

 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <hr/> <b>IUT DE NICE</b> <hr/> <b>Sécurité Machine</b>	Date : <b>9 février 2026</b>
--	---	---------------------------------

## Documents de référence

- \* 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>
- \* Rapport de l'année 2024 de l'Assurance maladie-risques professionnels, publié le 18 novembre 2025
- \* INRS : Sécurité des machines. Principes de conception des systèmes de commande
- \* SICK : Guide Sécurité des machines. SIX ETAPES POUR UNE MACHINE SÛRE.

## Sommaire

1. Objectifs de l'exposé .....	p.1
2. Cadre réglementaire européen .....	p.1
3. Définitions et notions fondamentales .....	p.2
4. Enjeux de la sécurité des machines .....	p.3
5. Application du règlement par les normes .....	p.5
6. Appréciation des risques .....	p.6
7. Application de la norme NF EN ISO 13849-1 .....	p.9
8. Glossaire et acronymes.....	p.29

### 1. Objectifs de l'exposé

Cet exposé a pour objectif de présenter les principes fondamentaux de la sécurité des machines, en s'appuyant sur le cadre réglementaire européen, les normes applicables et la démarche d'appréciation et de réduction des risques.

Il vise à :

- comprendre les enjeux de la sécurité machine,
- maîtriser les grandes étapes de la mise en conformité d'une machine.

### 2. Cadre réglementaire européen

La sécurité des machines est encadrée par le Règlement (UE) 2023/1230 du 14 juin 2023, relatif aux machines.

Ce règlement a pour objectifs :

- d'assurer un niveau élevé de protection de la santé et de la sécurité des personnes,
- d'harmoniser les exigences de sécurité au sein de l'Union européenne,
- de tenir compte des évolutions technologiques.



**La considération n°2** met en évidence les enjeux de prévention des risques liés aux machines et souligne l'importance d'intégrer la sécurité dès la conception et la construction, tout en rappelant la responsabilité des différents acteurs intervenant lors de l'installation et de l'entretien.

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.

### 3. Définitions des termes machine et sécurité

#### Extraits de l'article 3 définitions

##### **Machine :**



Tout équipement comportant des éléments en mouvement et destiné à réaliser une fonction précise est concerné par la réglementation.

**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;**

##### **Sécurité :**



Un composant de sécurité n'a pas pour rôle principal la production, mais la protection des personnes. S'il ne fonctionne pas correctement, le niveau de sécurité de la machine est directement compromis. C'est pourquoi ces composants font l'objet d'exigences spécifiques en matière de conception et de fiabilité.

**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;



La fonction de sécurité correspond à un comportement attendu de la machine lorsqu'une situation dangereuse se présente. Elle est généralement assurée par un ou plusieurs composants de sécurité et vise à protéger l'utilisateur en supprimant ou en maîtrisant le danger.

**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;

 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <hr/> <b>IUT DE NICE</b> <hr/> <b>Sécurité Machine</b>	<b>Date :</b> <b>9 février 2026</b>
--	---	--

#### 4. Enjeux de la sécurité des machines

---



La sécurité des machines est un enjeu majeur en raison :

- du nombre d'accidents liés à l'utilisation de machines,
- de la gravité potentielle des blessures.

Les conséquences sont à la fois :

- humaines : blessures graves, incapacités permanentes, décès,
- économiques : arrêts de travail, coûts financiers, pertes de productivité.

#### **Bilan humain, social et économique des accidents du travail pour l'année 2024.**

##### Nombre d'accidents du travail

- Nombre d'accidents du travail mortels(1) : 764 (+ 5/2023, + 26/2022, +119/2021).
- Nombre d'accidents du travail(2) : 549 614 (en 2024, les effectifs sont les plus élevés de la décennie, et les AT à leur plus bas niveau).

(1) Ces chiffres ne prennent pas en compte les accidents de trajets : 318

Et les maladies professionnelles : 215

(2) Ces chiffres ne prennent pas en compte les accidents de trajets : 94 654

Et les maladies professionnelles : 50 598

##### Le coût économique

- 10,5 milliards d'euros de prestations versées (+6,5%/2023)
  - 976 millions d'euros pour les frais médicaux
  - 4,9 milliards d'euros d'indemnités journalières (IJ) pour arrêt de travail
  - 4,7 milliards d'indemnités en capital et de rentes d'IP.

##### Mise en perspective

≈ 54 millions de journées de travail perdues.

≈ 245 000 années de travail ou 254 000 salariés absents à leur poste.

Soit :

L'ensemble des salariés de La Poste absents pendant un an.

L'ensemble de la population de Lille ou de Rouen.

##### Répartition des décès en 2024 suite à un accident du travail selon l'ancienneté dans le poste

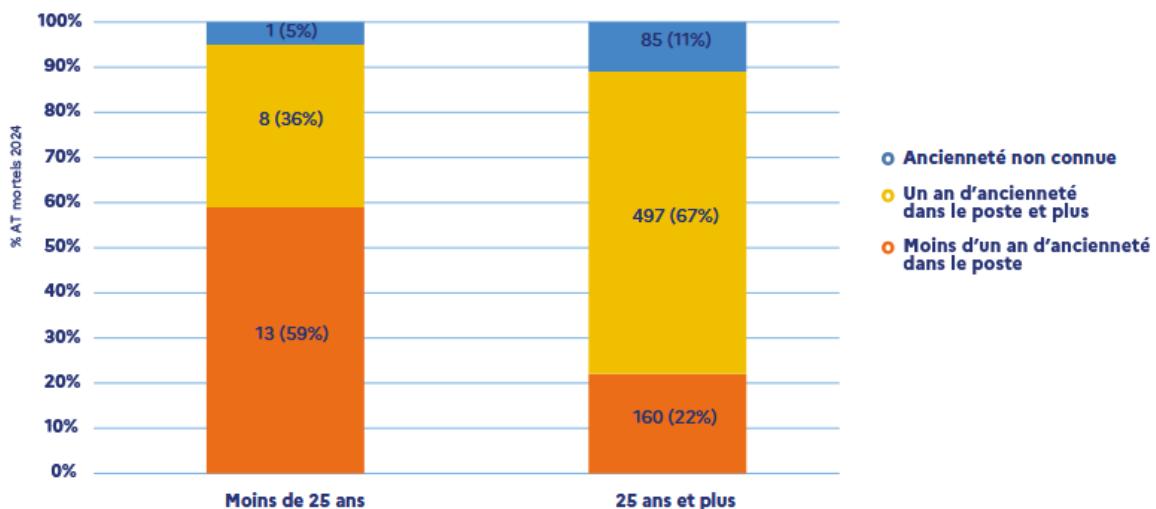


En 2024, 3% des décès liés au travail concernent des salariés de moins de 25 ans. Cela représente 22 décès.

 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <b>IUT DE NICE</b> <b>Sécurité Machine</b>	Date : <b>9 février 2026</b>
--	---	---------------------------------

## 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**

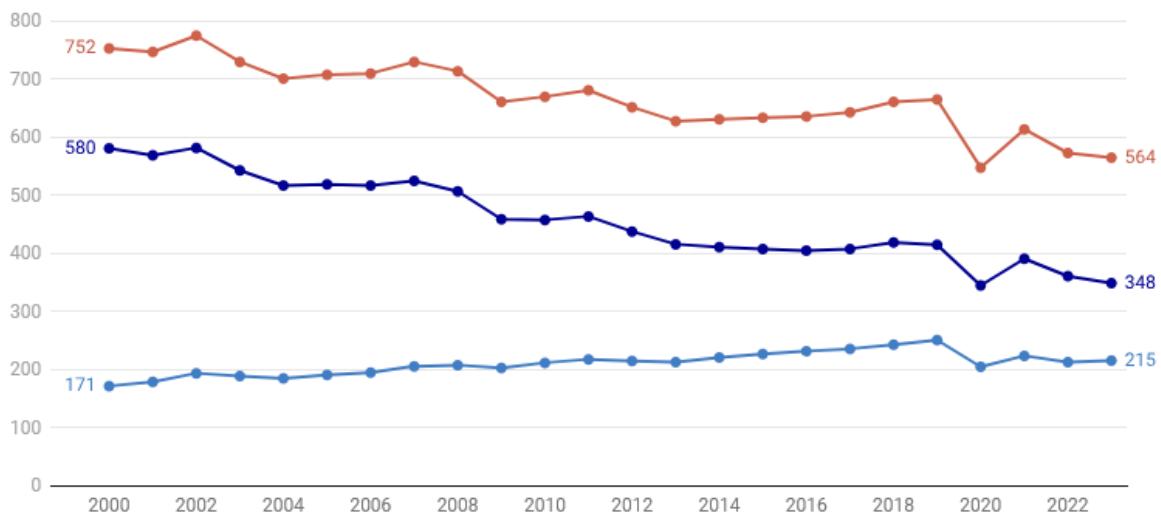


Evolution du nombre d'AT reconnus en premier règlement selon le genre – années 2000 à 2023

### **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



 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <hr/> <b>IUT DE NICE</b> <hr/> <b>Sécurité Machine</b>	Date : <b>9 février 2026</b>
--	---	---------------------------------

## 5. Application du règlement par les normes



Le règlement européen est appliqué concrètement à l'aide de **normes techniques**.

On distingue :

- les normes **internationales** (ISO),
- les normes **européennes** (EN),
- les normes **françaises** (NF).

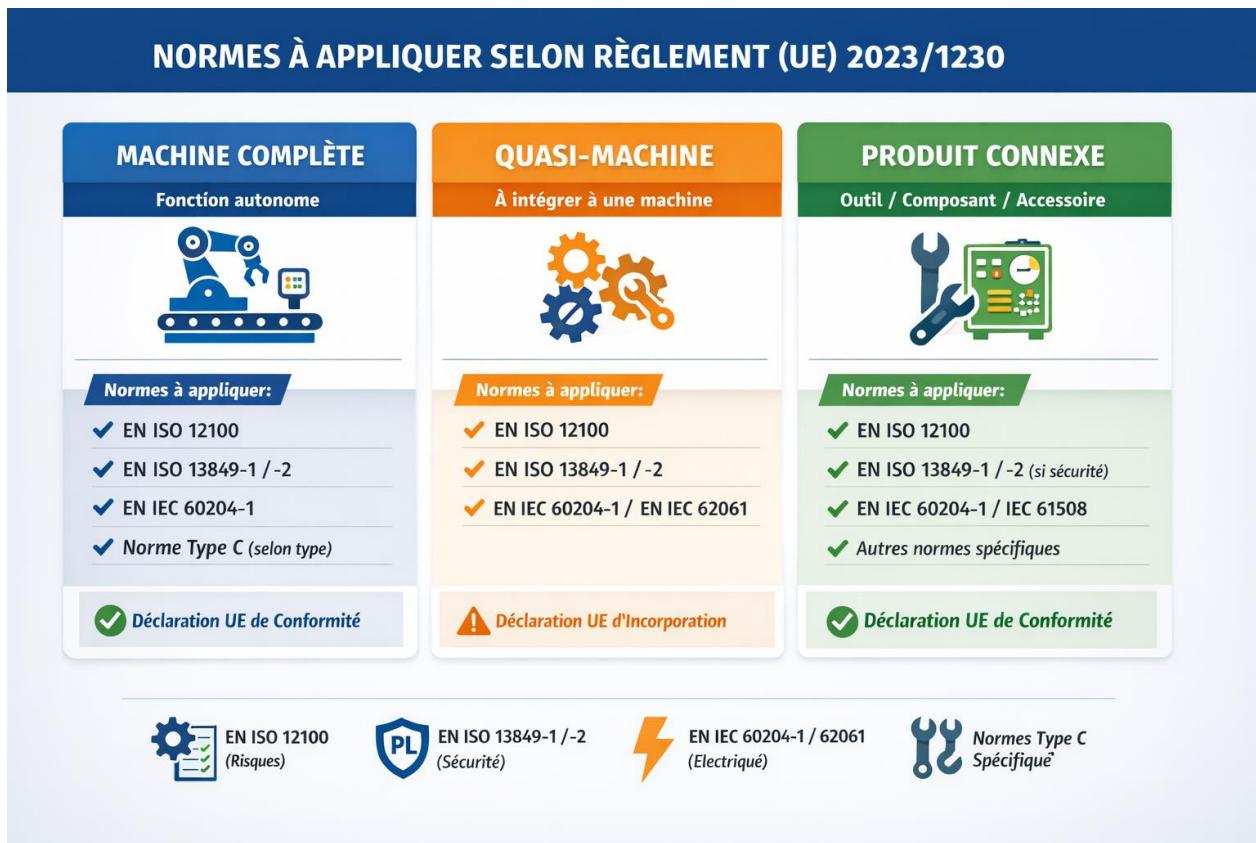
L'application de normes harmonisées permet de bénéficier de la **présomption de conformité** aux exigences du règlement.

### Organisations et structures de normalisation

<p><b>ISO (International Standardization Organisation)</b> L'ISO est un réseau mondial d'organismes de normalisation de 173 pays. L'ISO élabore et publie des normes internationales en se concentrant sur les technologies non électriques.</p>	
<p><b>CEI (Commission électrotechnique internationale)</b> La Commission électrotechnique internationale (CEI) est un organisme mondial qui élabore et publie des normes internationales dans le domaine général de l'électrotechnique (par ex. électronique, télécommunications, compatibilité électromagnétique, production d'énergie) et des technologies apparentées.</p>	
<p><b>CEN (Comité européen de normalisation)</b> Le CEN est un groupe d'organismes de normalisation des États membres de l'UE, de l'AELE (Association Européenne de Libre-Echange), ainsi que des futurs membres de l'UE. Le CEN élabore les normes européennes (EN) dans le domaine non électrique. Pour éviter que ces normes présentent des obstacles au commerce, le CEN s'efforce de travailler en étroite collaboration avec l'ISO. Le CEN détermine par un vote si les normes ISO doivent être reprises et les publie comme normes européennes.</p>	
<p><b>CENELEC</b> <b>(Comité européen de normalisation électrotechnique)</b> Le CENELEC est l'équivalent du CEN dans le domaine de l'électrotechnique ; il élabore et publie les normes européennes (EN) dans ce domaine. Comme entre le CEN et l'ISO, le CENELEC reprend de plus en plus les normes CEI et leur numérotation.</p>	
<p><b>AFNOR / UTE</b> <b>(Association française de normalisation)</b> C'est l'organisme officiel français de normalisation. UTE (ancien cible pour Union Technique pour l'Electricité) est aujourd'hui intégrée à l'AFNOR : Association Française de normalisation.</p>	

 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <b>IUT DE NICE</b> <b>Sécurité Machine</b>	Date : <b>9 février 2026</b>
--	---	---------------------------------

## Normes à appliquer selon le règlement UE 2023/1230



## 6. Appréciation des risques



L'appréciation des risques est une étape essentielle de la démarche de sécurité machine.

Elle comprend

- l'identification de la **situation dangereuse** (danger),
- l'estimation des **risques d'accidents** (risques),
- l'évaluation de leur acceptabilité. C'est-à-dire **évaluer si le niveau de risque est acceptable ou non**, au regard :
  - ✓ de la gravité possible du dommage,
  - ✓ de la probabilité d'occurrence,
  - ✓ de la possibilité d'éviter le danger ou de limiter les dommages.

Cette démarche permet de définir une stratégie de réduction des risques adaptée en fonction

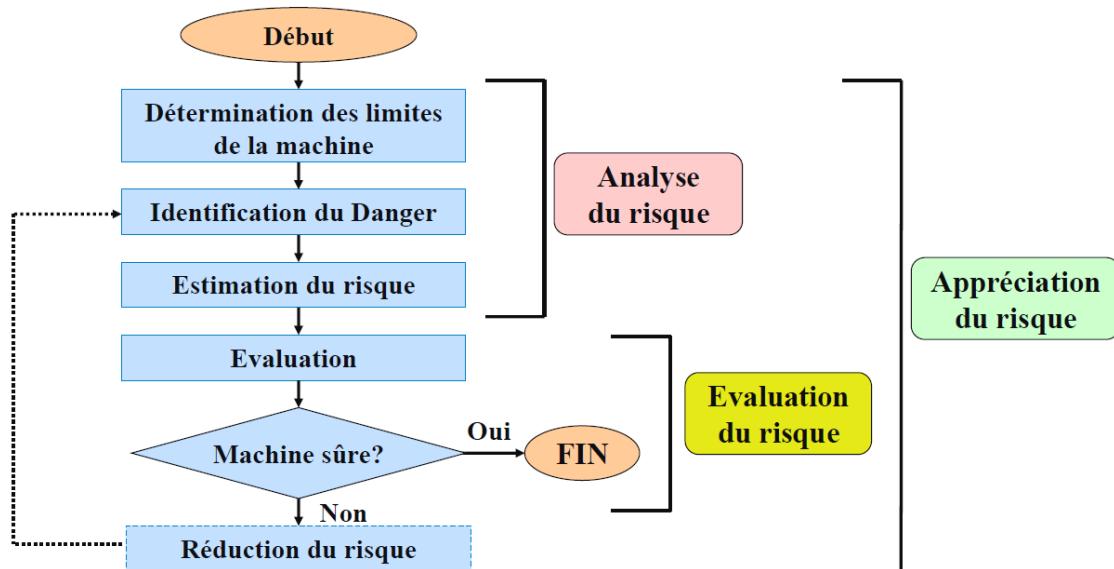
- des exigences réglementaires et normatives,
- et de l'état de l'art en matière de sécurité.

Cela veut dire

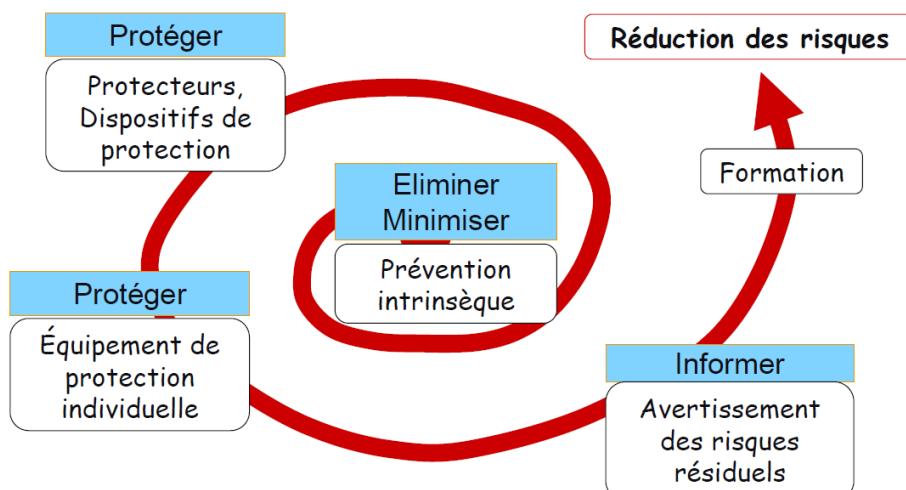
 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <b>IUT DE NICE</b> <b>Sécurité Machine</b>	Date : 9 février 2026
--	---	--------------------------

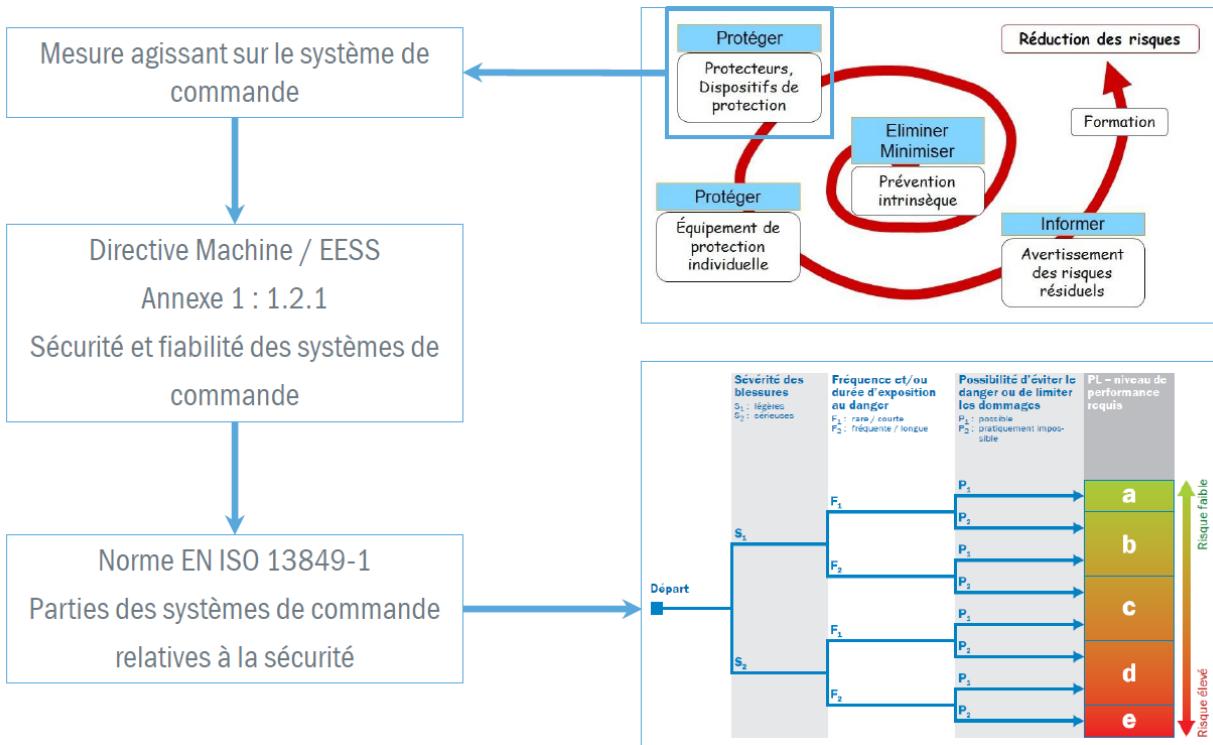
- **Risque acceptable**
  - Le risque est suffisamment faible.
  - Aucune mesure supplémentaire n'est exigée,
  - la machine peut être utilisée dans ces conditions.
- **Risque non acceptable**
  - Le risque est trop élevé.
  - Des mesures de réduction des risques doivent être mises en œuvre (techniques, organisationnelles ou informationnelles).

### Stratégie de réduction des risques

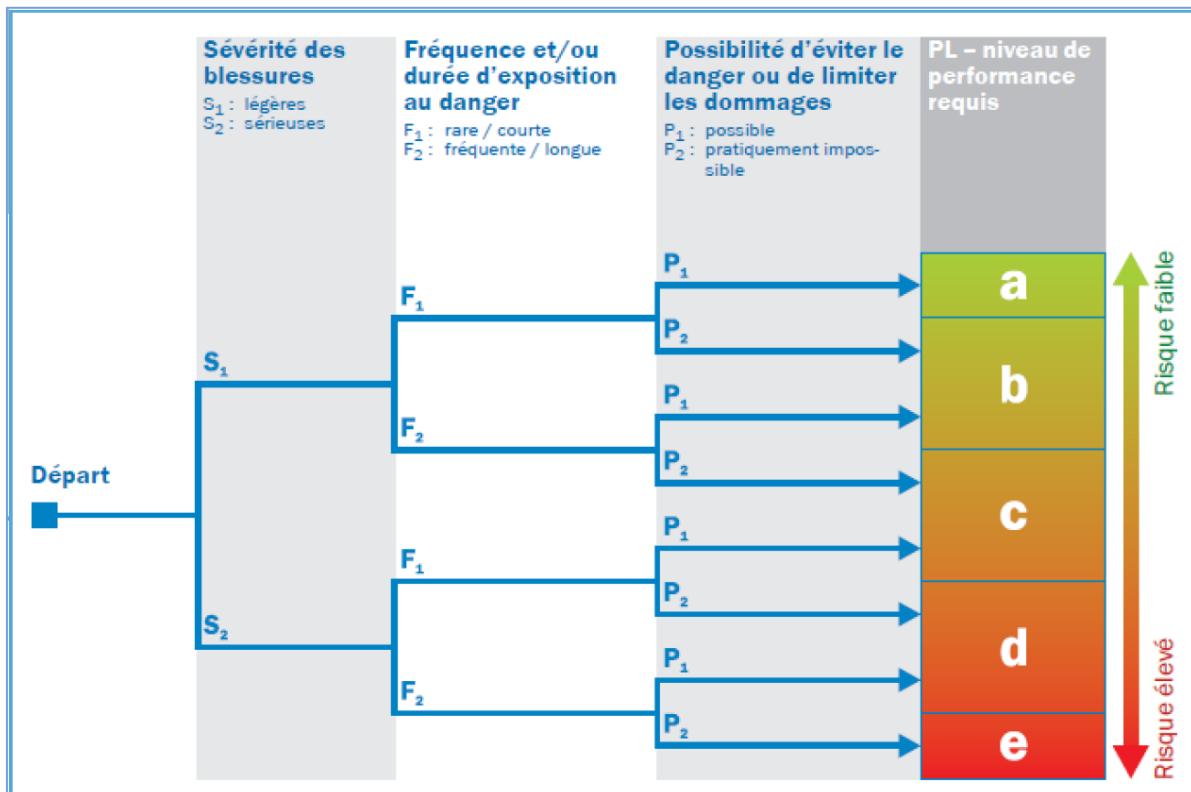


### Mise en place des solutions techniques ou organisationnelles





### Niveau de performance requis



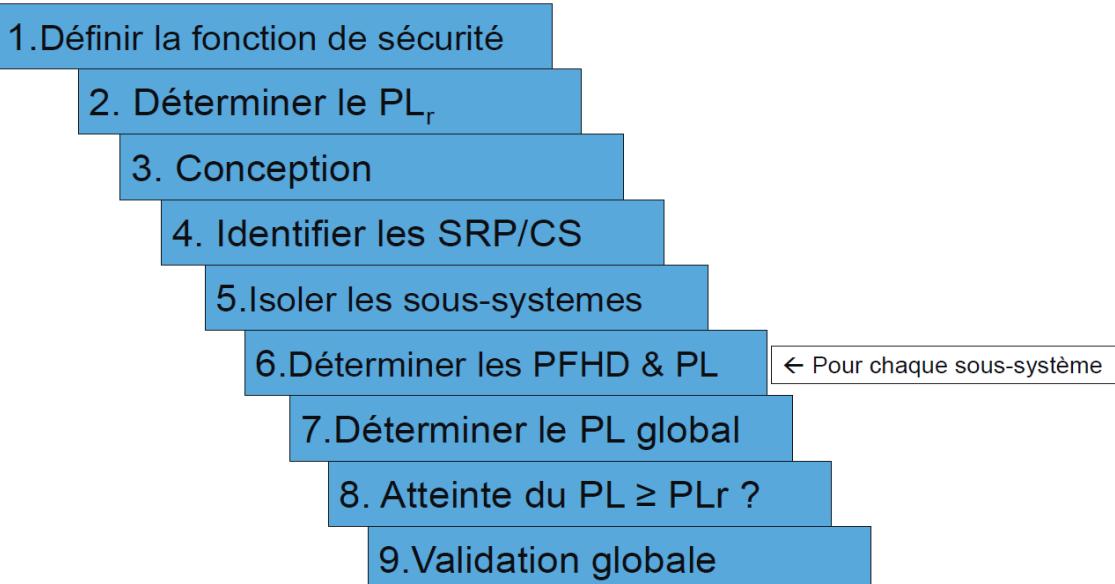
 SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL	ACTION FORMATION APN AUTOMATION <hr/> IUT DE NICE <hr/> Sécurité Machine	Date : 9 février 2026
---	---	--------------------------

## 7. Application de la norme NF EN ISO 13849-1



La norme **NF EN ISO 13849-1** concerne les parties des systèmes de commande relatives à la sécurité SRP/CS).

Cette partie présente les **9 étapes de la norme**, depuis la définition de la fonction de sécurité jusqu'à la validation du niveau de performance (PL).



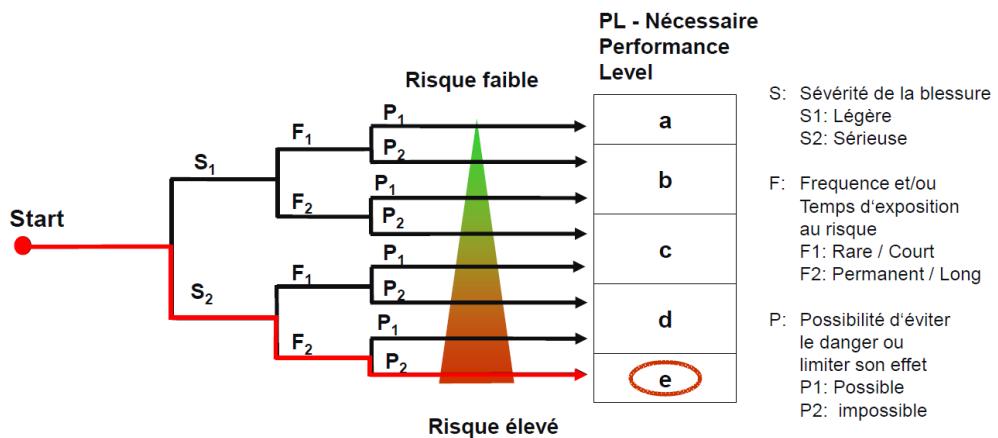
### 1 - Définir la fonction de sécurité



### Fonction de sécurité:

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

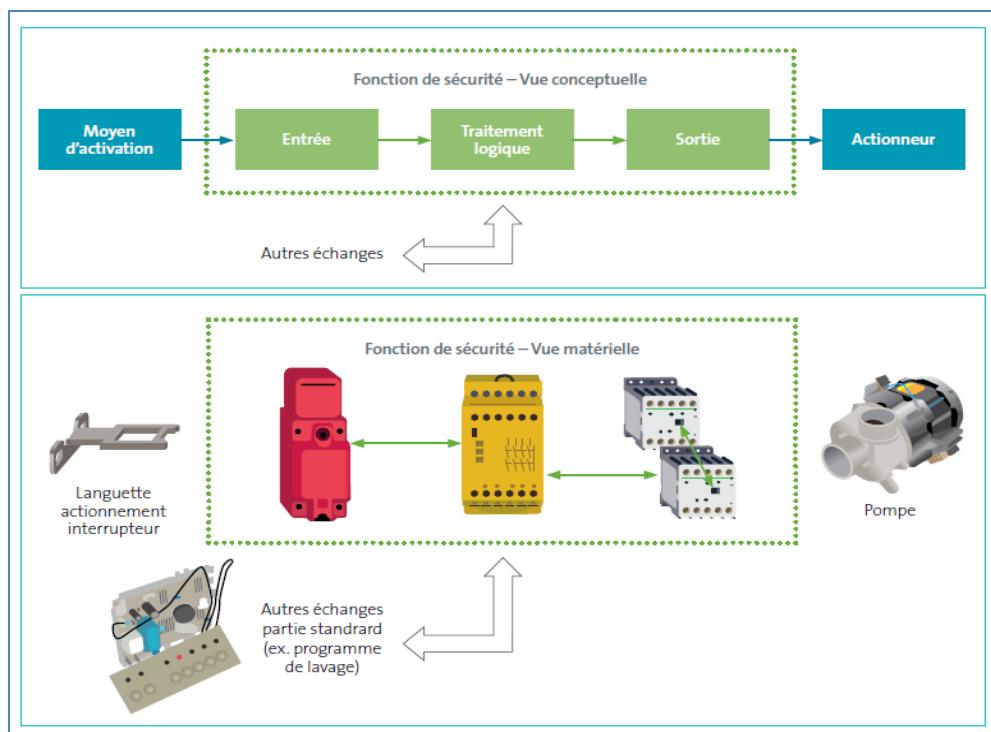
## 2 – Déterminer le PLr (Niveau de performance requis)



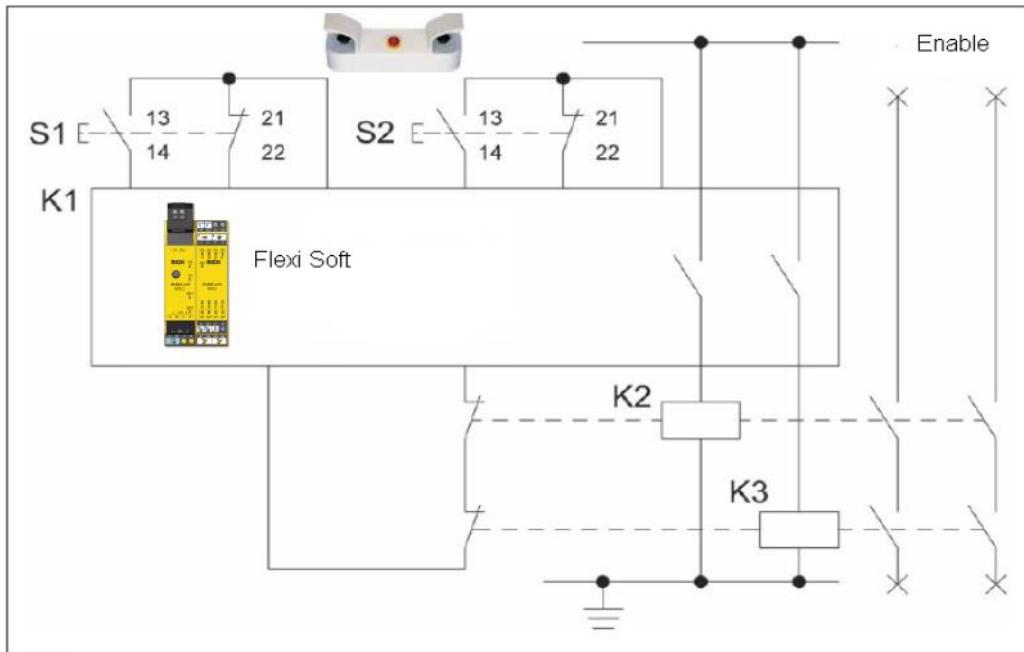
PLr = **e** car en cas d'accident la blessure sera sérieuse (S2), le temps d'exposition au risque d'accident est permanent (F2) et qu'il n'y a aucune possibilité d'éviter le danger (P2).

## 3 - Conception

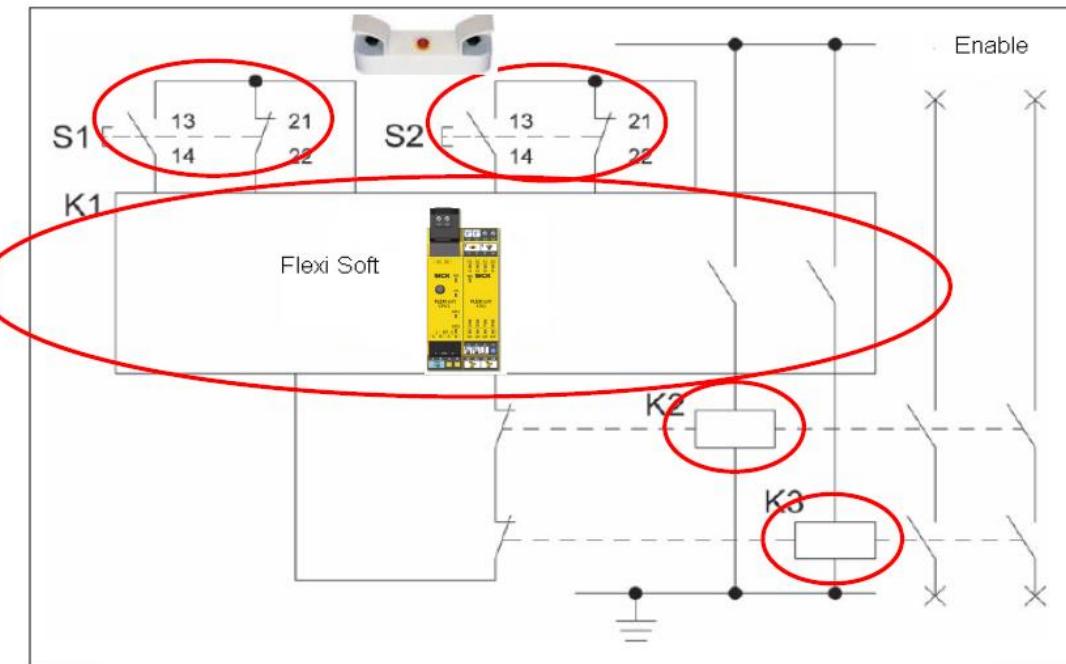
### Décomposition d'un (SRP/CS) (Safety-Related Parts of Control Systems – Système de contrôle lié à la sécurité) et éléments externes



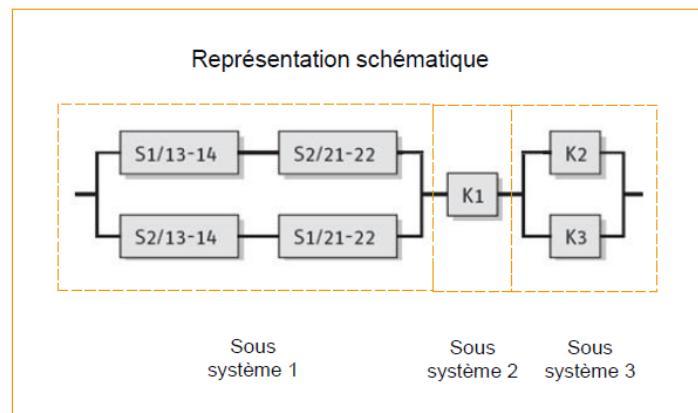
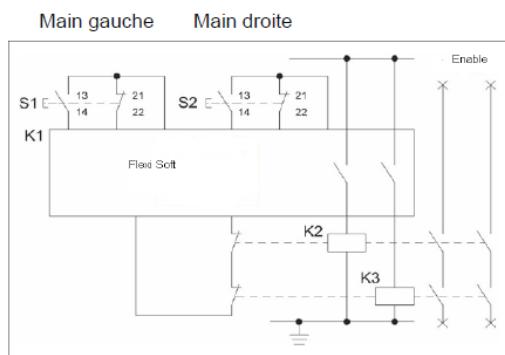
Solution retenue dans notre cas : une commande bimanuelle qui autorise le fonctionnement de la presse. Interfaces d'entrées/sorties et traitement logique de sécurité FLEXISOFT (SICK). Les boutons poussoirs d'entrées et les préactionneurs de sortie (contacteurs) sont de fabrication courante.



#### 4 – Identifier les sous-systèmes du SRP/CS



## 5 – Isoler les sous-systèmes



## 6 – Déterminer les PFHd et PL pour chaque sous-système



Procédure à suivre :

- Choisir la catégorie (cat. B, 1, 2, 3 ou 4)
- Déterminer
  - ✓ MTTFd
  - ✓ DCavg
  - ✓ CCF si nécessaire.

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

**PL** : Niveau de performance.

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

**DCavg** : Capacité du système à détecter les défaillances dangereuses.

**CCF** : Cause commune de défaillance.

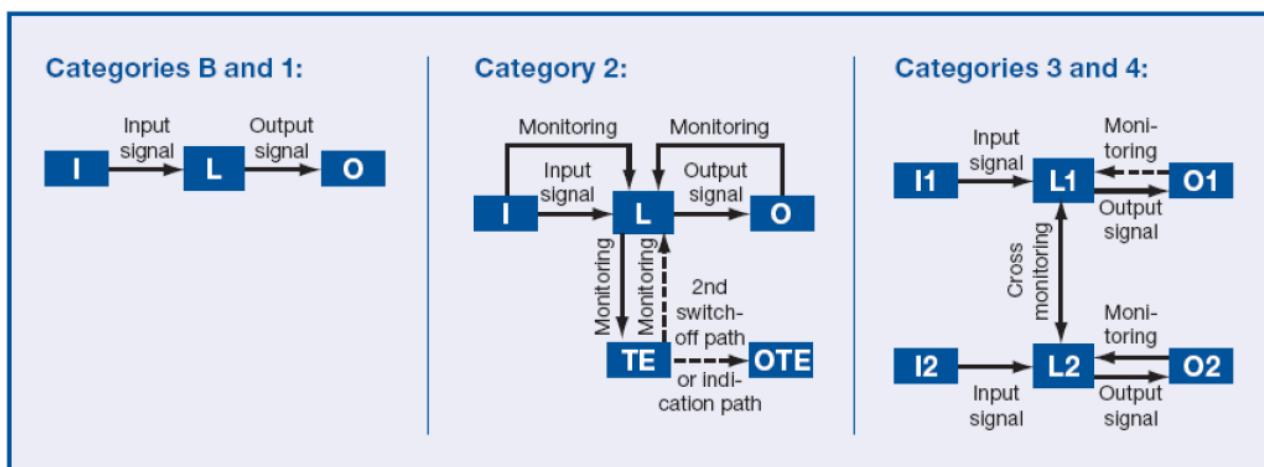
### Catégorie du matériel

Classification **structurelle** d'un système de commande selon son **architecture** et sa **capacité à résister aux défaillances**.

 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <b>IUT DE NICE</b> <b>Sécurité Machine</b>	<b>Date :</b> <b>9 février 2026</b>
--	---	--

Catégorie	Résumé des exigences	Comportement du Système	Base principale de la Sécurité
<b>B</b>	Les parties des systèmes de commande relatives à la sécurité et/ou les dispositifs de protection ainsi que leurs pièces constitutives doivent être choisis et/ou réalisés, assemblés et/ou combinés dans le respect des Normes applicables de manière à faire face aux influences attendues.	L'apparition d'un défaut peut conduire à la perte de la fonction de sécurité	Principalement caractérisé par le choix des composants
<b>1</b>	Les exigences de B doivent être remplies. Des composants et des principes éprouvés doivent être absolument utilisés	L'apparition d'un défaut peut conduire à la perte de la fonction de sécurité mais la probabilité d'une telle apparition est inférieure à celle de la catégorie B	Principalement caractérisé par le choix des composants
<b>2</b>	Les exigences de B ainsi que l'utilisation de principes de sécurité sont obligatoires. La fonction de sécurité doit être vérifiée périodiquement en observant le résultat effectif sur la commande de la machine.	L'apparition d'un défaut peut conduire à la perte de la fonction de sécurité entre 2 vérifications. La perte de la fonction de sécurité doit être identifiée par une vérification	Principalement caractérisé par la structure du système de sécurité.
<b>3</b>	Les exigences de B ainsi que l'utilisation de principes de sécurité sont obligatoires. Les éléments constitutifs du système de sécurité doivent être réalisés de sorte que: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ L'apparition d'un défaut unique dans chacun de ces éléments ne puisse pas conduire à la perte de la fonction de sécurité et</li> <li>▪ Dans le cas où il est possible de détecter le défaut, celui-ci soit effectivement reconnu.</li> </ul>	Lors de l'apparition d'un défaut unique, la fonction de sécurité est toujours conservée. Les défauts principaux sont reconnus. L'apparition d'un défaut non reconnu peut conduire à la perte de la fonction de sécurité	Principalement caractérisé par la structure du système de sécurité.
<b>4</b>	Les exigences de B ainsi que l'utilisation de principes de sécurité sont obligatoires. Les éléments constitutifs du système de sécurité doivent être réalisés de sorte que: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ L'apparition d'un défaut unique dans chacun de ces éléments ne puisse pas conduire à la perte de la fonction de sécurité et</li> <li>▪ Le défaut soit détecté avant ou au moment de l'appel à la fonction de sécurité</li> <li>▪ Ou si cela n'est pas possible, l'accumulation de plusieurs défaut ne conduise pas à la perte de la fonction de sécurité.</li> </ul>	Lorsque les défauts se produisent, la fonction de sécurité est toujours conservée. Les défauts sont reconnus à temps afin de prévenir la perte de la fonction de sécurité	Principalement caractérisé par la structure du système de sécurité.

#### Architecture électrique des catégories:



Mono canal

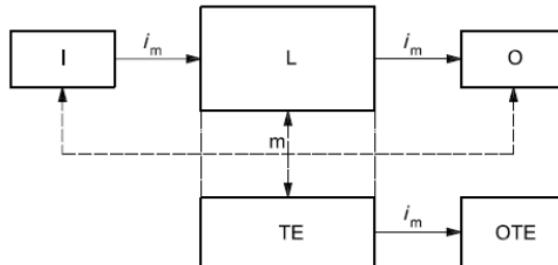
Mono canal + Test

Double canal

 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <b>IUT DE NICE</b> <b>Sécurité Machine</b>	<b>Date :</b> <b>9 février 2026</b>
--	---	--

## Architecture de cat 2 selon ISO 13849-1

NOTE 3 Le principe qui sous-tend la validité de la catégorie 2 est que l'adoption de exigences techniques, par exemple le choix de la fréquence de contrôle, peut diminuer la probabilité d'occurrence d'une situation dangereuse.



Les traits tiretés représentent la détection de défaut raisonnablement praticable.

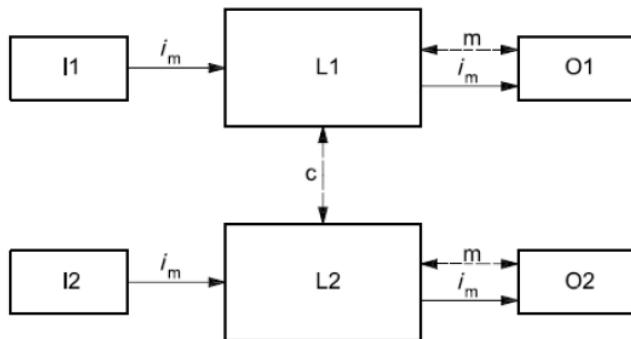
### Légende

- $i_m$  moyens de connexion
- I dispositif d'entrée, par exemple détecteur
- L logique
- m surveillance
- O dispositif de sortie, par exemple contacteur principal
- TE équipement d'essai
- OTE sortie de TE

Figure 10 — Architecture désignée pour la catégorie 2

## Architecture de cat 3 selon ISO 13849-1

NOTE 4 La technologie utilisée influe sur les possibilités de mise en œuvre de la détection de défaut.



Les traits interrompus représentent la détection de défaut raisonnablement praticable.

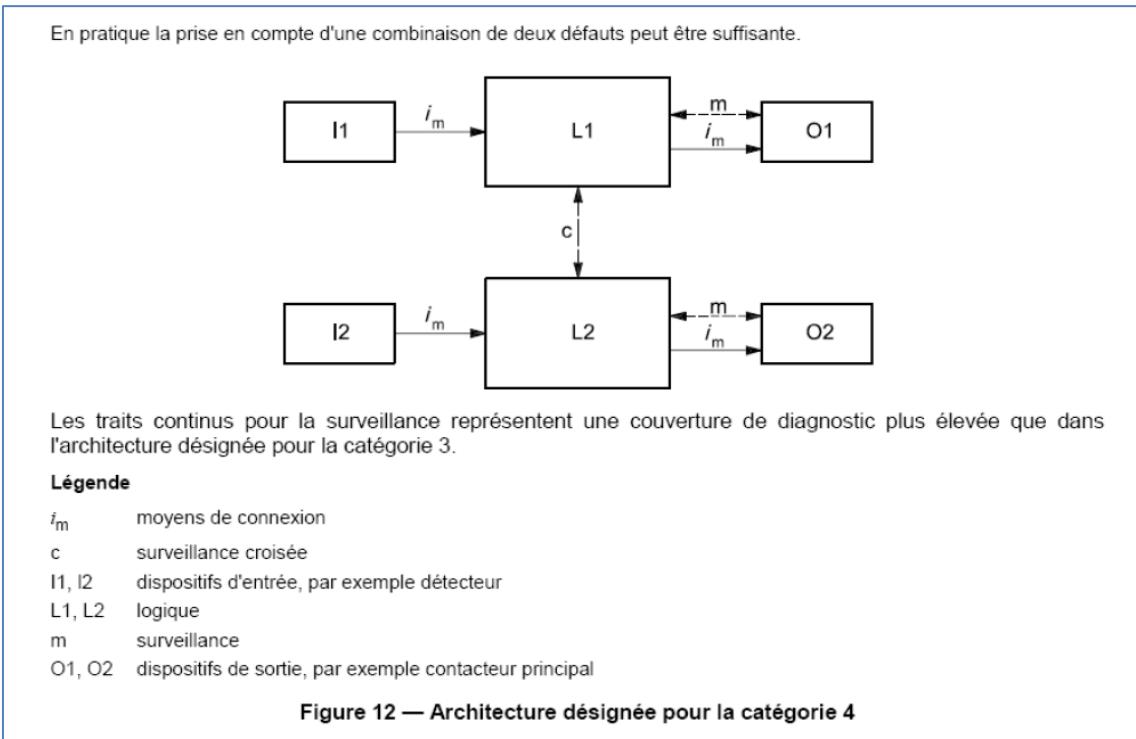
### Légende

- $i_m$  moyens de connexion
- c surveillance croisée
- I1, I2 dispositifs d'entrée, par exemple détecteur
- L1, L2 logique
- m surveillance
- O1, O2 dispositifs de sortie, par exemple contacteur principal

Figure 11 — Architecture désignée pour la catégorie 3

 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <b>IUT DE NICE</b> <b>Sécurité Machine</b>	<b>Date :</b> <b>9 février 2026</b>
--	---	--

## Architecture de cat 4 selon ISO 13849-1



## Détermination du MTTFd : Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse) — fiabilité des composants.



La norme NF EN ISO 13849-1 (annexe C) donne une méthode simplifiée pour les composants électromécaniques, basée sur :

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

Symbol	Signification	Unité	Commentaire
MTTFd	Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (dangereuse)	Année	A calculer
B <sub>10d</sub>	Nombre de cycles avant 10 % de défaillances dangereuses	cycles	Donné ou estimé par le constructeur
n <sub>op</sub>	Nombre d'opérations par heure	cycles/h	Fréquence d'utilisation
h <sub>op</sub>	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)

 SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL	ACTION FORMATION	Date : 9 février 2026
	IUT DE NICE	
	Sécurité Machine	

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

Tableau synthétique entre MTTF et B10d

Type de composant	MTTFd (années)	B10d (cycles)	Remarques / Référence norme
Composants mécaniques	150	-	Valeur par défaut ISO 13849-1
Hydrauliques (nop ≥ 1 000 000)	150	-	ISO 4413
Hydrauliques (1 000 000 > nop ≥ 500 000)	300	-	ISO 4413
Hydrauliques (500 000 > nop ≥ 250 000)	600	-	ISO 4413
Hydrauliques (nop < 250 000)	1200	-	ISO 4413
Pneumatiques	-	20 000 000	ISO 4414
Relais / Contacteurs (petite charge)	-	20 000 000	IEC 61810 / IEC 60947
Relais / Contacteurs (charge nominale)	-	2 000 000	IEC 60947
Boutons poussoirs / Arrêt d'urgence	-	100 000	ISO 13850 / IEC 60947
Capteurs de position / proximité	-	20 000 000	IEC 60947 / EN ISO 14119

### 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. Exprimé en %. Plus le DCavg est élevé, plus le système détecte ses propres défaillances et agit avant qu'elles ne provoquent un danger.

 SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL	ACTION FORMATION	Date : 9 février 2026
	APN AUTOMATION	
	IUT DE NICE	

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

En pratique on ne calcule pas le DCavg. On l'estime.

#### Grille d'estimation du DCavg (ISO 13849-1)

La valeur de la couverture diagnostique (DC) est indiquée par les quatre niveaux suivants :

DC	
Denotation	Range
None	DC < 60 %
Low	60 % ≤ DC < 90 %
Medium	90 % ≤ DC < 99 %
High	99 % ≤ DC

Une estimation de la DC est proposée en annexe E de la norme en fonction du type de mesures mises en œuvre pour assurer le diagnostic.

#### Exemple pour le sous-système 1

	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 <sub>e</sub> )

→ DC<sub>AVG</sub> = 99 % = high

 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	ACTION FORMATION	Date : 9 février 2026
	APN AUTOMATION	
	IUT DE NICE	

### Exemple pour le sous-système 3

	<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

### **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.

Exemples typiques :

- même alimentation pour deux canaux,
- même programme erroné sur deux voies,
- même environnement agressif (chaleur, vibrations, CEM),
- même erreur de câblage ou de maintenance.

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.**

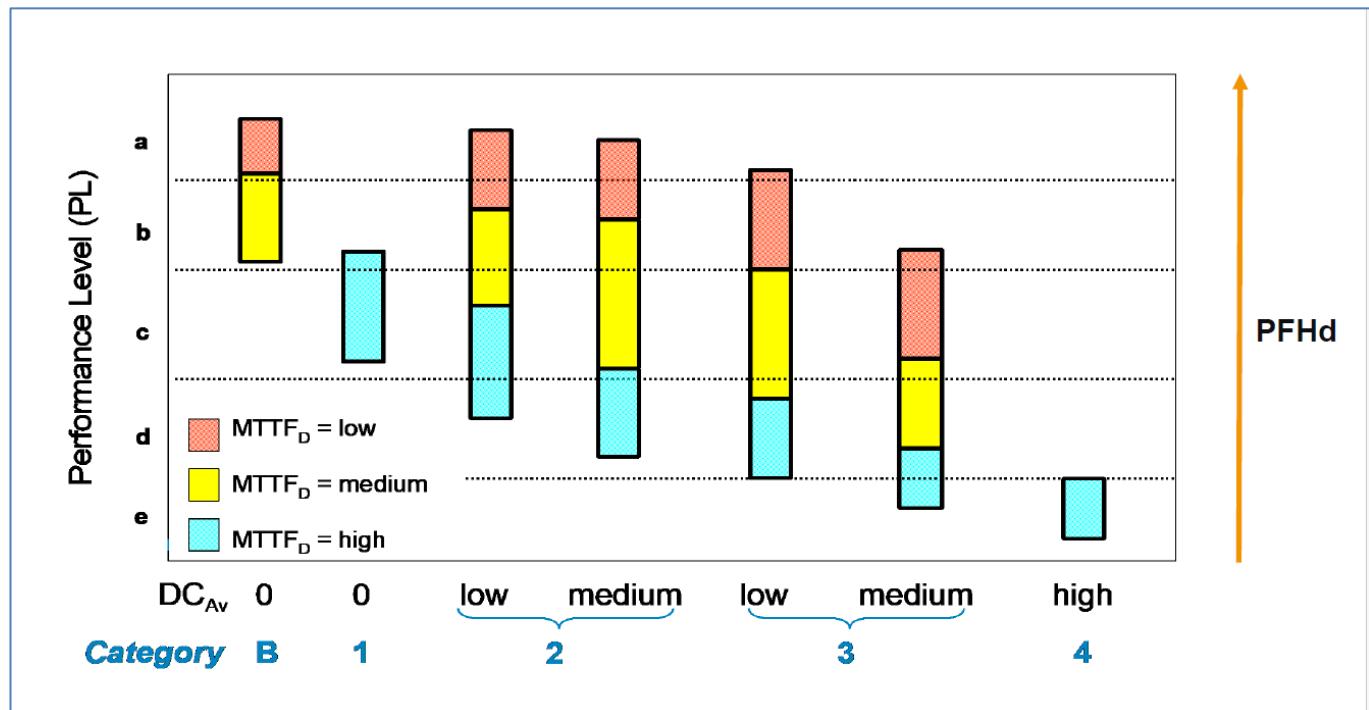
 SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL	ACTION FORMATION APN AUTOMATION  IUT DE NICE  Sécurité Machine	Date : 9 février 2026
---	---	--------------------------

N°	Mesure contre les CCF	Score
1	<b>Séparation/Isolement</b>  Séparation physique entre les voies de signaux: séparation dans le câblage, le tuyautage, distances d'isolation et lignes de fuite suffisantes sur les cartes de circuits imprimés.	15
2	<b>Diversité</b>  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	<b>Conception/application/expérience</b>  3.1 Protection contre surtension, surpression, surintensité, etc. 3.2 Utilisation de composants éprouvés	15 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  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	<b>Autres influences</b>  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

## 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.

## Relations entre PL, Catégorie, MTTFd, PFHd et DCavg

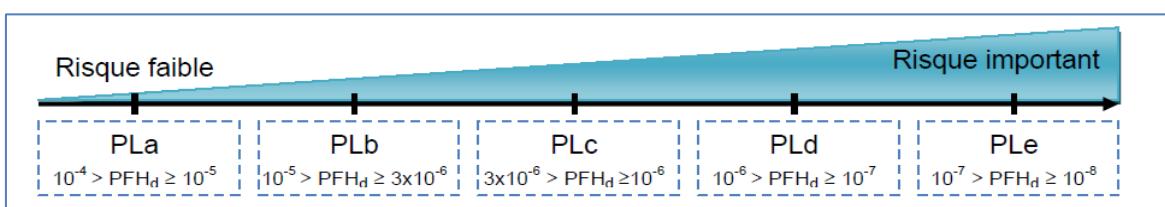


## Relations entre PL, Catégorie, MTTFd, PFHd et DCavg

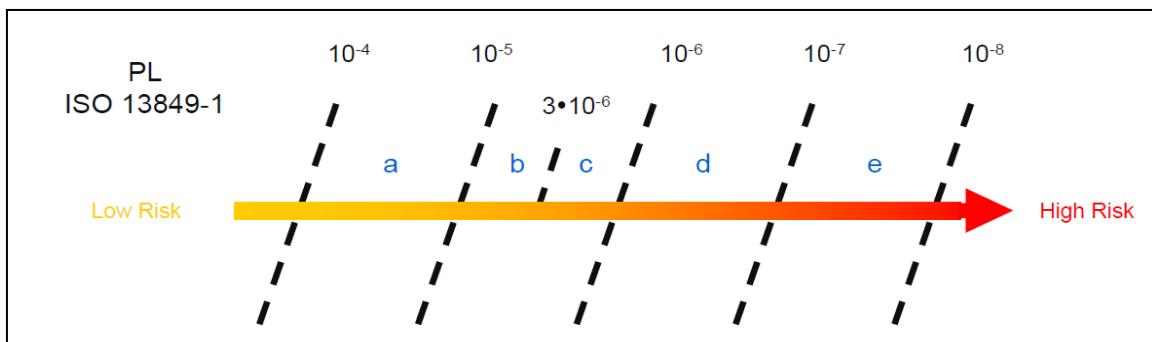
Tableau K.1 (suite)

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 DC <sub>avg</sub> = nulle	PL	Cat. 1 DC <sub>avg</sub> = nulle	PL	Cat. 2 DC <sub>avg</sub> = faible	PL	Cat. 2 DC <sub>avg</sub> = moyenne	PL	Cat. 3 DC <sub>avg</sub> = faible	PL	Cat. 3 DC <sub>avg</sub> = moyenne	PL	Cat. 4 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

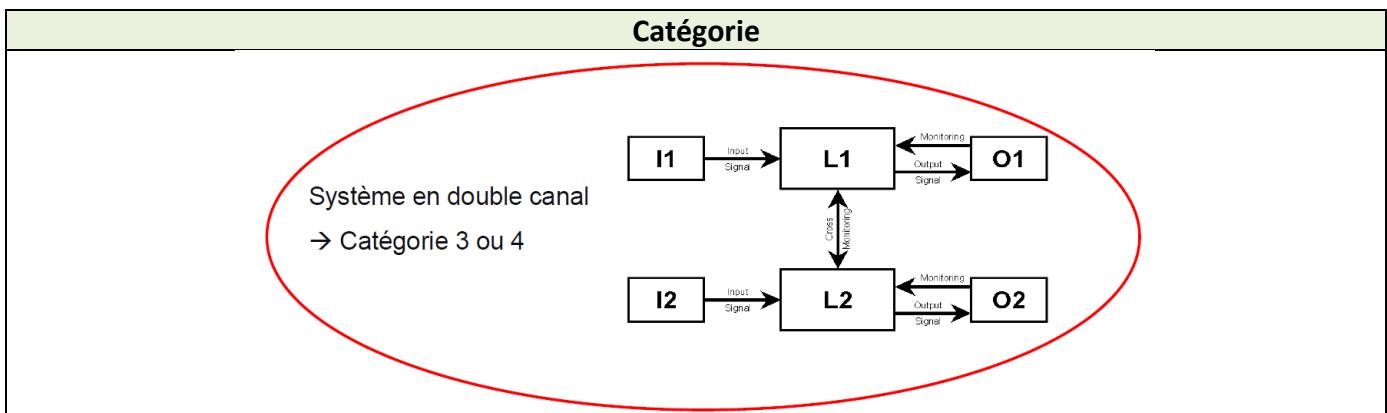
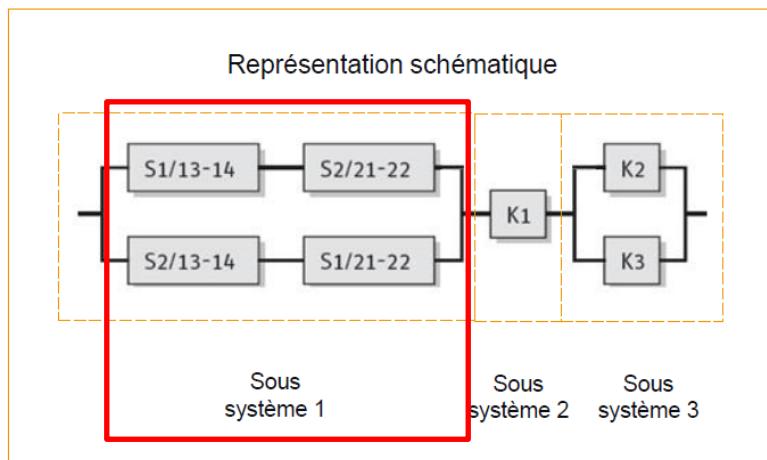
## Relation entre PFHd et PL



Autre représentation :



## 6 – 1 Déterminer les PFHd et PL pour le sous-système 1

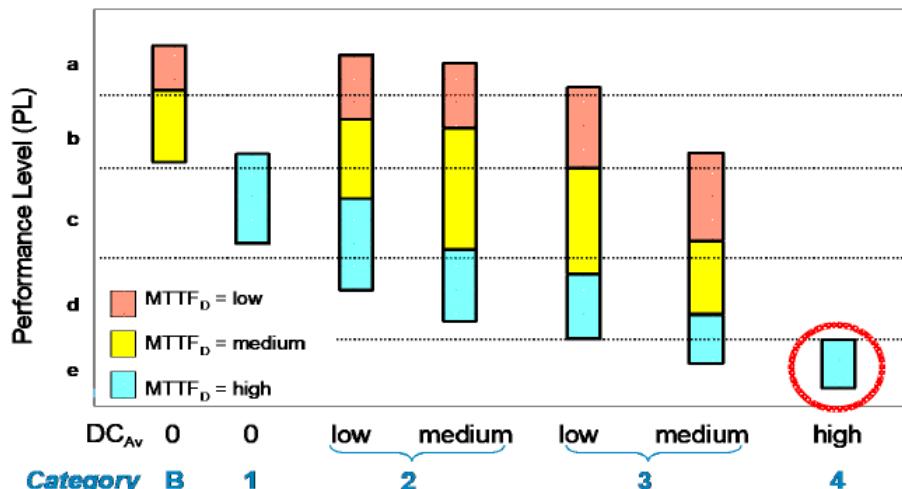


MTTFd								
Dans notre cas, S1 et S2 sont identiques ils ont la même valeur MTTFd. Sinon, il faut prendre le MTTFd le plus faible.	<p><b>EN ISO 13849-1:</b></p> $B_{10,D,S1} = B_{10,D,S2} = 20.000.000 \text{ de manoeuvres}$ <p><b>Hypothèses:</b></p> <table> <tr> <td><math>C</math> (fréquence d'utilisation) =</td> <td>180 /h</td> </tr> <tr> <td><math>d_o</math> (nombre de jour/an) =</td> <td>240 d/a</td> </tr> <tr> <td><math>h_{op}</math> (nombre d'h/jour) =</td> <td>8 h/d</td> </tr> </table>	$C$ (fréquence d'utilisation) =	180 /h	$d_o$ (nombre de jour/an) =	240 d/a	$h_{op}$ (nombre d'h/jour) =	8 h/d	<p><b>Calcul par composant</b></p> $MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0,1 \cdot n_{op}}$ $MTTF_D = \frac{B_{10D}}{0,1 \cdot d_{op} \cdot h_{op} \cdot C}$ $MTTF_D = \frac{20.000.000}{0,1 \cdot 240^{j/a} \cdot 8^{h/d} \cdot 180^{1/h}}$ <p><math>\boxed{MTTF_D &gt; 100 \text{ ans}}</math></p>
$C$ (fréquence d'utilisation) =	180 /h							
$d_o$ (nombre de jour/an) =	240 d/a							
$h_{op}$ (nombre d'h/jour) =	8 h/d							
<b>MTTFd = élevé</b>								

### DCavg

Page 17 : élevé

PL



PL = e

PFHd

Tableau K.1 (suite)

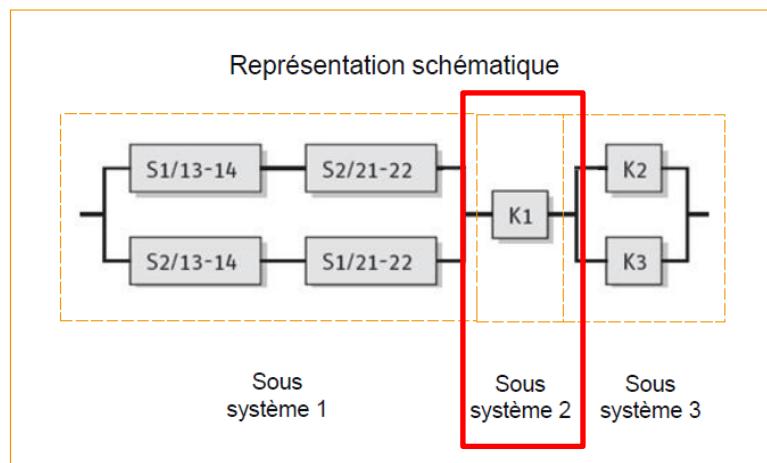
MTTF <sub>d</sub> pour chaque canal années	Cat. B	PL	Cat. 1	PL	Cat. 2	PL	Cat. 2	PL	Cat. 3	PL	Cat. 3	PL	Cat. 4	PL		
	DC <sub>avg</sub> = nulle	DC <sub>avg</sub> = nulle	DC <sub>avg</sub> = faible	DC <sub>avg</sub> = moyenne	DC <sub>avg</sub> = faible	DC <sub>avg</sub> = moyenne	DC <sub>avg</sub> = faible	DC <sub>avg</sub> = moyenne	DC <sub>avg</sub> = faible	DC <sub>avg</sub> = moyenne	DC <sub>avg</sub> = élevée	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	$3,06 \times 10^{-8}$	e
91					$1,25 \times 10^{-6}$	c	$5,88 \times 10^{-7}$	d	$2,81 \times 10^{-7}$	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	$5,20 \times 10^{-7}$	d	$2,49 \times 10^{-7}$	d	$3,91 \times 10^{-8}$	e	$2,47 \times 10^{-8}$	e

$$PFHd = 2,47e-8$$

### CCF

On considère que l'évaluation a été faite. Elle dépasse 65 points. La catégorie 4 est validée.

### 6 – 2 Déterminer les PFHd et PL pour le sous-système 2



Les paramètres PFHd : probabilité moyenne de défaillance dangereuse par heure, PL : Niveau de performance et catégorie sont donnés directement par le fabricant SICK.

#### 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>

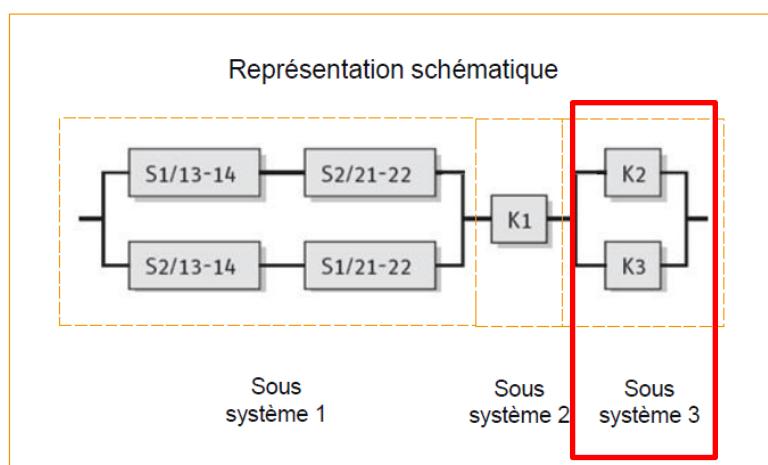
 SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <b>IUT DE NICE</b> <b>Sécurité Machine</b>	Date : 9 février 2026
---	---	--------------------------

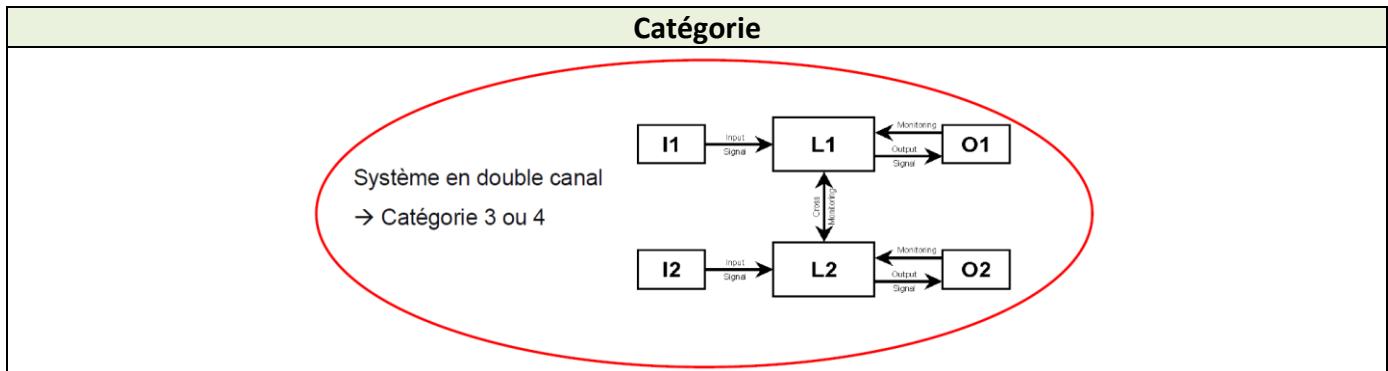
### Caractéristiques techniques relatives à la sécurité Flexi Soft CPU

	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	

PFHd	$4,8^e-9 + 1,07^e-9 = 5,85^e-9$
PL	e
Catégorie	4

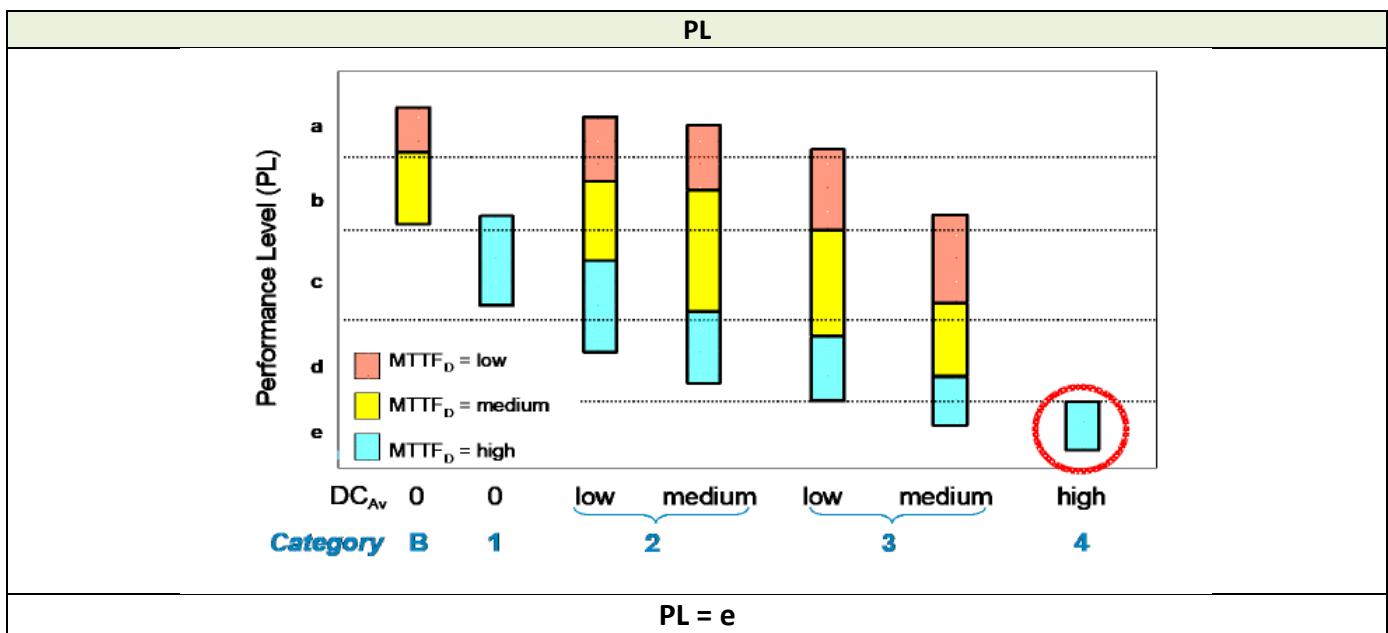
### 6 – 3 Déterminer les PFHd et PL pour le sous-système 3





MTTFd			
$B_{10d}$	Relais / Contacteurs (petite charge)-	20 000 000	IEC 61810 / IEC 60947
Utilisation : $d_{op} = 220 \text{ j/an}$ $h_{op} = 16 \text{ h/j}$ $C = 1/\text{h}$	<b>MTTFd = 5682 années</b>		<b>MTTFd = élevé</b>

DCavg
<b>Page 18 : élevé</b>



### PFHd

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 DC <sub>avg</sub> = nulle	Cat. 1 DC <sub>avg</sub> = nulle	Cat. 2 DC <sub>avg</sub> = faible	Cat. 2 DC <sub>avg</sub> = moyenne	Cat. 3 DC <sub>avg</sub> = faible	Cat. 3 DC <sub>avg</sub> = moyenne	Cat. 3 DC <sub>avg</sub> = élevée	Cat. 4 DC <sub>avg</sub> = élevée
15	$7,61 \times 10^{-6}$	b		$4,53 \times 10^{-6}$	b	$3,01 \times 10^{-6}$	b	$1,82 \times 10^{-6}$
16	$7,13 \times 10^{-6}$	b		$4,21 \times 10^{-6}$	b	$2,77 \times 10^{-6}$	c	$1,67 \times 10^{-6}$
18	$6,34 \times 10^{-6}$	b		$3,68 \times 10^{-6}$	b	$2,37 \times 10^{-6}$	c	$1,41 \times 10^{-6}$
20	$5,71 \times 10^{-6}$	b		$3,26 \times 10^{-6}$	b	$2,06 \times 10^{-6}$	c	$1,22 \times 10^{-6}$
22	$5,19 \times 10^{-6}$	b		$2,93 \times 10^{-6}$	c	$1,82 \times 10^{-6}$	c	$1,07 \times 10^{-6}$
24	$4,76 \times 10^{-6}$	b		$2,65 \times 10^{-6}$	c	$1,62 \times 10^{-6}$	c	$9,47 \times 10^{-7}$
27	$4,23 \times 10^{-6}$	b		$2,38 \times 10^{-6}$	c	$1,39 \times 10^{-6}$	c	$8,04 \times 10^{-7}$
30		$3,80 \times 10^{-6}$	b	$2,06 \times 10^{-6}$	c	$1,21 \times 10^{-6}$	c	$6,94 \times 10^{-7}$
33		$3,46 \times 10^{-6}$	b	$1,85 \times 10^{-6}$	c	$1,06 \times 10^{-6}$	c	$5,94 \times 10^{-7}$
36			$3,17 \times 10^{-6}$	b	$1,67 \times 10^{-6}$	c	$9,39 \times 10^{-7}$	$5,16 \times 10^{-7}$
39				$2,93 \times 10^{-6}$	c	$1,53 \times 10^{-6}$	c	$4,53 \times 10^{-7}$
43				$2,65 \times 10^{-6}$	c	$1,37 \times 10^{-6}$	c	$3,87 \times 10^{-7}$
47				$2,43 \times 10^{-6}$	c	$1,24 \times 10^{-6}$	c	$3,35 \times 10^{-7}$
51				$2,24 \times 10^{-6}$	c	$1,13 \times 10^{-6}$	c	$2,93 \times 10^{-7}$
56				$2,04 \times 10^{-6}$	c	$1,02 \times 10^{-6}$	c	$2,52 \times 10^{-7}$
62				$1,84 \times 10^{-6}$	c	$9,06 \times 10^{-7}$	d	$2,13 \times 10^{-7}$
68				$1,68 \times 10^{-6}$	c	$8,17 \times 10^{-7}$	d	$1,84 \times 10^{-7}$
75				$1,52 \times 10^{-6}$	c	$7,31 \times 10^{-7}$	d	$3,40 \times 10^{-7}$
82				$1,39 \times 10^{-6}$	c	$6,61 \times 10^{-7}$	d	$3,01 \times 10^{-7}$
91				$1,25 \times 10^{-6}$	c	$5,88 \times 10^{-7}$	d	$2,61 \times 10^{-7}$
100				$1,14 \times 10^{-6}$	c	$5,26 \times 10^{-7}$	d	$2,14 \times 10^{-7}$
				$1,04 \times 10^{-6}$	c	$5,06 \times 10^{-7}$	d	$1,01 \times 10^{-7}$
				$2,49 \times 10^{-6}$	d	$2,49 \times 10^{-6}$	d	$4,29 \times 10^{-6}$
								$2,47 \times 10^{-8}$

$$\text{PFHd} = 2,47 \text{e-}8$$

### CCF

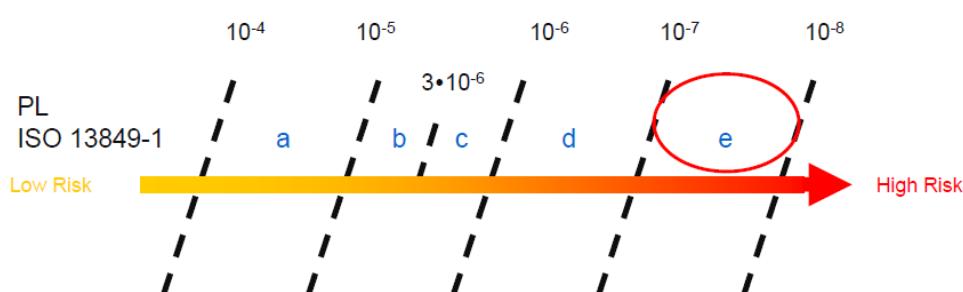
On considère que l'évaluation a été faite. Elle dépasse 65 points. La catégorie 4 est validée.

### 7 - Détermination du PL Global

$$\text{Détermination du PFHd Global} = \text{PFHd}_{ss1} + \text{PFHd}_{ss2} + \text{PFHd}_{ss3}$$

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

Average of probability of dangerous failure per hour



$$\text{PL Global} = e$$

 SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL	ACTION FORMATION APN AUTOMATION IUT DE NICE Sécurité Machine	Date : 9 février 2026
---	---	--------------------------

## 8 – PL Global ≥ PL<sub>r</sub> ?

---

Niveau de performance requis PL <sub>r</sub> = e Niveau de performance global PL = e	<b>Objectif atteint</b>
---	-------------------------

## 9 – 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

 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <hr/> <b>IUT DE NICE</b> <hr/> <b>Sécurité Machine</b>	Date : <b>9 février 2026</b>
--	---	---------------------------------

## 8. Glossaire et acronymes

---

### Glossaire

**Appréciation du risque**

Processus qui comprend les phases de détermination des limites de la machine, d'identification des phénomènes dangereux, d'estimation et d'évaluation du risque.

**Composant de sécurité**

Composant qui sert à assurer une fonction de sécurité et qui n'est pas indispensable au fonctionnement de la machine.

**Défaillances de cause commune**

Défaillances qui affectent plusieurs entités à partir d'un même événement et qui ne résultent pas les unes des autres.

**Défaillance dangereuse**

Défaillance qui peut potentiellement mettre tout ou partie d'un système de commande dans un état dangereux ou défectueux.

**Défaillance systématique**

Défaillance associée de façon déterministe à une certaine cause, ne pouvant être éliminée que par une modification de la conception ou du processus de fabrication, des procédures d'exploitation, de la documentation ou d'autres facteurs appropriés.

**Dispositif de verrouillage**

Dispositif mécanique, électrique ou d'une autre technologie, destiné à empêcher certaines fonctions dangereuses de la machine de s'accomplir dans des conditions définies (généralement tant qu'un protecteur n'est pas fermé).

**Fonction de sécurité**

Fonction d'une machine dont la défaillance peut provoquer un accroissement immédiat du ou des risques.

**Système de commande d'une machine**

Système qui répond à un signal d'entrée provenant, par exemple du processus, d'autres éléments de la machine, d'un opérateur ou d'un matériel de commande externe, et génère une ou des sorties conduisant la machine à se comporter de la manière prévue.

 <b>SOLUTIONS D'AUTOMATISME INDUSTRIEL</b>	<b>ACTION FORMATION</b> <b>APN AUTOMATION</b> <hr/> <b>IUT DE NICE</b> <hr/> <b>Sécurité Machine</b>	Date : <b>9 février 2026</b>
--	---	---------------------------------

## Acronymes

### **CCF**

Common Cause Failure – Défaillance de cause commune.

### **DC**

Diagnostic Coverage – Couverture de diagnostic. Possibilité pour un composant ou un circuit de détecter/diagnostiquer une défaillance le concernant.

### **DCavg**

Diagnostic Coverage average – Couverture de diagnostic moyenne. Moyenne de la couverture de diagnostic lorsque plusieurs mesures pour la détection des défauts sont utilisées.

### **MTTF<sub>D</sub>**

Mean Time To dangerous Failure – Temps moyen de fonctionnement avant défaillance dangereuse.

### **PFH<sub>D</sub>**

Probability of dangerous failure per hour – Probabilité moyenne de défaillance dangereuse par heure.

### **PL**

Performance Level – Niveau de performance

Niveau discret d'aptitude, de parties relatives à la sécurité, à réaliser une fonction de sécurité dans des conditions prévisibles.

### **PLr**

Performance Level required – Niveau de performance requis.

Niveau de performance permettant d'atteindre la réduction du risque requise pour chaque fonction de sécurité.

### **SRP/CS**

Safety Related Part/Control System – Partie d'un système de commande relative à la sécurité.