHd \text{ GLOBAL} = 2,47e-8 + 5,85 e-9 + 2,47e-8 \approx 6 e-8$$

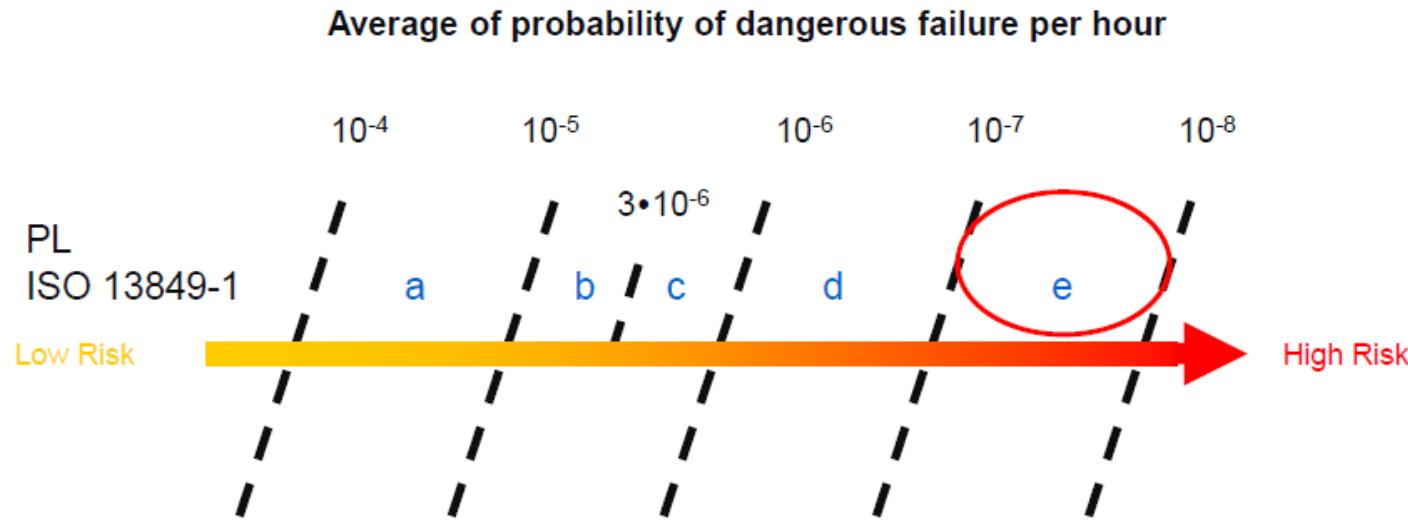
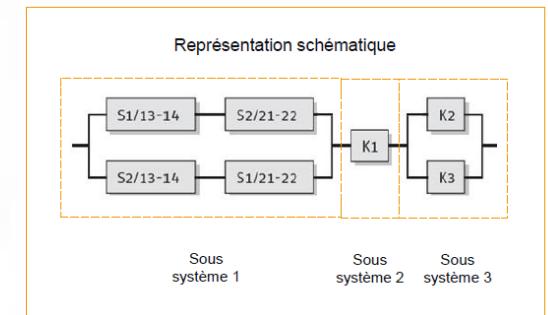


Application de la norme NF EN ISO 13849-1

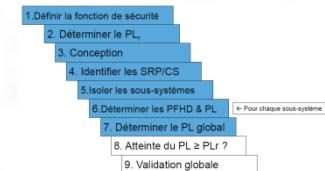
7 - Déterminer le PL global

# DÉTERMINATION DU PL GLOBAL

Exemple pour comprendre



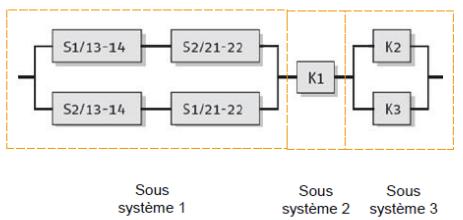
**PFHd :**  
probabilité moyenne  
de défaillance  
dangereuse  
par heure



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

7 - Déterminer le PL global

Représentation schématique



# OBJECTIF ATTEINT: $PL \geq PLr$ ?

Exemple pour comprendre

Niveau de Performance Requis:  $PLr = „e“$

Objectif à atteindre  $PL \rightarrow „e“$



1. Définir la fonction de sécurité
2. Déterminer le  $PL_r$
3. Conception
4. Identifier les SRP/CS
5. Isoler les sous-systèmes
6. Déterminer les PFHD &  $PL$  ← Pour chaque sous-système
7. Déterminer le  $PL$  global
8. Atteinte du  $PL \geq PLr$  ?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

8 - Atteinte du  $PL \geq PLr$  ?

# DÉTERMINATION DU PL GLOBAL

Cas où les sous systèmes sont tous constitués de composants de sécurité

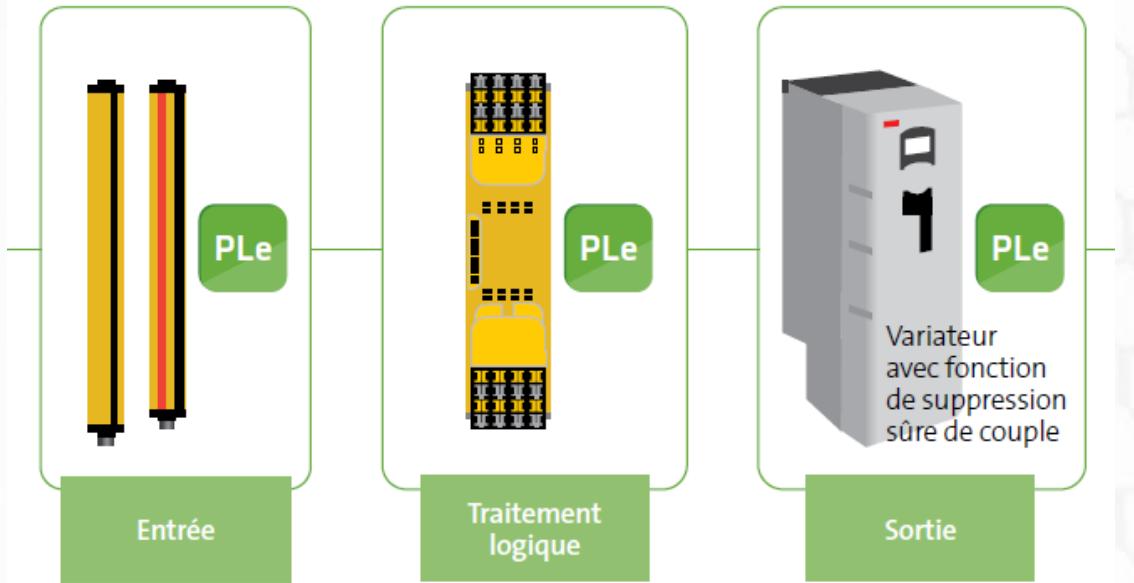
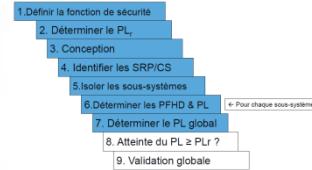


Figure 18. Tableau 11 de la norme NF EN ISO 13849-1

| $PL_{low}$ | $N_{low}$ | => | $PL^*$              |
|------------|-----------|----|---------------------|
| a          | > 3       | => | Aucun, non autorisé |
|            | $\leq 3$  | => | a                   |
| b          | > 2       | => | a                   |
|            | $\leq 2$  | => | b                   |
| c          | > 2       | => | b                   |
|            | $\leq 2$  | => | c                   |
| d          | > 3       | => | c                   |
|            | $\leq 3$  | => | d                   |
| e          | > 3       | => | d                   |
|            | $\leq 3$  | => | e                   |



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

7 - Déterminer le PL global

# Validation globale



Pendant l'intégration et les tests, les points suivants doivent également être documentés:

- : Modifications
- : Information à l'utilisation (formation des utilisateurs)
- : Documentation, dossier technique...CE



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

9 – Validation globale

La présentation est terminée !



**MERCI !**

pour votre attention



Sécurité machine – Intervention APN AUTOMATION – 9 février 2026