

Sécurité machine. Inter IUT Nice

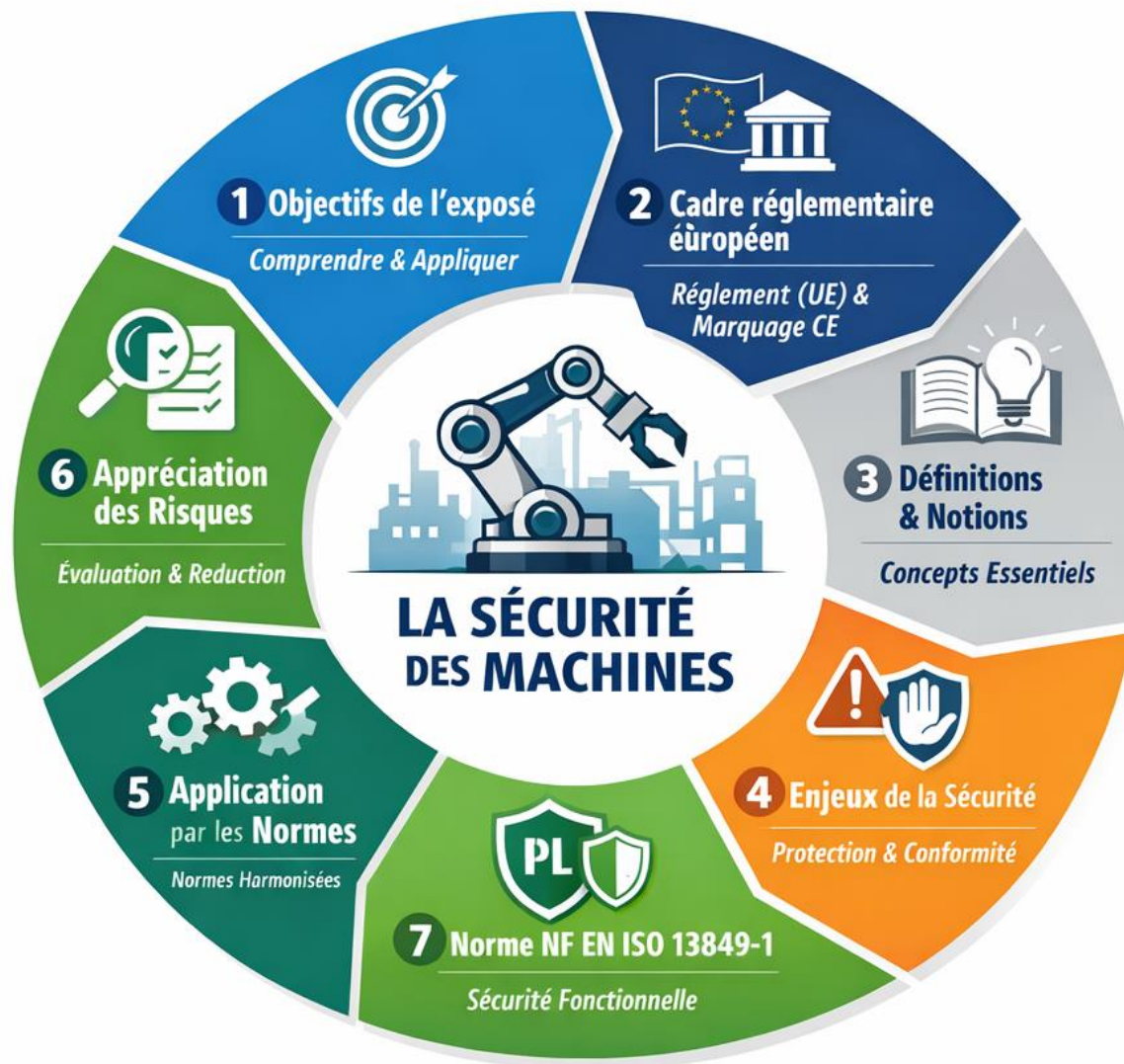


Règlement européen :

<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>



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

Sécurité Machine

Programme de la journée



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

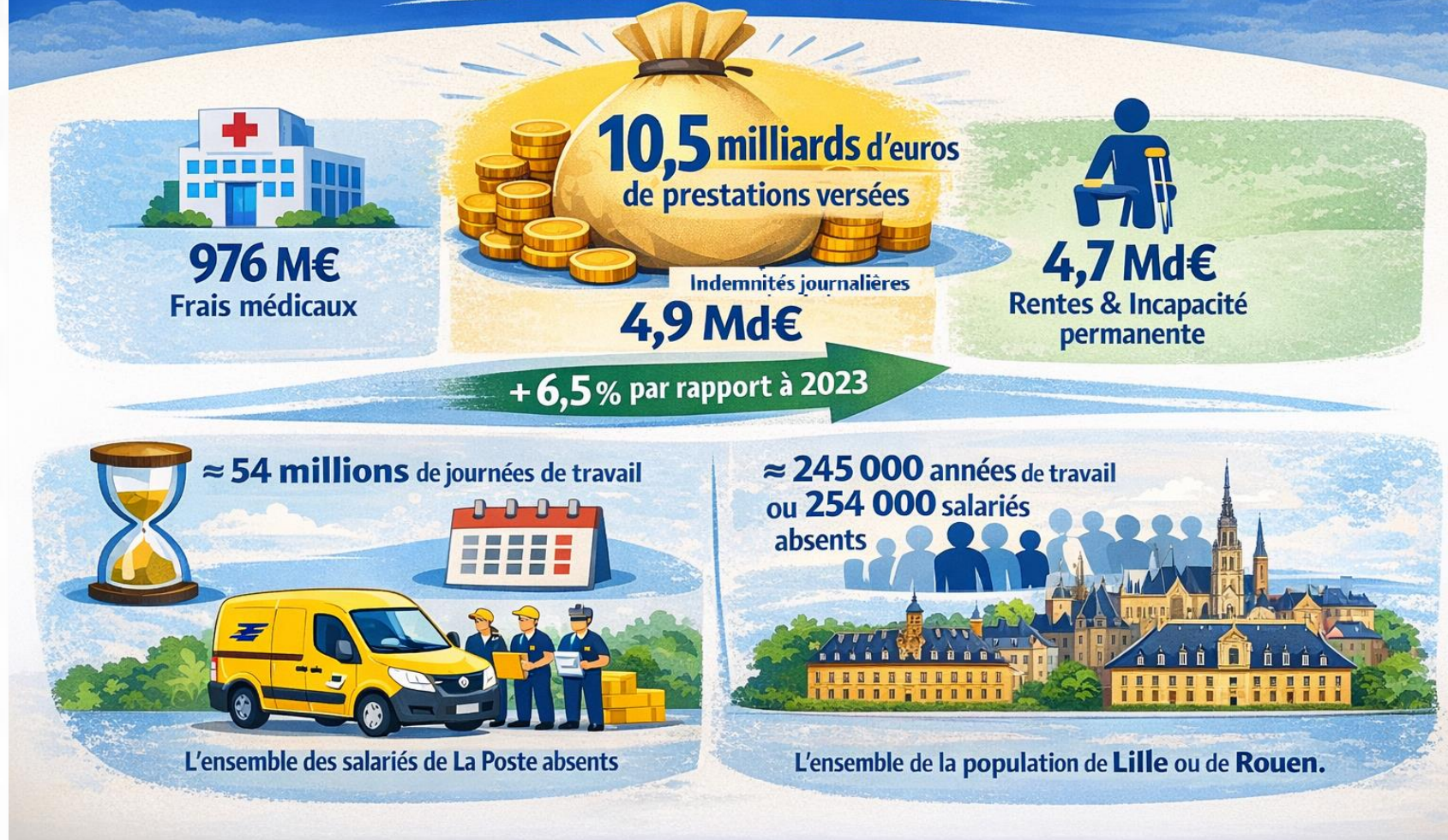


Rapport annuel 2024 de l'Assurance maladie-risques professionnels, publié le 18 novembre 2025

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

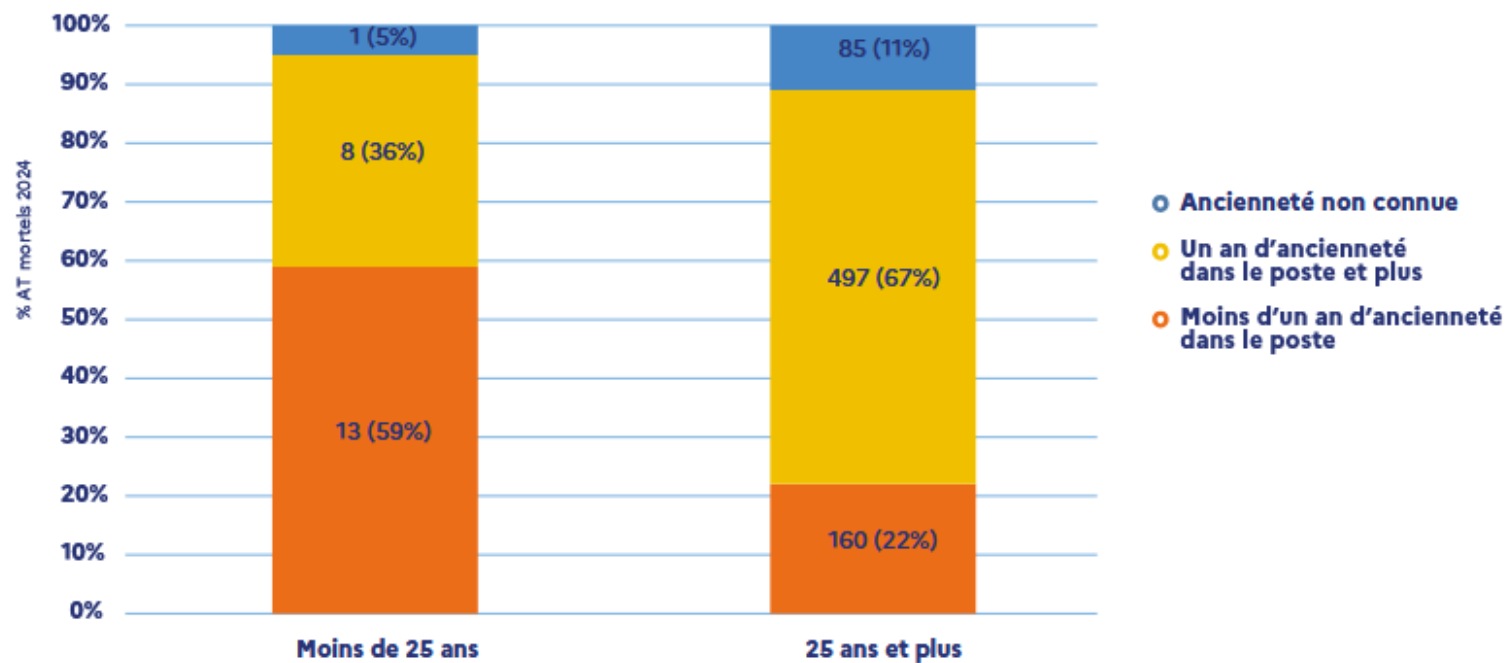
Enjeux de la sécurité des machines

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



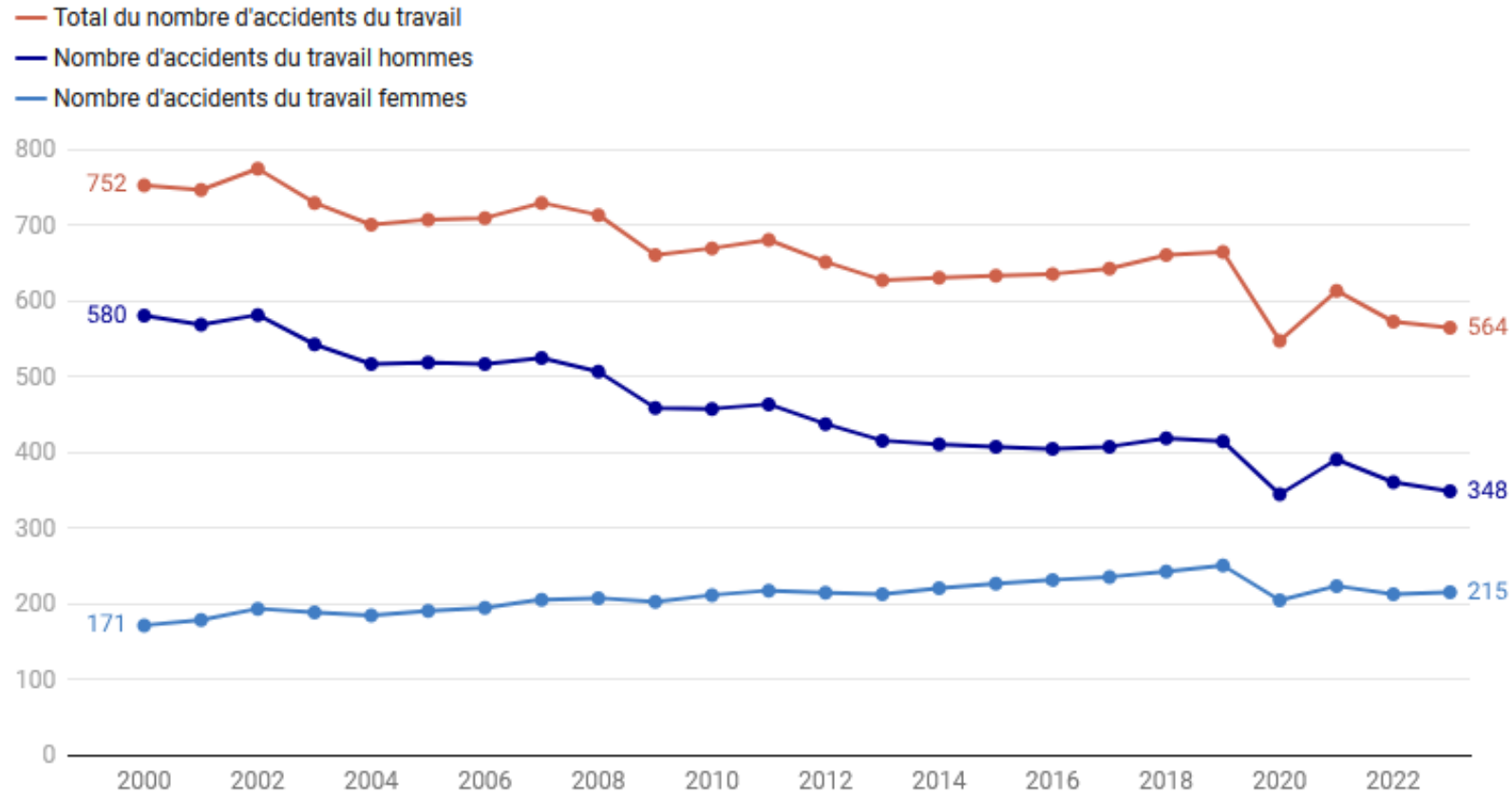
Rapport annuel 2024 de l'Assurance maladie-risques professionnels, publié le 18 novembre 2025

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



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



Réseau mondial de
173 pays membres

Technologies non
électriques



Réseau mondial de
82 pays membres

Domaine général de
l'électrotechnique

L'application du Règlement par les normes.

Normes internationales

NORMES EUROPEENNES



Réseau européen de
34 pays membres

Technologies non
électriques



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).

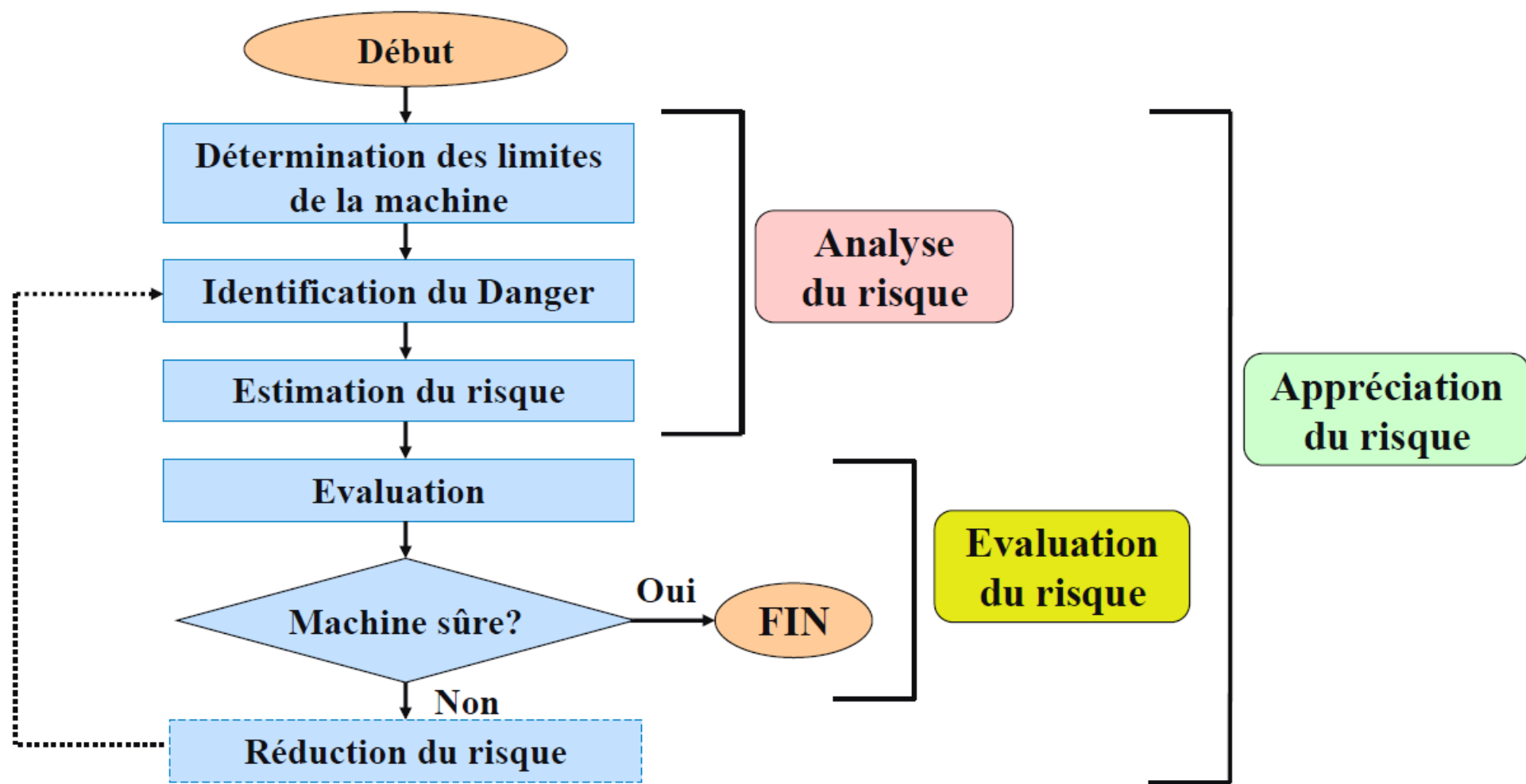
NORMES À APPLIQUER SELON RÈGLEMENT (UE) 2023/1230

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 12100	✓ EN ISO 12100
✓ EN ISO 13849-1 / -2	✓ EN ISO 13849-1 / -2	✓ EN ISO 13849-1 / -2 (si sécurité)
✓ EN IEC 60204-1	✓ EN IEC 60204-1 / EN IEC 62061	✓ EN IEC 60204-1 / IEC 61508
✓ Norme Type C (selon type)		✓ 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 (Electrique) Normes Type C Spécifique

L'application du Règlement par les normes.

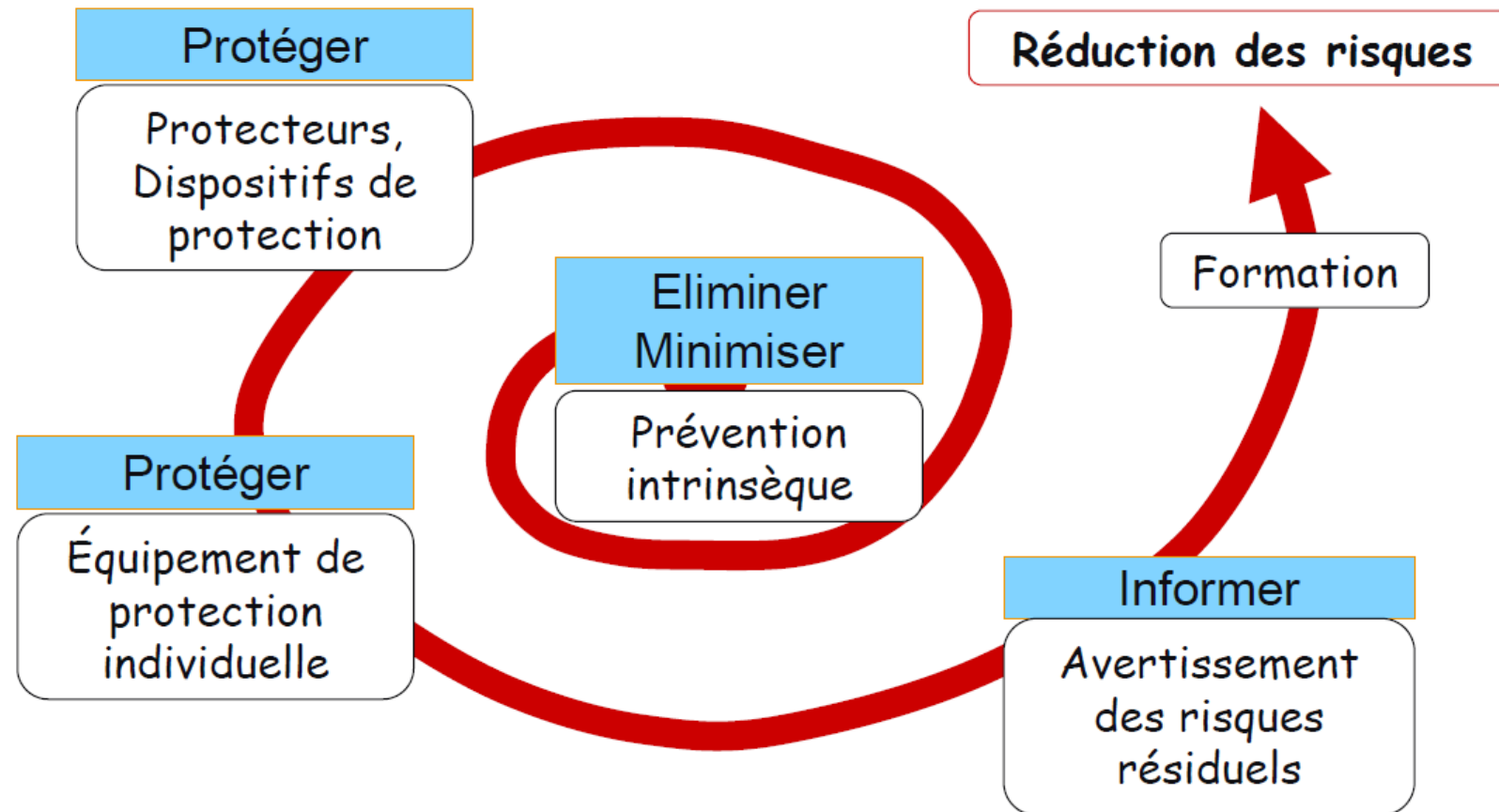
Normes Résumé



Appréciation des risques

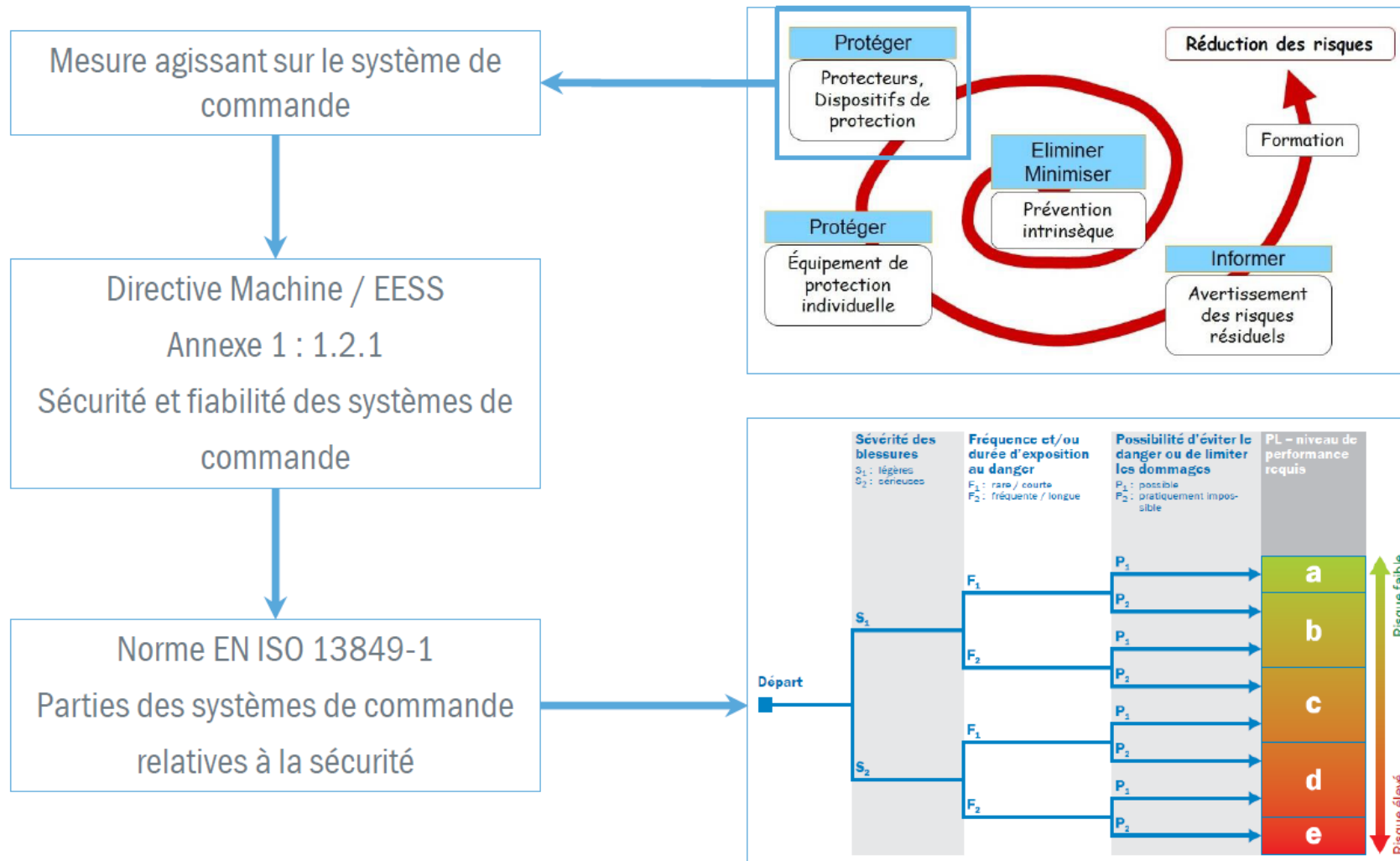
Stratégie de réduction des risques

Mise en place des solutions techniques ou organisationnelles



Réduction des risques

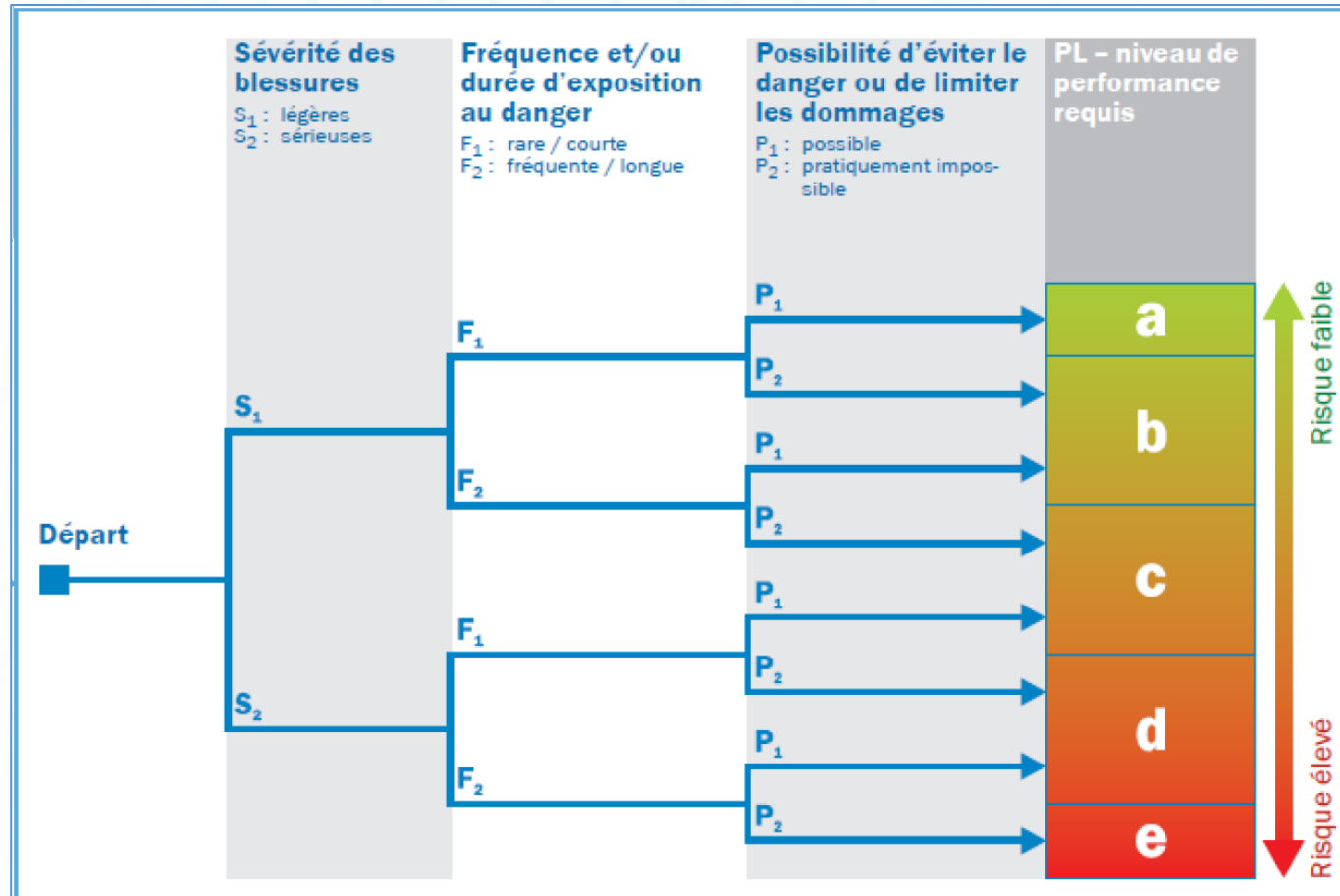
Stratégie de réduction des risques



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-systemes

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

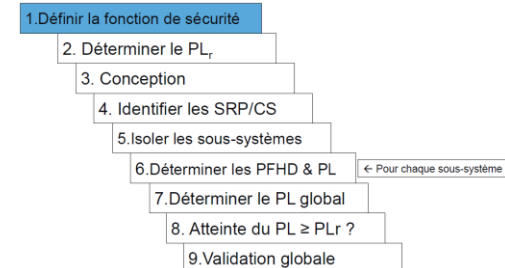
Définition de la fonction de sécurité



Exemple pour comprendre

Fonction de sécurité:

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

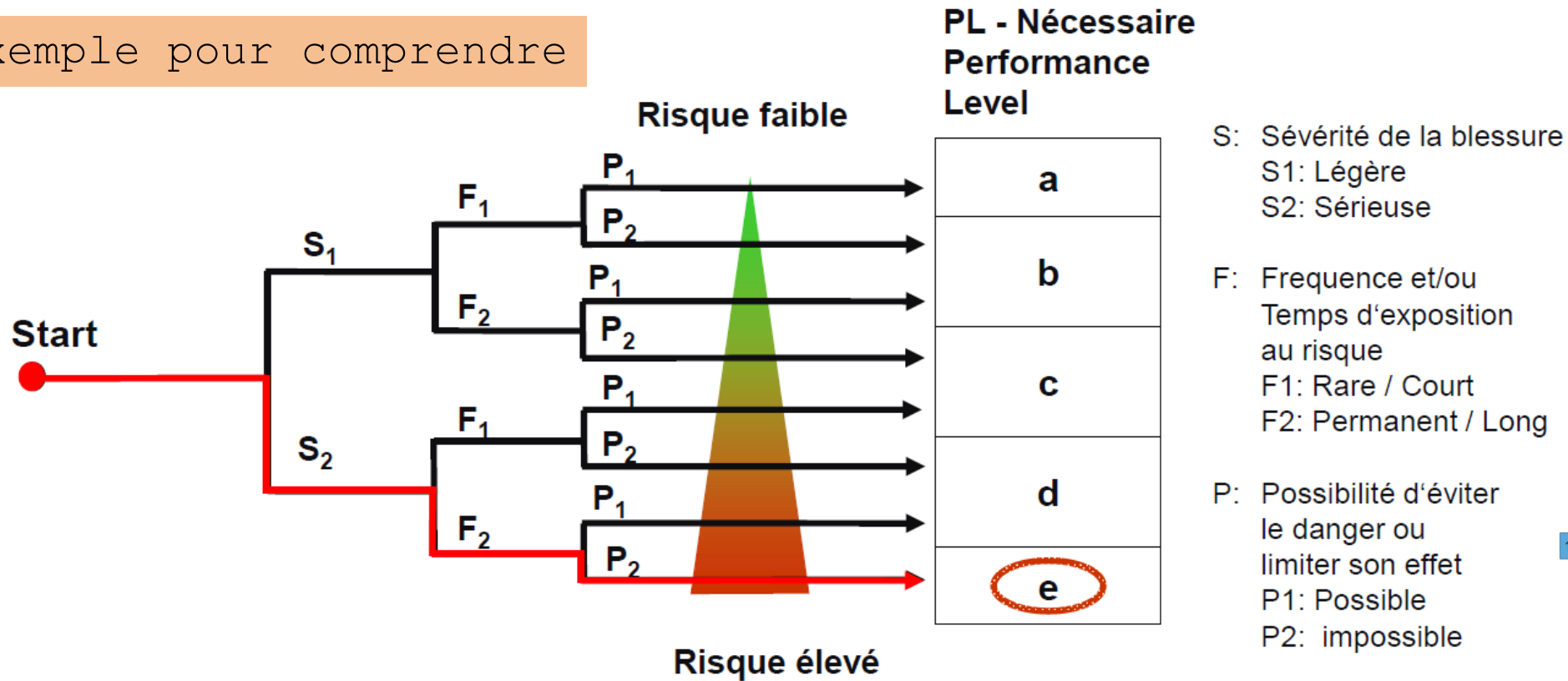


Application de la norme NF EN ISO 13849-1

1 - Définir la fonction de sécurité

Détermination du PLr

Exemple pour comprendre

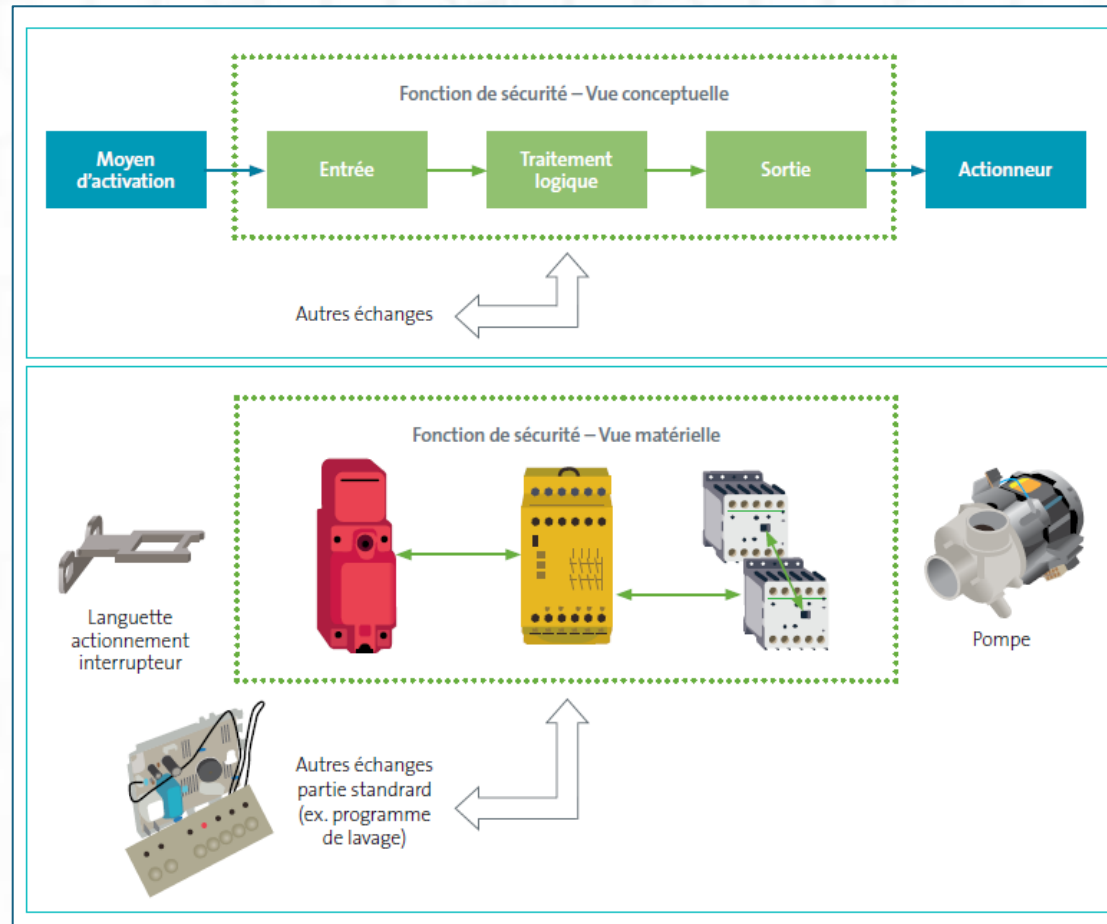


1. Définir la fonction de sécurité
2. Déterminer le PL_r
3. Conception
4. Identifier les SRP/CS
5. Isoler les sous-systèmes
6. Déterminer les PFHD & PL ← Pour chaque sous-système
7. Déterminer le PL global
8. Atteinte du PL ≥ PL_r ?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

2 - Déterminer le PLr

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

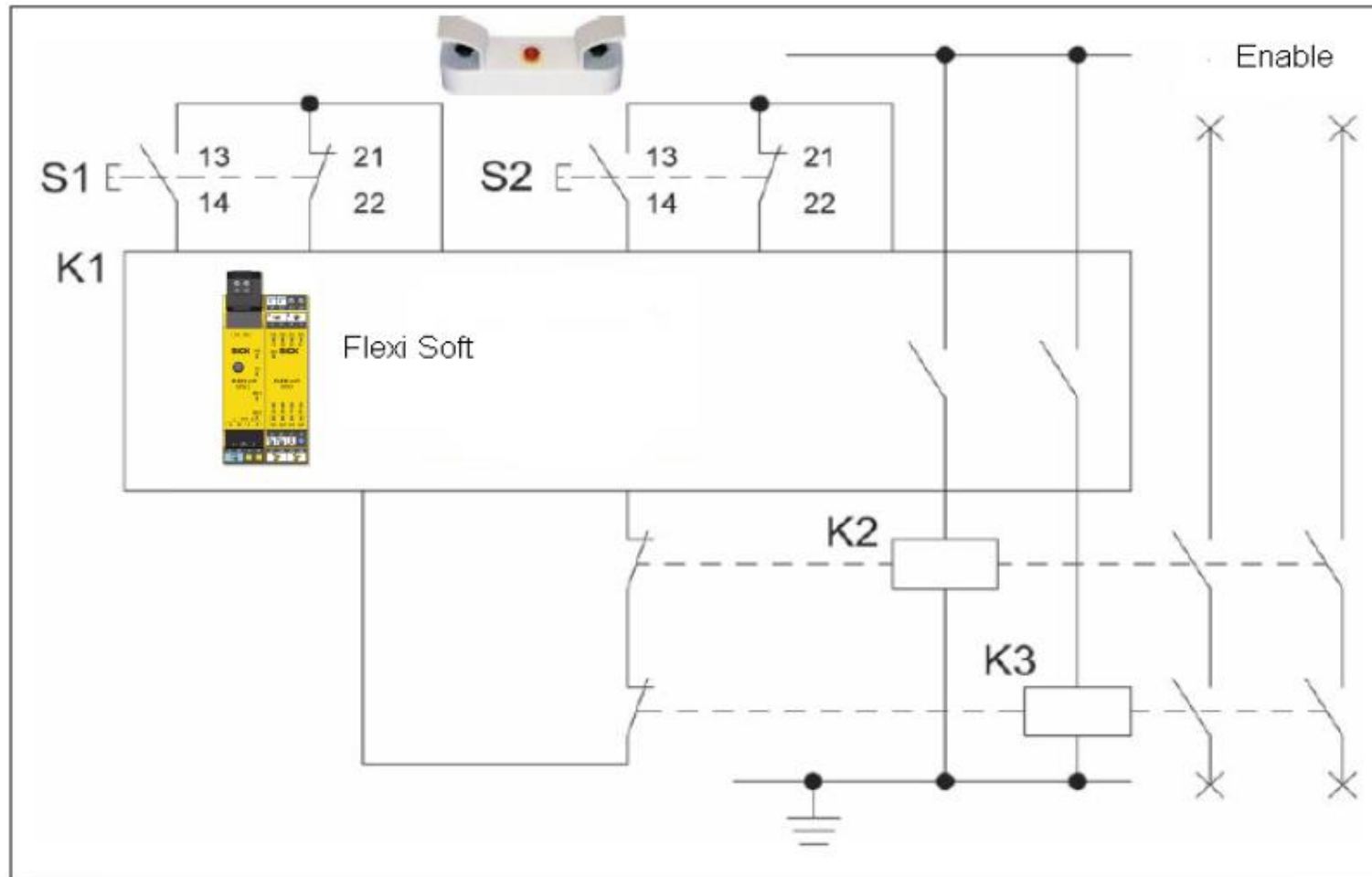


1. Définir la fonction de sécurité
2. Déterminer le PL_r
3. Conception
4. Identifier les SRP/CS
5. Isoler les sous-systèmes
6. Déterminer les PFHD & PL ← Pour chaque sous-système
7. Déterminer le PL global
8. Atteinte du $PL \geq PL_r$?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

3 - Conception

Structure retenue



Exemple pour
comprendre

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 $PL \geq PL_r$?
9. Validation globale

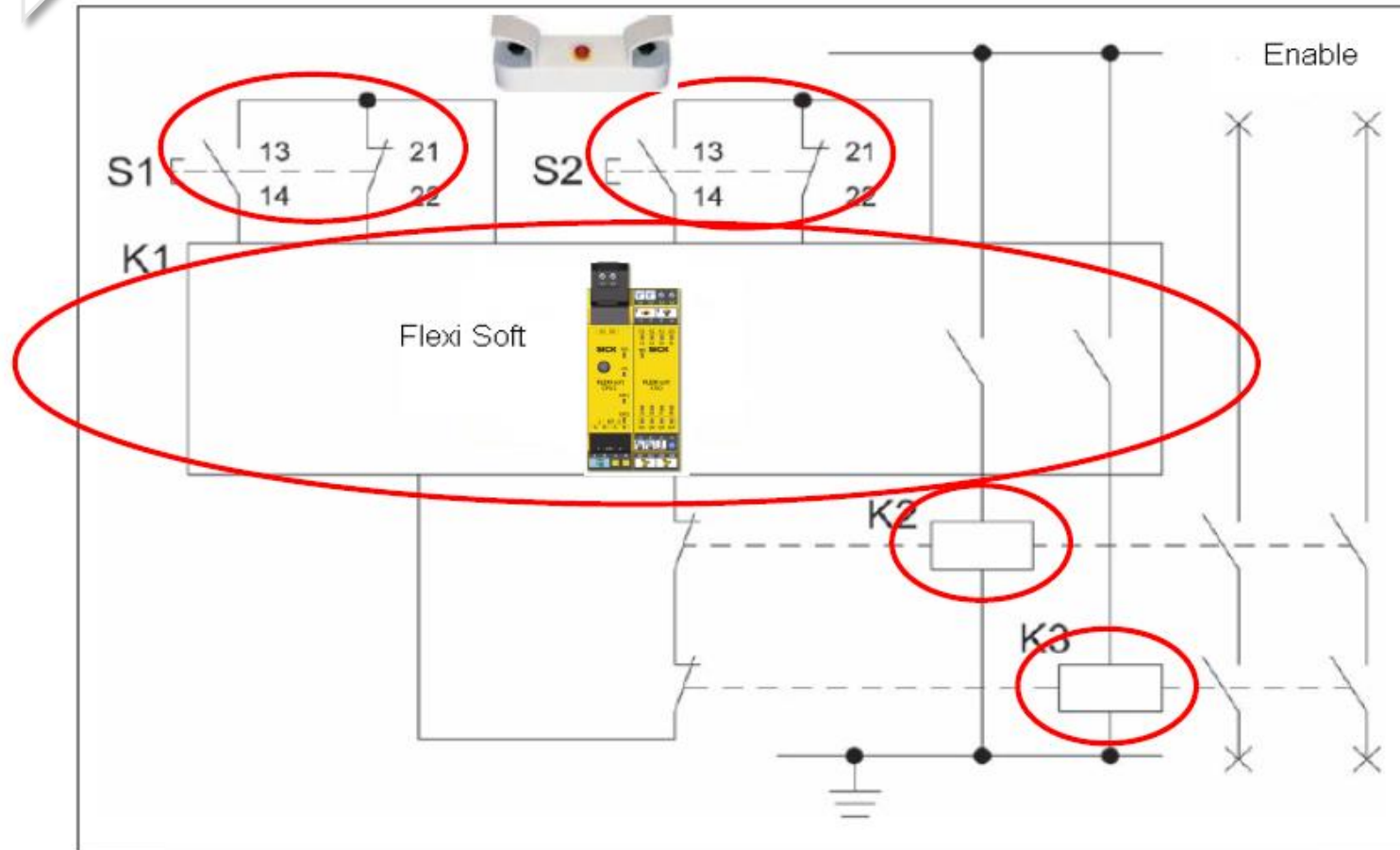
Application de la norme NF EN ISO 13849-1

3 - Conception

Identification des SRP/CS



Exemple pour comprendre

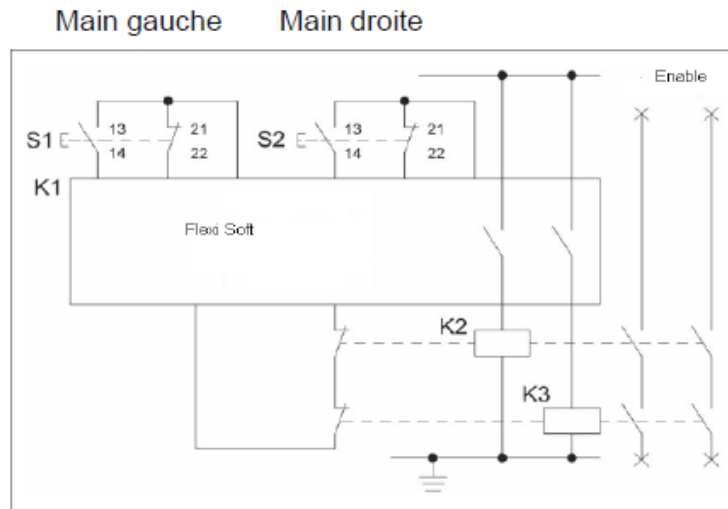


1. Définir la fonction de sécurité
 2. Déterminer le PL_r
 3. Conception
 4. Identifier les SRP/CS
 5. Isoler les sous-systèmes
 6. Déterminer les PFHD & PL
 7. Déterminer le PL global
 8. Atteinte du $PL \geq PL_r$?
 9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

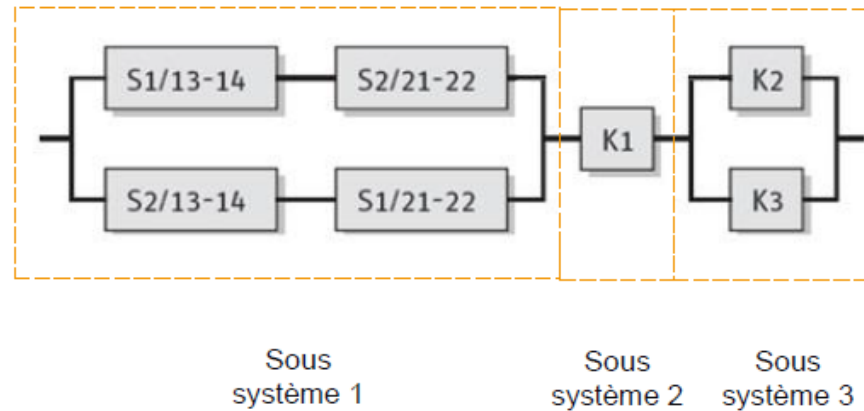
Application de la norme NF EN ISO 13849-1

4 - Identifier les SRP/CS

Isolement des sous systèmes



Représentation schématique



Exemple pour comprendre



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 ≥ PL_r ?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

5 - Isoler les sous-systèmes

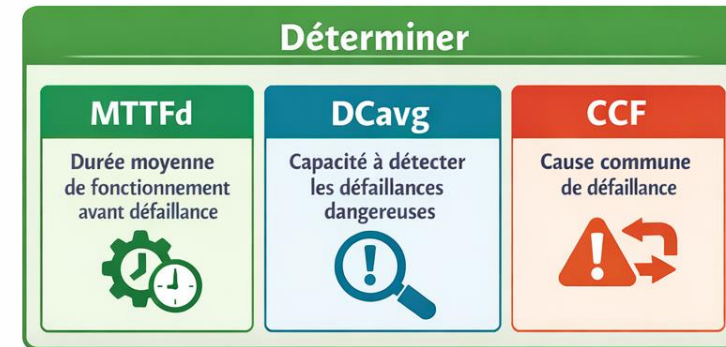
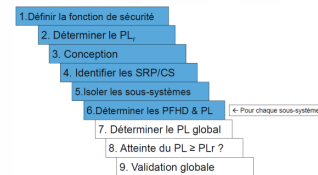
Procédure pour déterminer le PL

Composants de sécurité

Composants d'usage général

Caractéristiques techniques relatives à la sécurité Flexi Soft XTIO

	XTIO
Niveau d'intégrité de la sécurité (CEI 61508) Niveau d'intégrité de la sécurité (CEI 62061)	Niveau d'intégrité de la sécurité 3
Catégorie (ISO 13849) ¹⁾	
Pour les sorties mono canal avec impulsions de test activées sur toutes les sorties de sécurité (Q1 ... Q4)	Catégorie 4 ²⁾
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 ^{2) 2)}
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 ^{2) 4)}
Niveau de performance (ISO 13849)	PL e
PFH _D ¹⁾	
Pour sorties mono canal	$4,8 \times 10^{-9}$
Pour sorties double canal	$0,9 \times 10^{-9}$
PFD _{avg} ¹⁾	
Pour sorties mono canal	$4,2 \times 10^{-4}$
Pour sorties double canal	5×10^{-5}
T _M (durée d'utilisation) (ISO 13849)	20 ans ²⁾



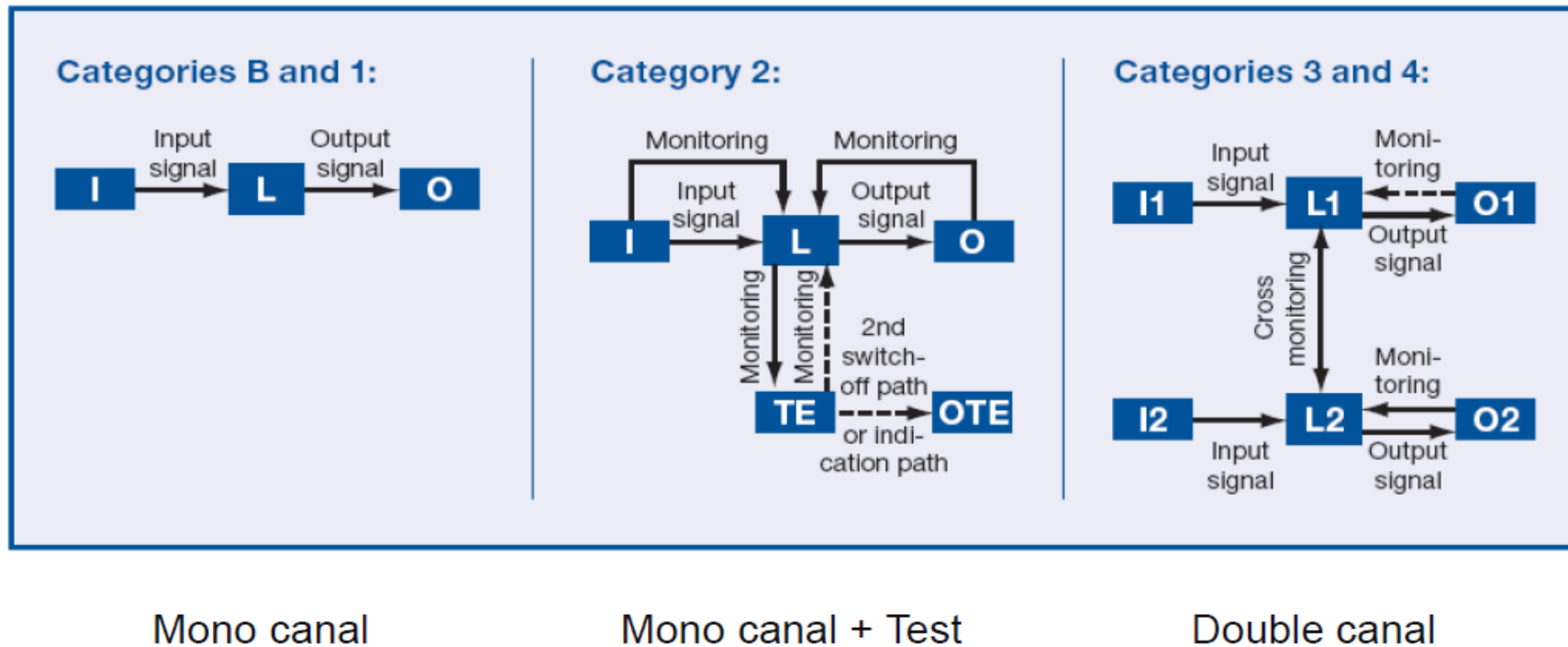
Application de la norme NF EN ISO 13849-1

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_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 $PL \geq PL_r$?
9. Validation globale

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.

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

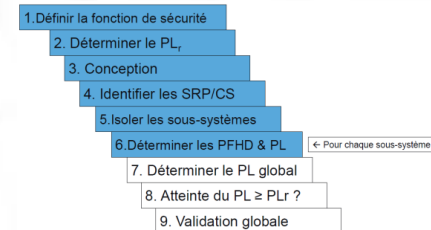
Symbole	Signification	Unité	Commentaire
MTTFd	Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse)	Année	A calculer
B_{10d}	Nombre de cycles avant 10 % de défaillances dangereuses	cycles	Donné ou estimé par le constructeur
n_{op}	Nombre d'opérations par heure	cycles/h	Fréquence d'utilisation
h_{op}	Heures de fonctionnement par jour	h/j	Typiquement 8 à 24
d	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_d)

MTTF _d	Plage de valeur
Faible	$3 \text{ ans} \leq \text{MTTF}_d < 10 \text{ ans}$
Moyen	$10 \text{ ans} \leq \text{MTTF}_d < 30 \text{ ans}$
Elevé	$30 \text{ ans} \leq \text{MTTF}_d < 100 \text{ ans}$



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

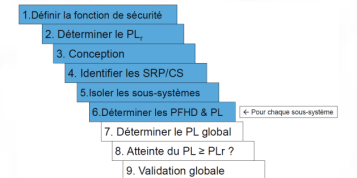
6 - Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

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

C'est la mesure de l'efficacité 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

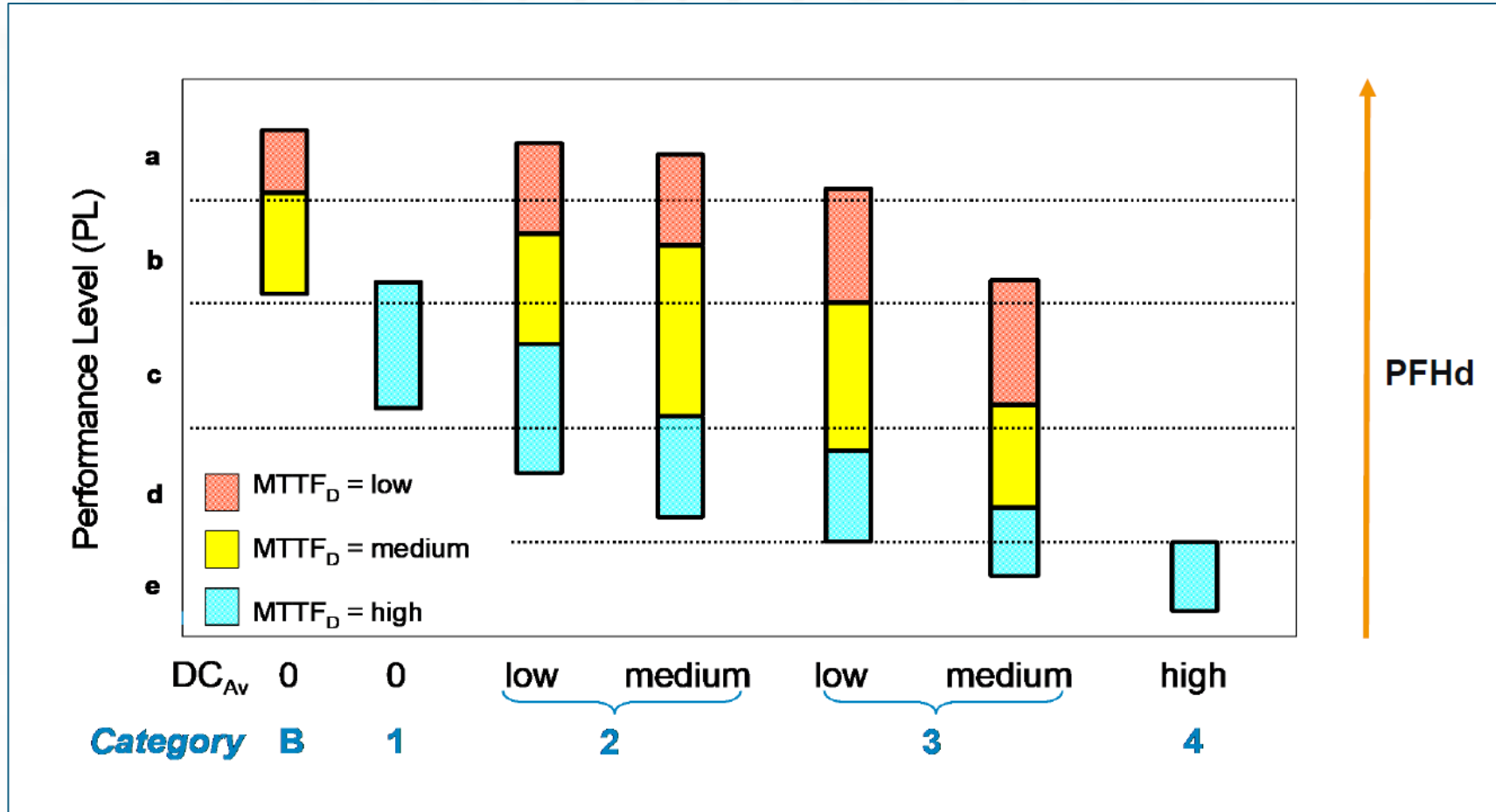
Relations entre Catégorie et niveau de performance (PL)

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 $60\% \leq DC < 90\%$	Moyen à Haut	b → c	Une défaillance entre deux tests peut rester non détectée.
3	Architecture redondante, détection partielle des fautes	Moyen $90\% \leq DC < 99\%$	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 $\geq 99\%$	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_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 ≥ PL_r ?
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

© ISO 2006 – Tous droits réservés

Tableau K.1 (suite)

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

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_r
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_r ?
9. Validation globale

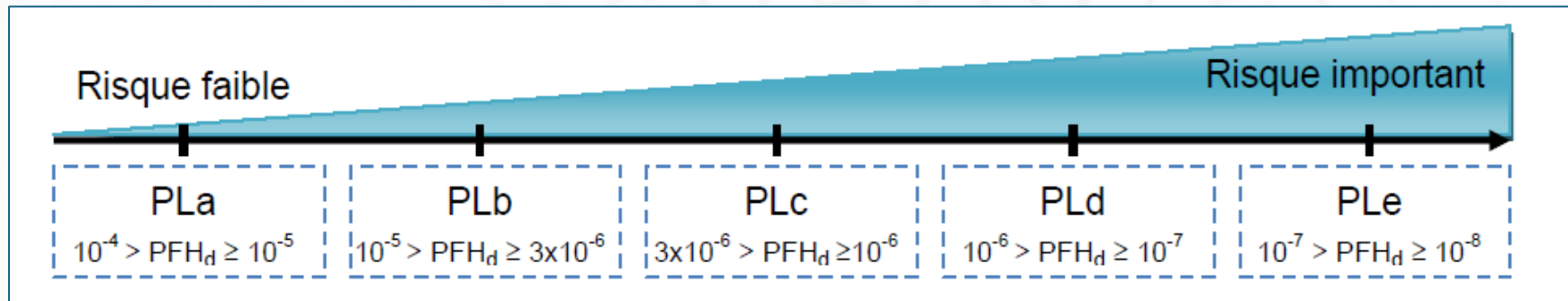
← Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

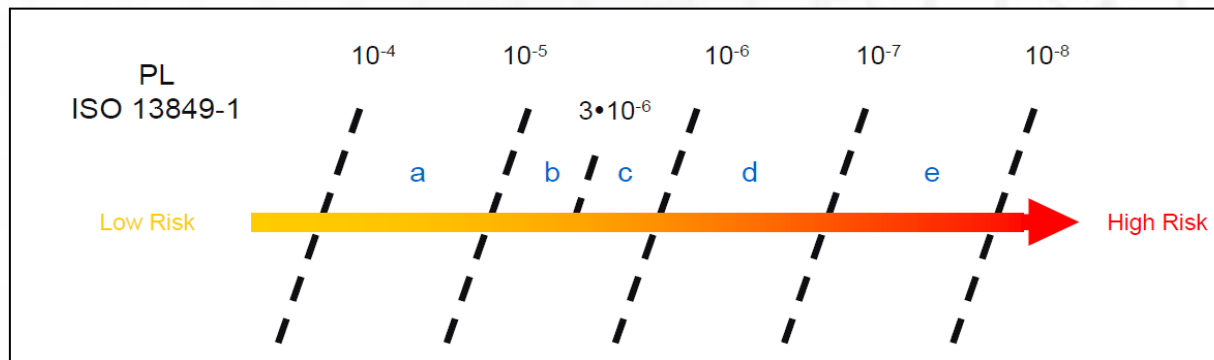
6 - Déterminer le PFHd et PL de chaque sous-système

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.



PFHd : probabilité moyenne de défaillance dangereuse par heure



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 $PL \geq PL_r$?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

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

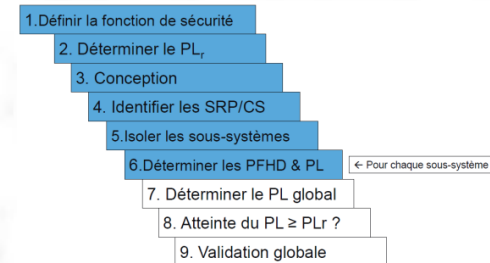
Détermination de CCF : Cause commune de défaillance

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	Séparation/Isolement	
	Séparation physique entre les voies de signaux: séparation dans le câblage, le tuyautage, distances d'isolement et lignes de fuite suffisantes sur les cartes de circuits imprimés.	15
2	Diversité	
	Différents principes de conception/technologies ou principes physiques sont utilisés, par exemple: premier canal électronique programmable et second canal câblé sorte d'initiation pression et température Mesurage de la distance et de la pression, par exemple: numérique et analogique, Composants de divers fabricants	20
3	Conception/application/expérience	
3.1	Protection contre surtension, surpression, surintensité, etc.	15
3.2	Utilisation de composants éprouvés	5
4	Appréciation/analyse	
	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	Compétence/formation	
	Les concepteurs spécialistes de la maintenance sont-ils formés pour comprendre les causes et les conséquences des défaillances de cause commune ?	5
6	Environnement	
6.1	Prévention de la contamination et de la compatibilité électromagnétique (CEM) contre les CCF en conformité avec les normes pertinentes 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, Systèmes électriques: l'immunité électromagnétique du système a-t-elle été vérifiée, par exemple comme spécifié dans des normes produits applicables ? Pour des systèmes combinés fluides et électriques, il convient de considérer les deux aspects.	25
6.2	Autres influences 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

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 $PL \geq PL_r$?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

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

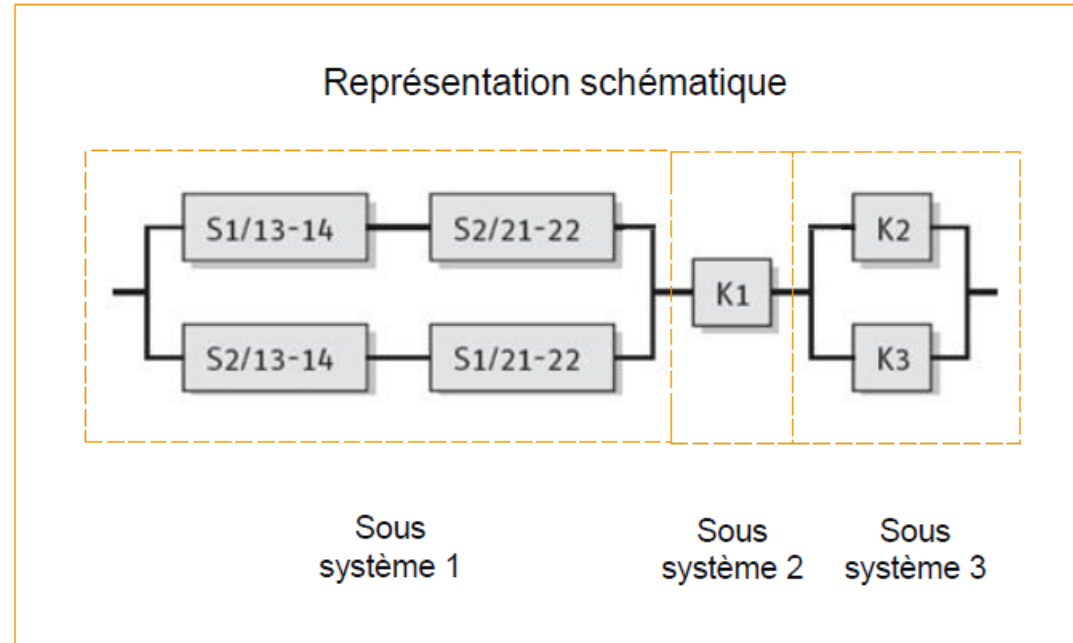
DÉTERMINATION DU PFHD & PL POUR LE SOUS-SYSTEME 1

Exemple pour comprendre

Sous-système 1

Caractérisé par :

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



PFH_d :

*probabilité moyenne
de défaillance
dangereuse par heure*

PL :

niveau de performance

T_m :

durée de vie



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
 7. Déterminer le PL global
 8. Atteinte du PL ≥ PL_r ?
 9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

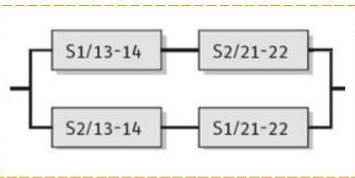
Application de la norme NF EN ISO 13849-1

Détermination de la catégorie du sous-système 1

Exemple pour comprendre

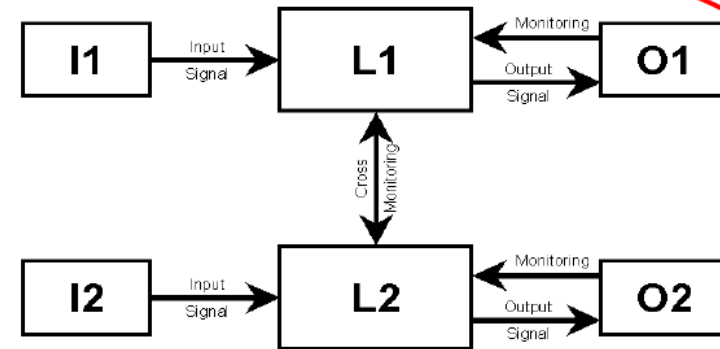


Représentation schématique



Sous système 1

Système en double canal
→ Catégorie 3 ou 4



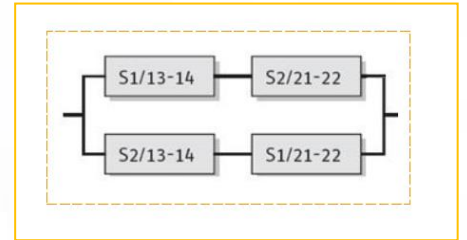
1. Définir la fonction de sécurité
 2. Déterminer le PL_r
 3. Conception
 4. Identifier les SRP/CS
 5. Isoler les sous-systèmes
 6. Déterminer les PFHD & PL
 7. Déterminer le PL global
 8. Atteinte du PL ≥ PL_r ?
 9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

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



B10_d:

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_{op} = nombre de jour/an

h_{op} = nombre d'h/jour

MTTFd :

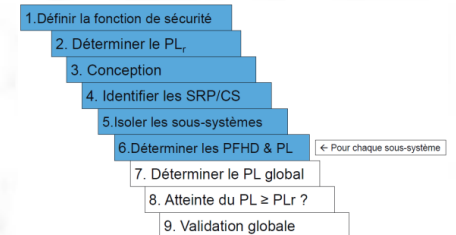
(Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse)) – fiabilité des composants

A noter:

■ B10_d = 2 B10

■ T10_d = B10_d / n_{op}

■ T10_d: Temps moyen pour que 10% des composants aient une défaillance dangereuse



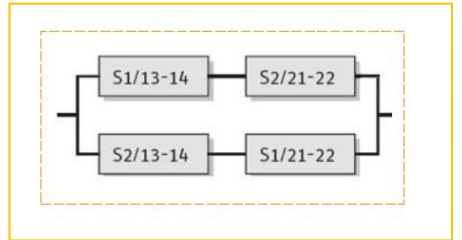
Application de la norme NF EN ISO 13849-1

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:

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

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

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

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

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

$MTTF_D = \text{„Elevé“}$

MTTFd :

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

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
 7. Déterminer le PL global
 8. Atteinte du PL ≥ PL_r ?
 9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer les PFHD et PL

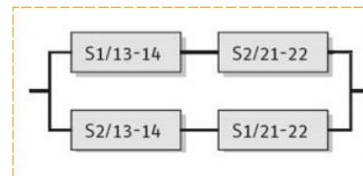
ESTIMATION DU DCavg DU SOUS SYSTÈME 1

Exemple pour comprendre

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

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

→ $DC_{AVG} = 99\% = \text{high}$



DCavg :
capacité du système à détecter les défaillances dangereuses

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 ≥ PL_r ?
9. Validation globale

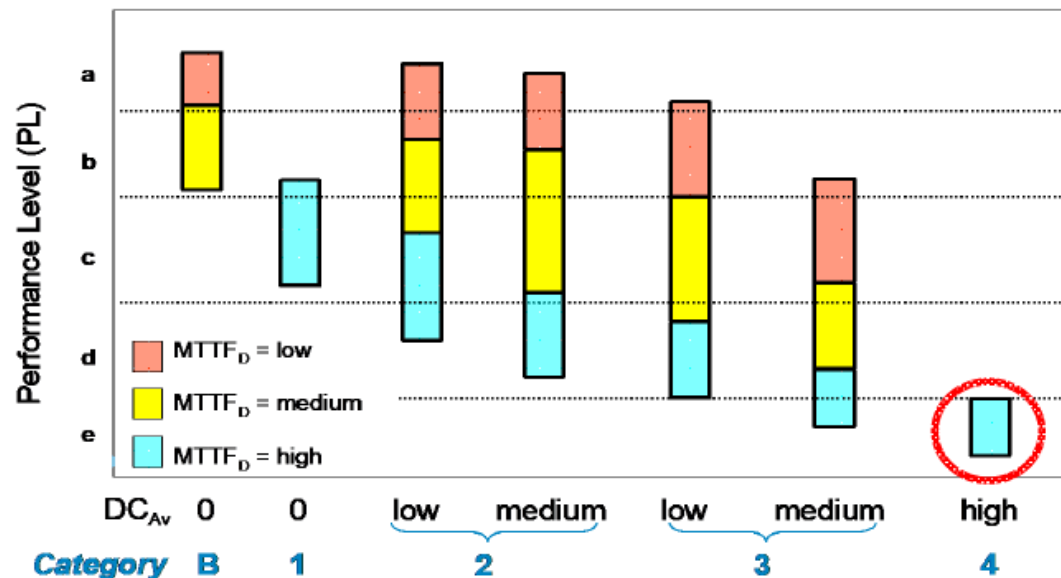
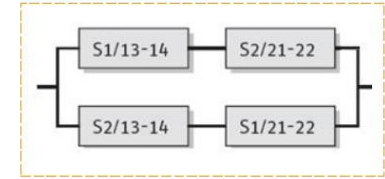
Application de la norme NF EN ISO 13849-1

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 (élevé)
3. $DC_{AVG} \rightarrow$ high (élevé)



MTTF_D :

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

DC_{avg} :

capacité du système à détecter les défaillances dangereuses

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 $\geq$ PL_r ?
9. Validation globale

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

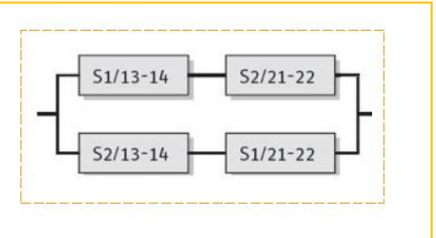


Tableau K.1 (suite)

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

MTTFd :

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

PFHd :

probabilité moyenne de défaillance dangereuse par heure

PFHd sous système 1 : 2,47e-8

PL sous système 1 : 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 ≥ PL_r ?
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 :

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

Fournis par SICK

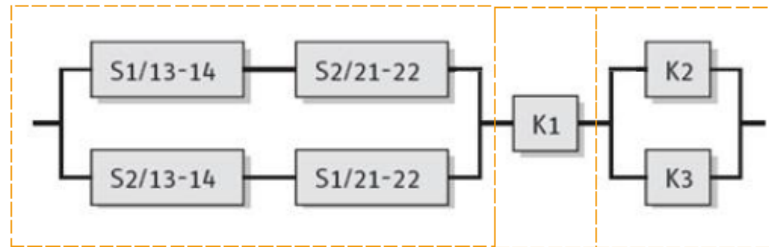
$PFH_d = 5,85 \text{ e-}9$

PL „e“

Catégorie 4

$T_m = 20 \text{ ans}$

Représentation schématique



Sous
système 1

Sous
système 2

Sous
système 3

PFH_d :

*probabilité moyenne
de défaillance
dangereuse par heure*

PL :

niveau de performance

T_m :

durée de vie



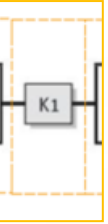
1. Définir la fonction de sécurité
 2. Déterminer le PL_r
 3. Conception
 4. Identifier les SRP/CS
 5. Isoler les sous-systèmes
 6. Déterminer les PFHD & PL
 7. Déterminer le PL global
 8. Atteinte du PL ≥ PL_r ?
 9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

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 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) ¹⁾	
Pour les sorties mono canal avec impulsions de test activées sur toutes les sorties de sécurité (Q1 ... Q4)	Catégorie 4 ²⁾
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 ^{2) 3)}
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 ^{3) 4)}
Niveau de performance (ISO 13849)	PL e
PFH _D ¹⁾	
Pour sorties mono canal	$4,8 \times 10^{-9}$
Pour sorties double canal	$0,9 \times 10^{-9}$
PFD _{avg} ¹⁾	
Pour sorties mono canal	$4,2 \times 10^{-4}$
Pour sorties double canal	5×10^{-5}
T _M (durée d'utilisation) (ISO 13849)	20 ans ²⁾

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)		
Niveau de performance (ISO 13849)	PL e	
PFH _D	$1,07 \times 10^{-9}$	$1,69 \times 10^{-9}$
PFH _D pour station Flexi Line ¹⁾	-	$0,40 \times 10^{-9}$
PFH _D pour Flexi Link / EFI	-	$1,69 \times 10^{-9}$
PFD _{avg}	5×10^{-5}	
PFD _{avg} pour station Flexi Line ¹⁾	-	5×10^{-5}
T _M (durée d'utilisation) (ISO 13849)	20 ans	

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
 7. Déterminer le PL global
 8. Atteinte du PL ≥ PL_r ?
 9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer les PFHD et PL

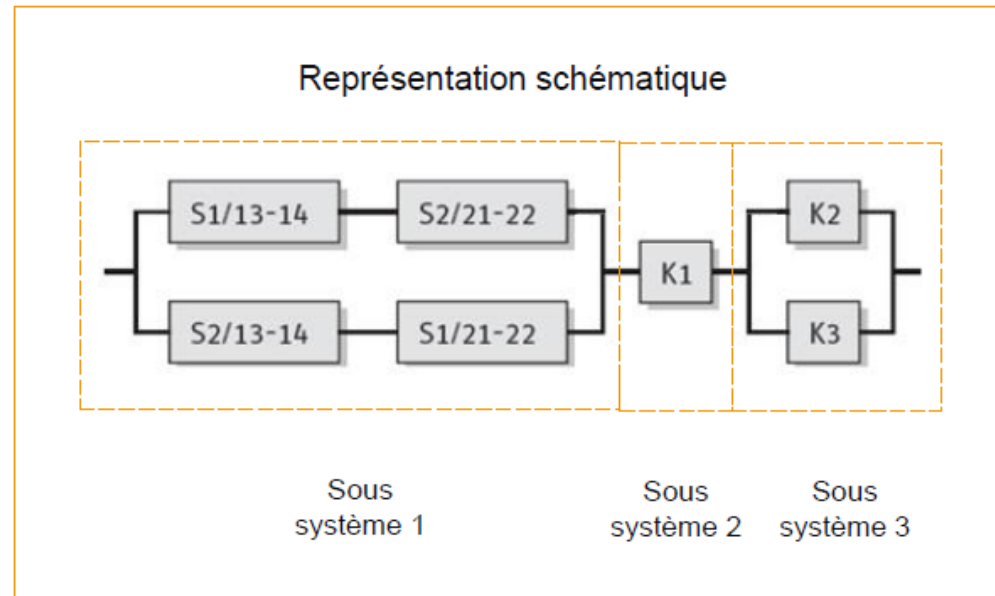
DÉTERMINATION DU PFHD & PL POUR LE SOUS-SYSTEME 3

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

T_m :

durée de vie



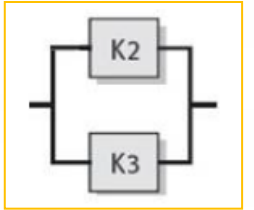
1. Définir la fonction de sécurité
 2. Déterminer le PL_r
 3. Conception
 4. Identifier les SRP/CS
 5. Isoler les sous-systèmes
 6. Déterminer les PFHD & PL
 7. Déterminer le PL global
 8. Atteinte du PL ≥ PL_r ?
 9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

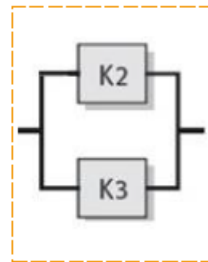
6 - Déterminer les PFHD et PL

DÉTERMINATION DE LA CATEGORIE DU SOUS-SYSTEME 3

Exemple pour comprendre

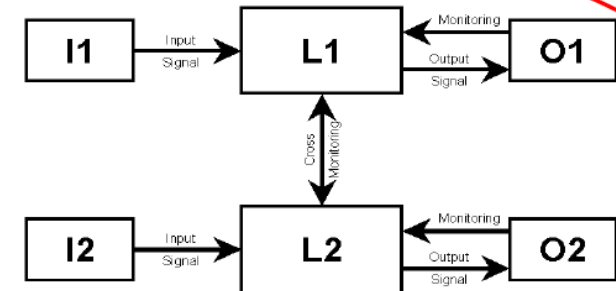


Représentation schématique



Sous système 3

Système en double canal
→ Catégorie 3 ou 4



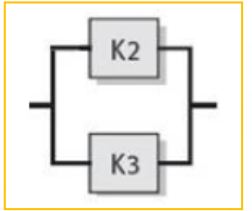
1. Définir la fonction de sécurité
 2. Déterminer le PL_r
 3. Conception
 4. Identifier les SRP/CS
 5. Isoler les sous-systèmes
 6. Déterminer les PFHD & PL
 7. Déterminer le PL global
 8. Atteinte du PL ≥ PL_r ?
 9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer les PFHD et PL

CALCUL DU MTTF_d DU SOUS-SYSTEME 3

Exemple pour comprendre



► Préactionneurs



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

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

Utilisation :

$$d_{op} = 220 \text{ j/an}$$

$$h_{op} = 16 \text{ h/j}$$

$$C = 1/h$$

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

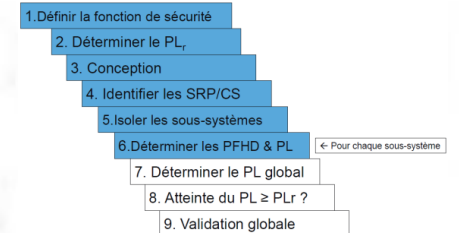
$$MTTF_d = \frac{2.000.000}{0,1 \times 3520}$$

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

MTTF _d	Portée
Faible	3 ans ≤ MTTF _d < 10 ans
Moyen	10 ans ≤ MTTF _d < 30 ans
Elevé	30 ans ≤ MTTF _d < 100 ans

MTTF_d :

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



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer les PFHd et PL

ESTIMATION DU DCavg DU SOUS SYSTÈME 3

Exemple pour comprendre

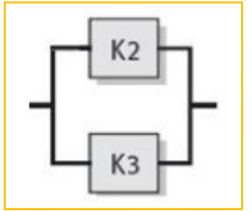


Table E.1 — Abstract: Estimates for diagnostic coverage (DC)

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

→ DC_{AVG} = 99 % = high

DCavg :

capacité du système à détecter les défaillances dangereuses

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 ≥ PL_r ?
9. Validation globale

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

6 - Déterminer les PFHD et PL

PL ET PFHd DU SOUS SYSTÈME 3

Exemple pour comprendre

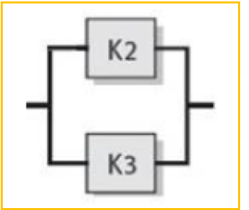


Tableau K.1 (suite)

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

PL sous système 1 : e

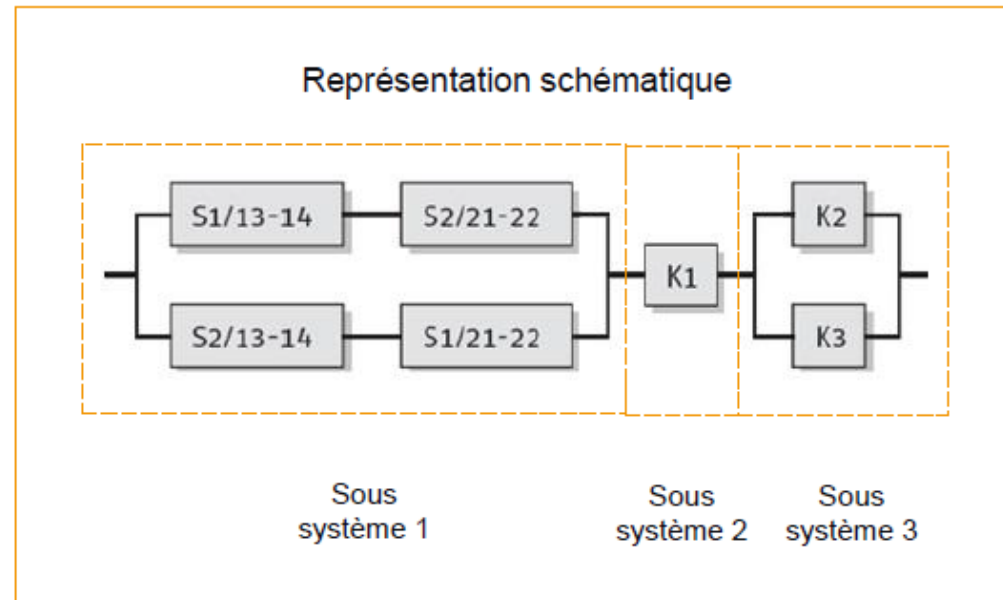
1. Définir la fonction de sécurité
2. Déterminer le PL_r
3. Conception
4. Identifier les SRP/CS
5. Isoler les sous-systèmes
6. Déterminer les PFHd & PL ← Pour chaque sous-système
7. Déterminer le PL global
8. Atteinte du PL ≥ PL_r ?
9. Validation globale

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*

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

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

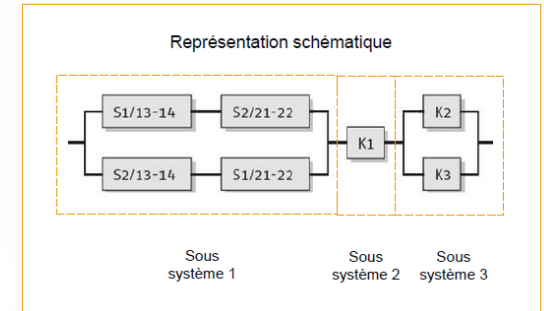
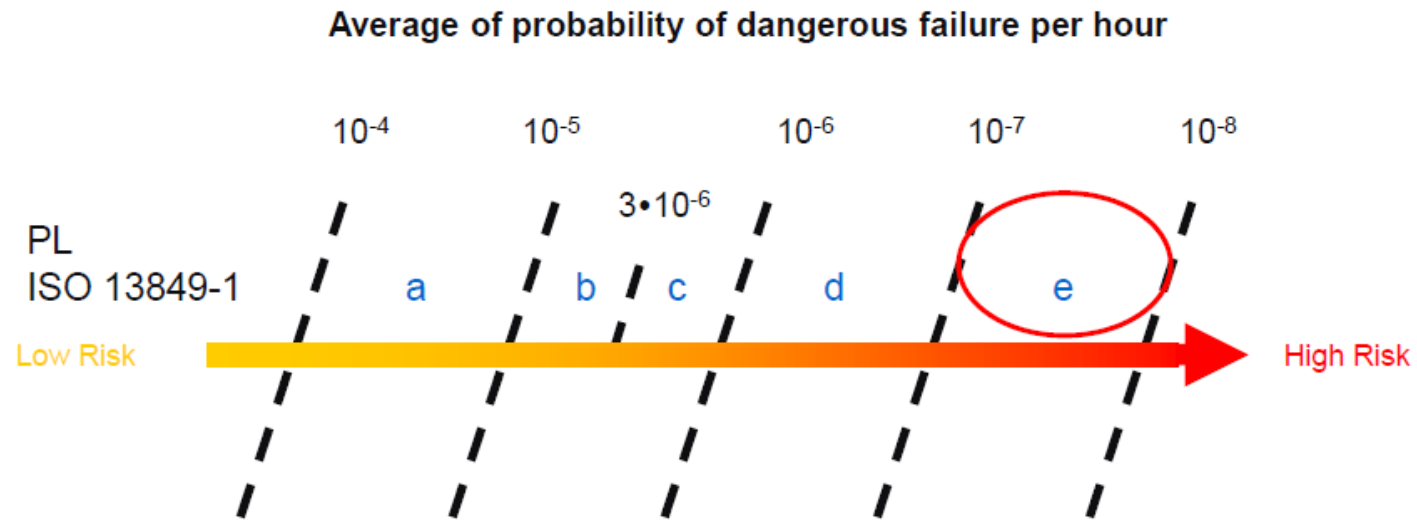
1. Définir la fonction de sécurité
 2. Déterminer le PL_r
 3. Conception
 4. Identifier les SRP/CS
 5. Isoler les sous-systèmes
 6. Déterminer les PFHD & PL
 7. Déterminer le PL global
 8. Atteinte du PL $\geq$ PL_r ?
 9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

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*

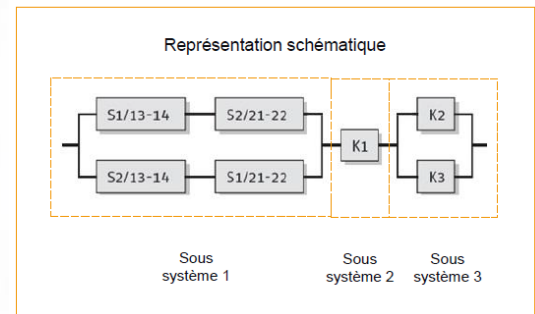
1. Définir la fonction de sécurité
 2. Déterminer le PL_r
 3. Conception
 4. Identifier les SRP/CS
 5. Isoler les sous-systèmes
 6. Déterminer les PFHD & PL
 7. Déterminer le PL global
 8. Atteinte du PL ≥ PL_r ?
 9. Validation globale
- Pour chaque sous-système

Application de la norme NF EN ISO 13849-1

7 - Déterminer le PL global

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 PLr
 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 $PL \geq PLr$?
 9. Validation globale
- ← Pour chaque sous-système

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

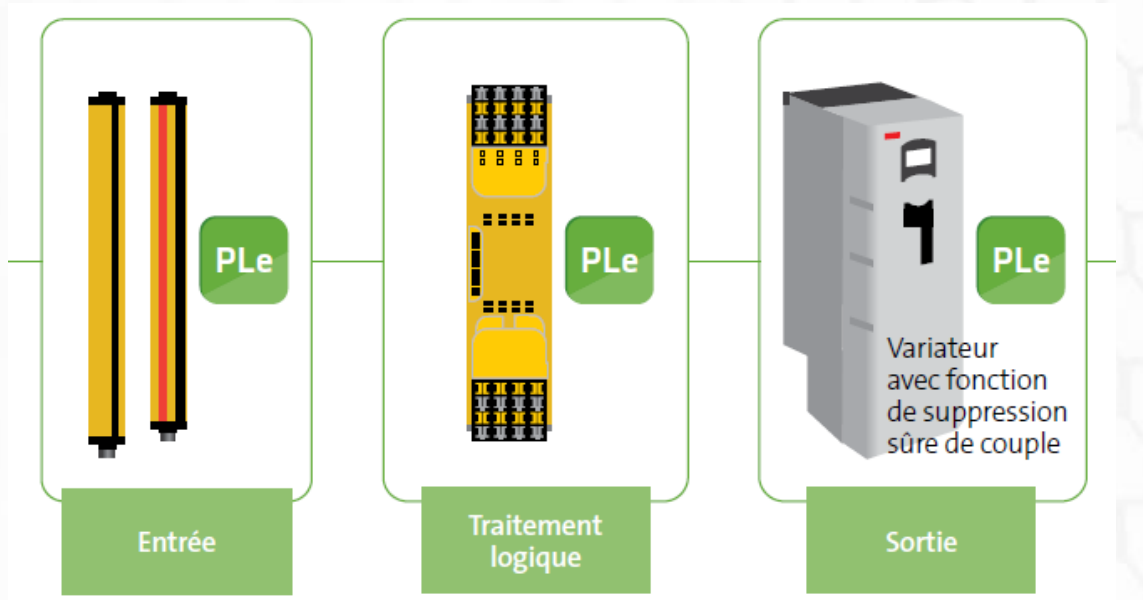
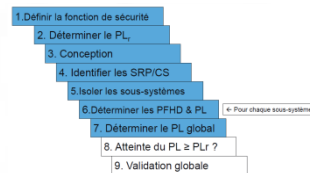


Figure 18. Tableau 11 de la norme NF EN ISO 13849-1

PL_{low}	N_{low}	$\Rightarrow$	PL^*
a	> 3	$\Rightarrow$	Aucun, non autorisé
	≤ 3	$\Rightarrow$	a
b	> 2	$\Rightarrow$	a
	≤ 2	$\Rightarrow$	b
c	> 2	$\Rightarrow$	b
	≤ 2	$\Rightarrow$	c
d	> 3	$\Rightarrow$	c
	≤ 3	$\Rightarrow$	d
e	> 3	$\Rightarrow$	d
	≤ 3	$\Rightarrow$	e



Application de la norme NF EN ISO 13849-1

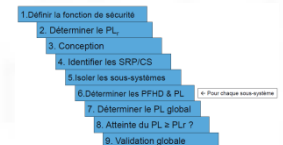
7 - Déterminer le PL global

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