



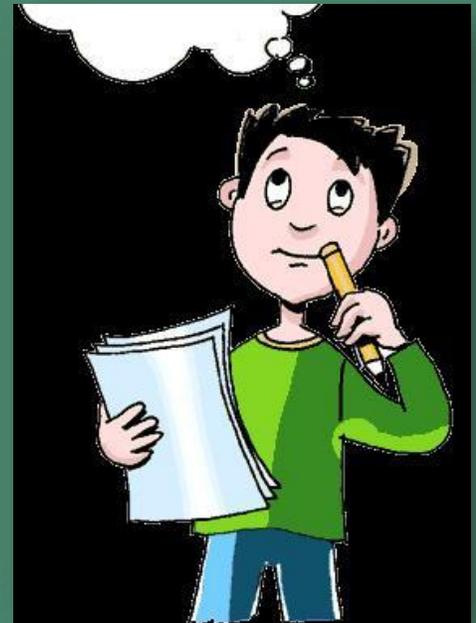
Chapitre 3

LE CONCEPT FMD

- FIABILITE**
- MAINTENABILITE**
- DISPONIBILITE**

Atelier (1)

Définir en **1 mot** la **Fiabilité**



La fiabilité

Selon AFNOR (NF EN 13306)

APTITUDE D'UN BIEN À ACCOMPLIR UNE
FONCTION REQUISE DANS DES CONDITIONS
DONNÉES PENDANT UN TEMPS DONNÉ



Un équipement fiable = peu d'arrêts causés par des pannes



Exemple : Ma voiture ne tombe jamais en panne, je peux dire que c'est une voiture fiable

Pour quel système calcule -t- on le taux de fiabilité ?

SYSTEMES REPARABLES

équipement industriel ou domestique.

SYSTEMES NON REPARABLES

lampes, composants donc jetables

- LA FIABILITÉ SE CARACTÉRISE PAR SA COURBE $R(t)$ (appelée également « loi de survie » (R : reliability))
- LE TAUX DE DÉFAILLANCE EST APPELÉ $\lambda(t)$.

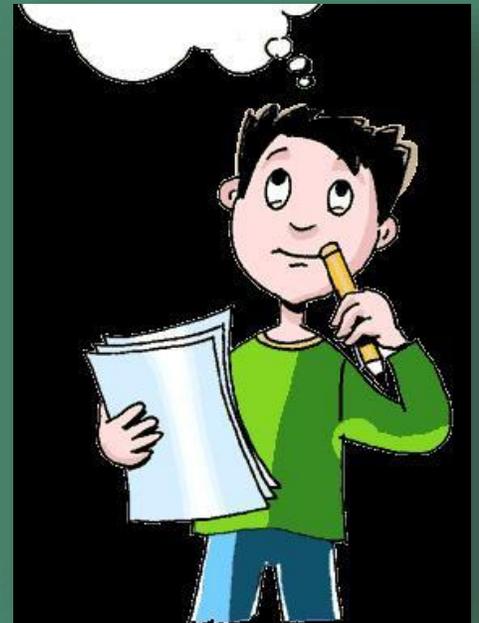
La fiabilité peut prendre la forme ...

NOMBRE DE CYCLES	Ex : Machines automatiques
TONNAGE	Ex : équipement de production
DISTANCE	Ex : Matériel roulant

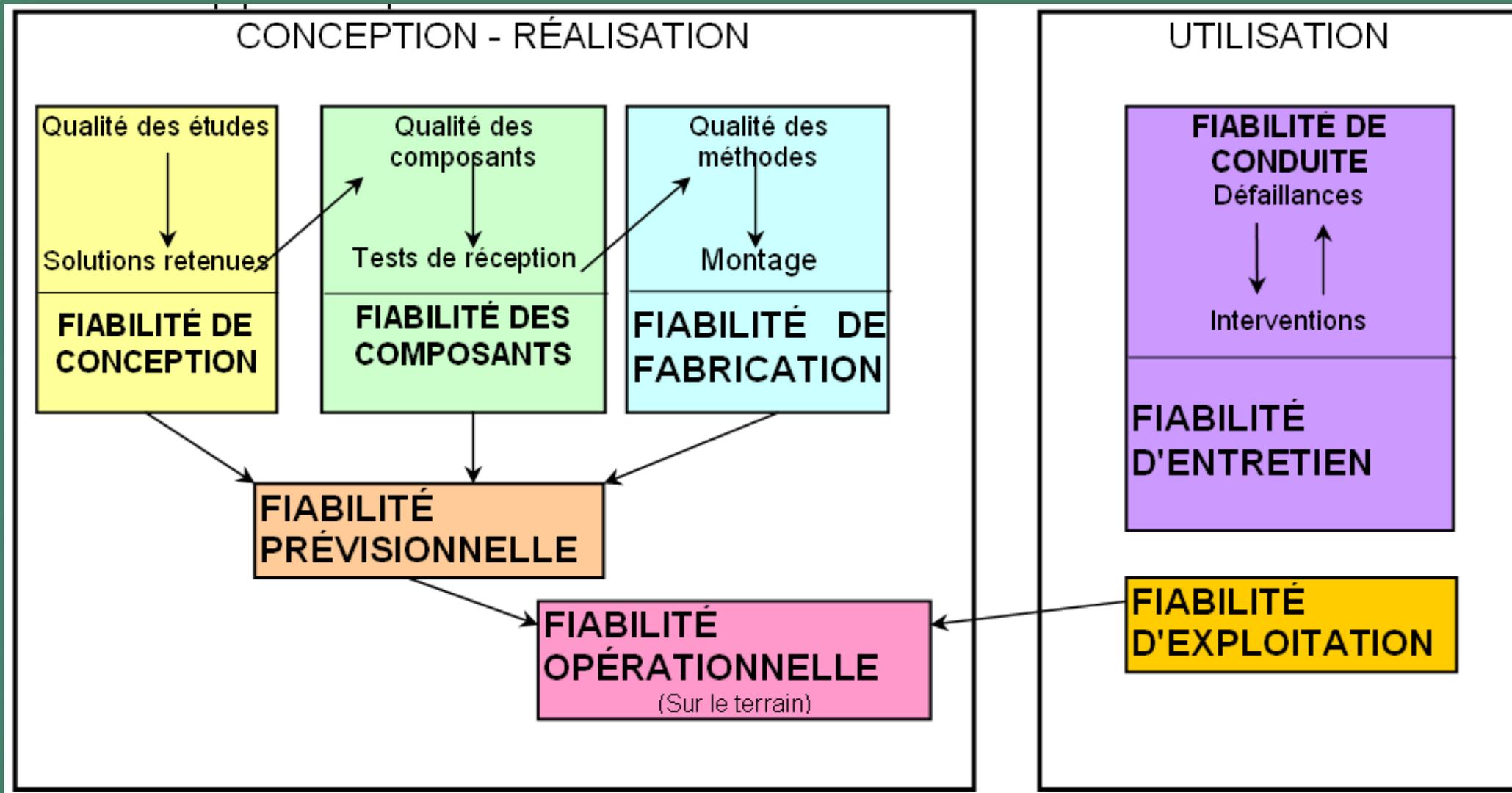


QUESTION

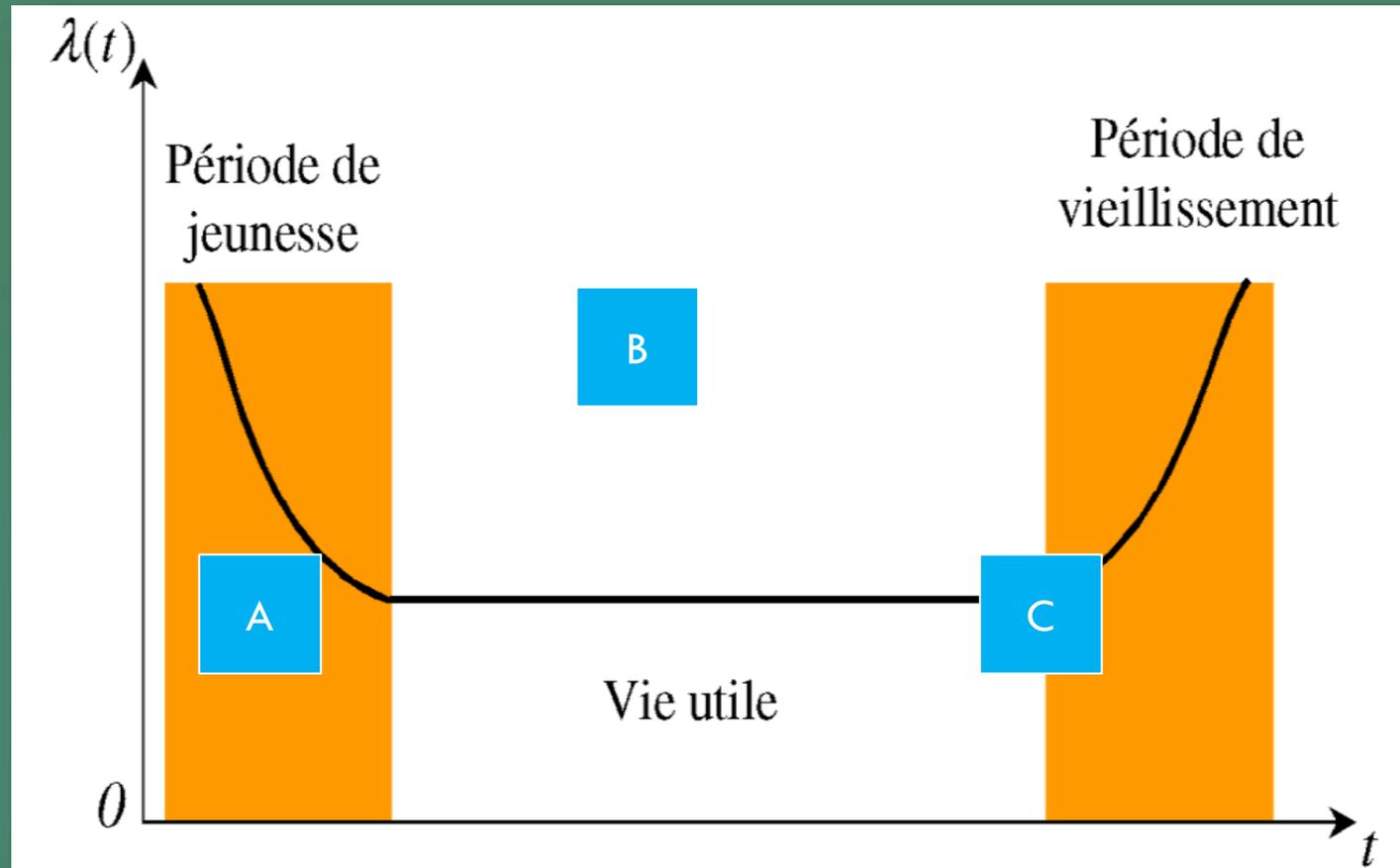
De quoi dépend la **Fiabilité d'un équipement ?**



Facteurs liés à la fiabilité ...



Phases du cycle de vie d'un produit :



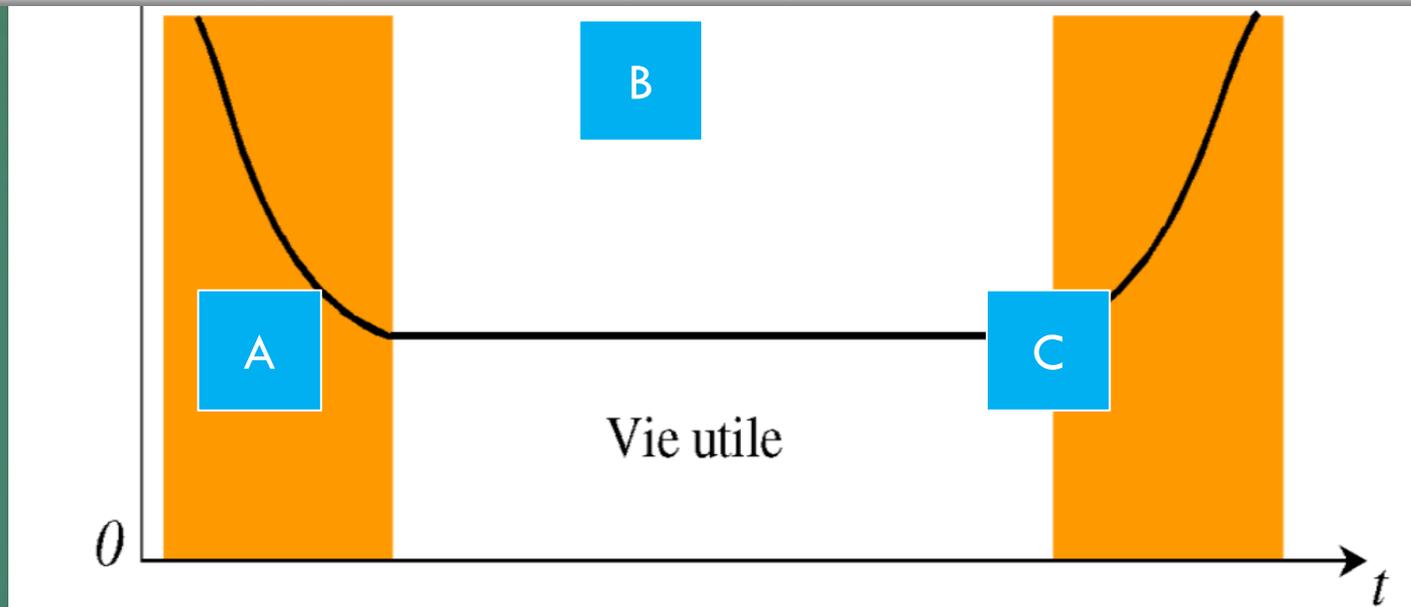
Courbe en baignoire

Phases du cycle de vie d'un produit :

$\lambda(t)$

Phase A : Jeunesse (défaillance précoce):

- Le système en état de fonctionnement à l'origine (mis en service).
- Période de rodage (pré-usure, coup de râpe initiale).



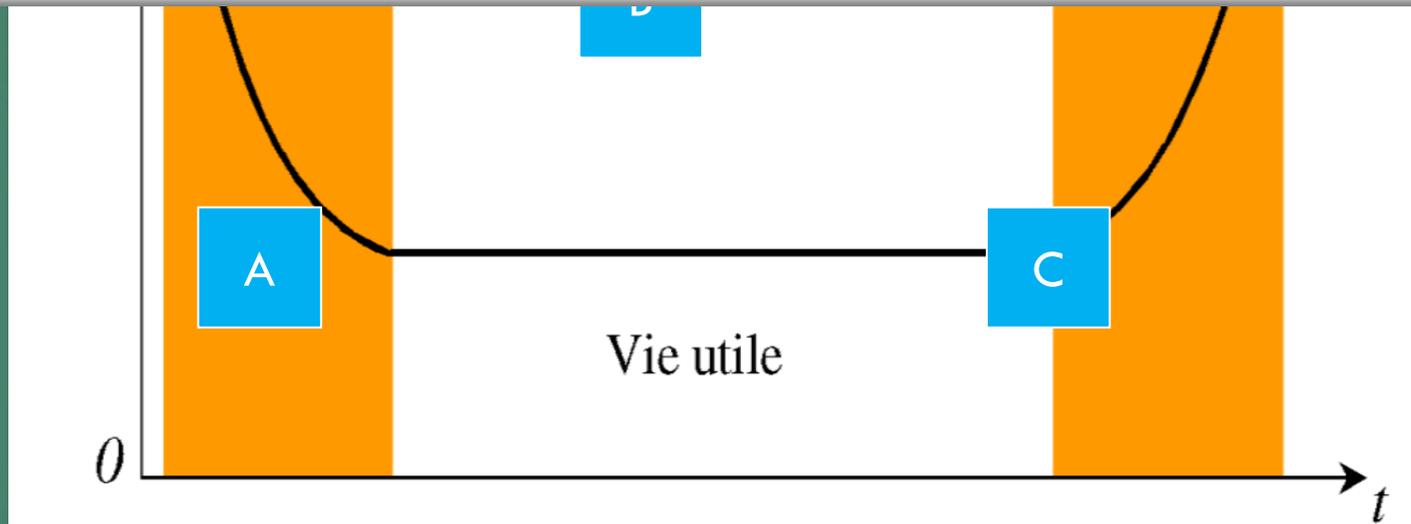
Courbe en baignoire

Phases du cycle de vie d'un produit :

$\lambda(t)$

Phase B : Maturité (période de vie utile, de défaillance aléatoire).

- Période de rendement optimal du matériel.
- Taux de défaillance constant.
- Les défaillances apparaissent sans dégradations préalables visibles



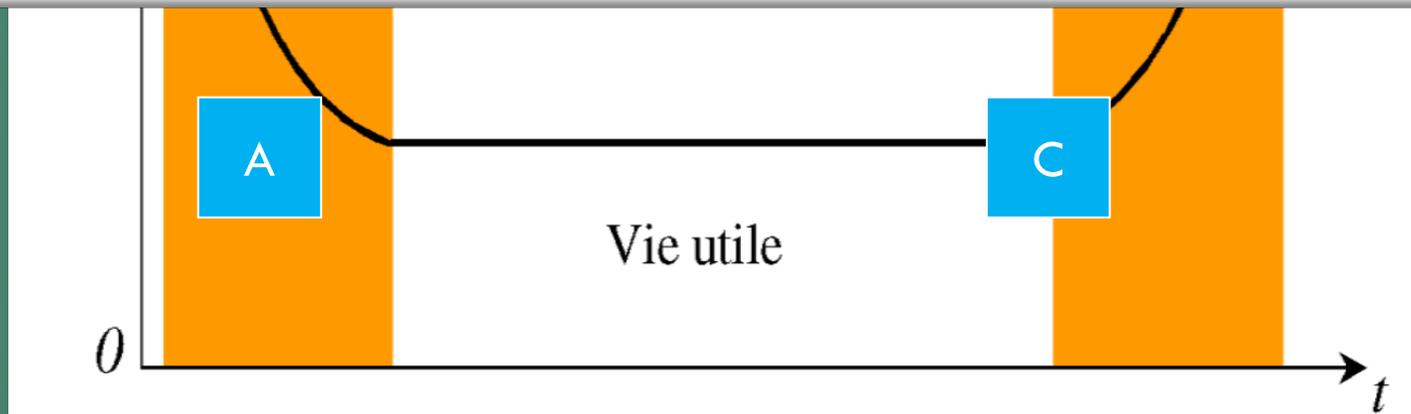
Courbe en baignoire

Phases du cycle de vie d'un produit :

$\lambda(t)$

Phase C : Obsolescence : (vieillesse, usure)

- Un mode de défaillance entraîne une dégradation accélérée, à un taux de défaillance croissant (pour un mécanisme).
- Souvent, on trouve une usure mécanique, de la fatigue, une érosion ou une corrosion.

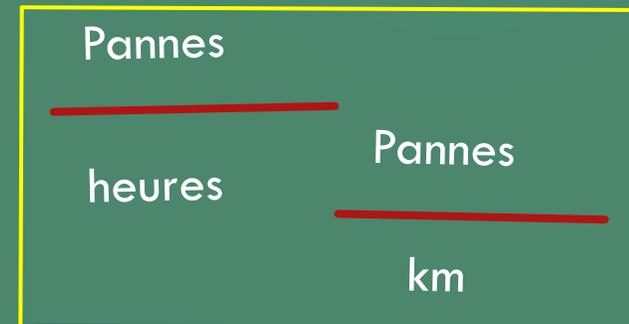


Courbe en baignoire

Taux de défaillance $\lambda(t)$

- ❑ LE TAUX DE DÉFAILLANCE, NOTÉ $\lambda(t)$, EST UN INDICATEUR DE LA FIABILITÉ
- ❑ IL REPRÉSENTE LA **DENSITÉ DE PROBABILITÉ** DE DÉFAILLANCE D'UN ÉQUIPEMENT À L'INSTANT t .

$$\lambda(t) = \frac{\text{Nombre de défaillances}}{\text{Unité d'usage}}$$



Cas particulier de la période de **maturité**

- Durant la période de **Maturité**, le **taux de défaillance** est sensiblement constant et est égal à l'unité d'usage sur la **MTBF (Mean Time Between Failure)**.
- Les calculs qui suivent ne sont donc valables que pour cette période.

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{\text{nombre de pannes}}$$

Taux de défaillance

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

Fonction de Fiabilité R(t)

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t}$$

Où t est le temps

Remarque

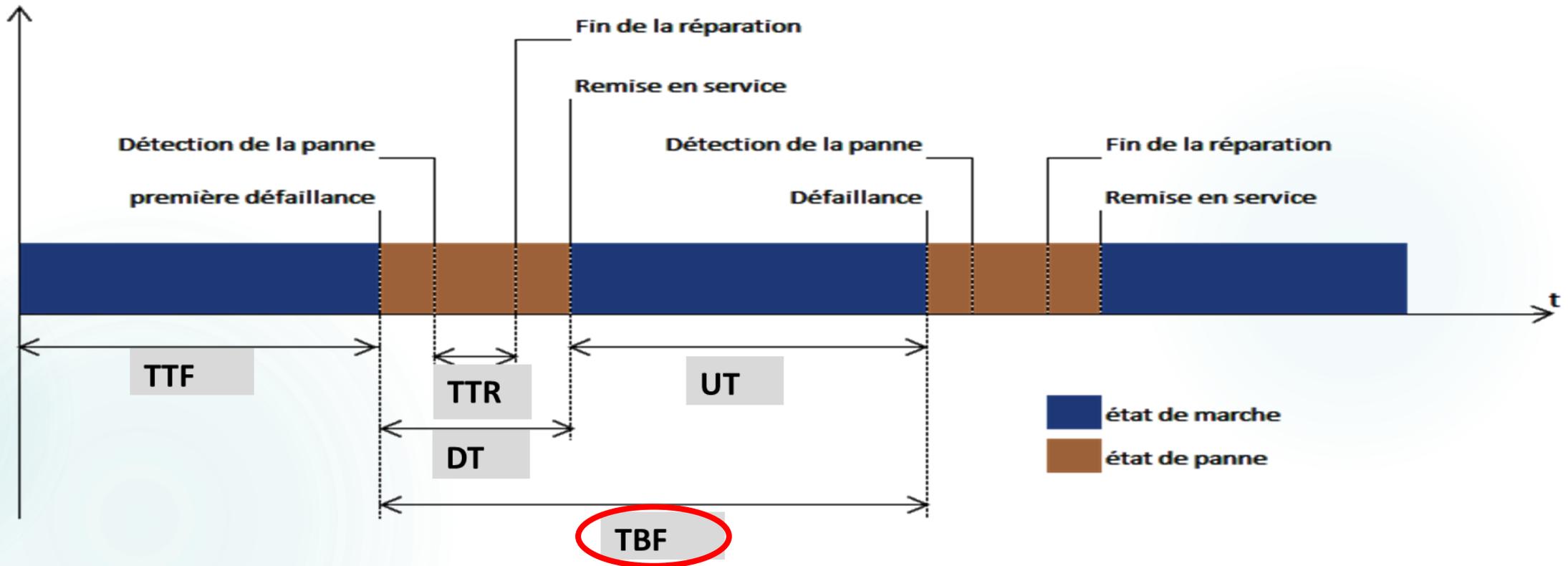
- ▶ LE TAUX DE DÉFAILLANCE D'UN ÉQUIPEMENT NE PEUT ÊTRE CALCULÉ **QUE DURANT LA PÉRIODE DE MATURITÉ**, VU QU'IL EST SENSIBLEMENT CONSTANT PENDANT CETTE DERNIERE

Il ne peut être calculé

- **ni pendant** la période de **jeunesse**
- **ni pendant** la période de **vieillesse**



Temps relatifs à la maintenance (1/2)



TTF : Time to First Failure

TTR : Time to Repair

DT : Downtime

TBF : Time Between Failures

UT : Up Time

TTF Temps avant la première panne

TTR : Temps de réparation

DT : Temps d'arrêt

TBF : Temps entre deux pannes

UT : Temps de fonctionnement

EXEMPLE

Rang panne	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TBF ayant précédé chaque panne (en jour)	45	55	45	105	150	160	180	70	90

$$MTBF = \frac{45 + 55 + 45 + 105 + 150 + 160 + 180 + 70 + 90}{9}$$

$$\lambda = \frac{1}{100} = 0,01 \text{ panne/jour}$$

Question

**Que represente la maintenabilité
d'un equipement ?**

La maintenabilité

Selon AFNOR (NF EN 13306)

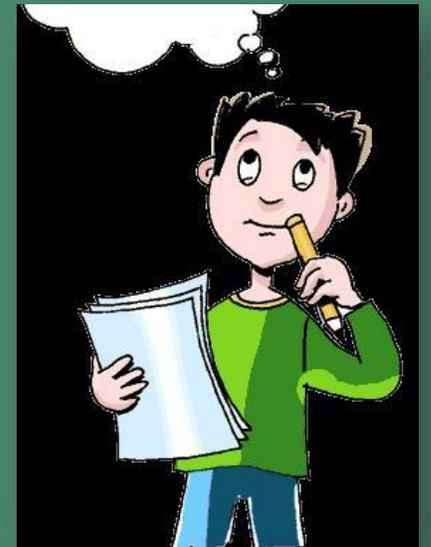
« DANS LES **CONDITIONS D'UTILISATION DONNÉES** POUR LESQUELLES IL A ÉTÉ CONÇU, LA **MAINTENABILITÉ** EST L'APTITUDE D'UN BIEN À ÊTRE **MAINTENU OU RÉTABLI** DANS UN **ÉTAT** DANS LEQUEL IL PEUT ACCOMPLIR UNE **FONCTION REQUISE**, LORSQUE LA MAINTENANCE EST ACCOMPLIE DANS DES CONDITIONS DONNÉES, AVEC DES PROCÉDURES ET DES MOYENS PRESCRITS. »



Équipement maintenable = Rapidement réparé

Atelier (2)

Sur une feuille de papier, citer trois actions spécifiques pour améliorer **la Maintenabilité** d'un équipement



Comment améliorer la maintenabilité ?

<u>Facteurs liés à l'</u> EQUIPEMENT	<u>Facteurs liés au</u> CONSTRUCTEUR	<u>Facteurs liés à la</u> MAINTENANCE
- documentation - aptitude au démontage - facilité d'utilisation	- conception - qualité du service après-vente - facilité d'obtention des pièces de rechange - coût des pièces de rechange	- préparation et formation des personnels - moyens adéquats - études d'améliorations (maintenance améliorative)

- ✓ **EN DÉVELOPPANT LES DOCUMENTS D'AIDE À L'INTERVENTION**
- ✓ **EN AMÉLIORANT L'APTITUDE DE LA MACHINE AU DÉMONTAGE (MODIFICATIONS RISQUANT DE COÛTER CHER)**
- ✓ **EN AMÉLIORANT L'INTERCHANGEABILITÉ DES PIÈCES ET SOUS ENSEMBLE ...**

Indice de réparabilité pour les équipements électroniques dans les pays européens



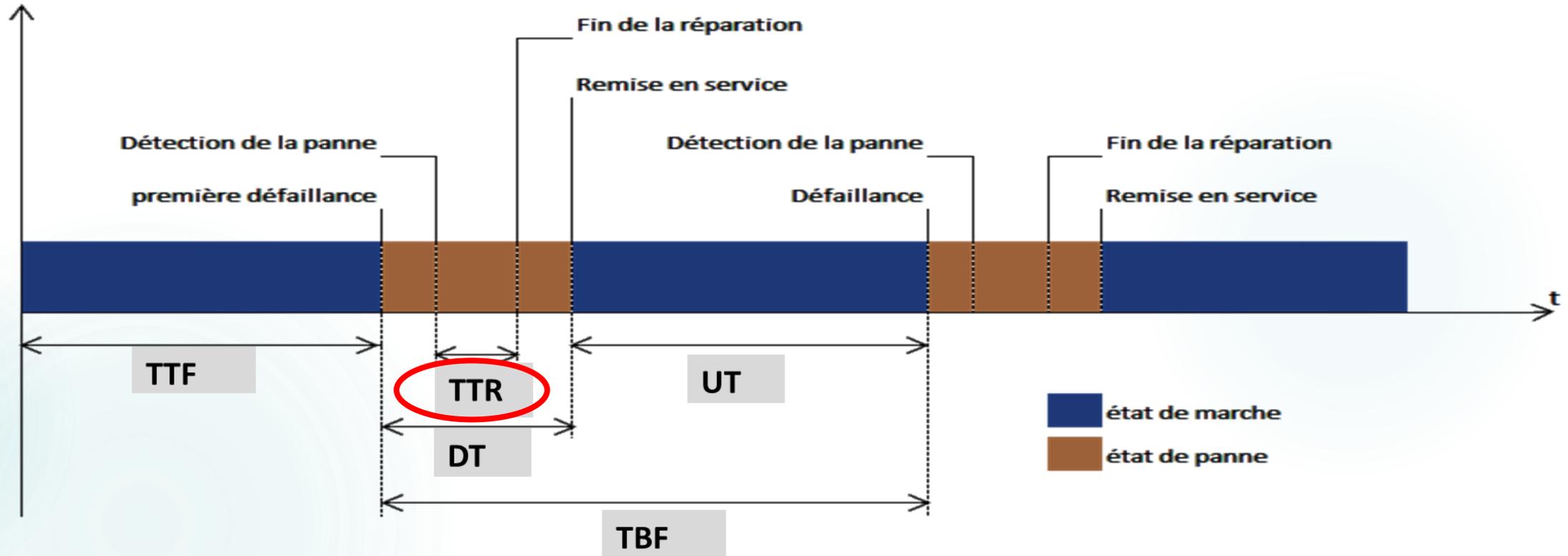
Nouveau logo pour l'année 2021

LE SYSTÈME DE NOTATION

PLUSIEURS CRITÈRES SONT NOTÉS SUR DIX. ILS SONT ASSORTIS D'UN COEFFICIENT POUR CHAQUE SOUS-CRITÈRE (DE 0,2 À 2). LES ÉLÉMENTS PRIS EN COMPTE POUR FAIRE GRIMPER LA NOTE :

- ▶ La documentation pour la réparation des composants doit être disponible durant au **moins sept ans**.
- ▶ Les pièces doivent **être faciles à démonter** (accès, outils faciles à obtenir, fixations non fragiles).
- ▶ Les pièces détachées pour la réparation doivent être **disponibles durant toute la durée de la garantie** et les délais de livraison les plus courts possible.
- ▶ **Le prix des pièces détachées ne doit pas être trop dissuasif** par rapport à un équipement neuf.

Temps relatifs à la maintenance (2/2)



TTR = (Time To Repair) Durée d'intervention maintenance

Une intervention maintenance comprend toutes les étapes de maintenance : diagnostic, localisation, réparation, tests ...

CALCUL DE LA MAINTENABILITE

(taux de réparation μ)

MTTR (Mean Time To Repair)

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{\text{nombre de pannes}}$$

La maintenabilité

se caractérise par son **taux de réparation μ** :

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

EXEMPLE

Panne	1	2	3	4	5	6	7
TTR (heures)	3,4	4,3	3,6	5,5	4,8	2,9	3,1

$$\text{MTTR} = \left(\frac{3,4 + 4,3 + 3,6 + 5,5 + 4,8 + 2,9 + 3,1}{7} \right) = \left(\frac{27,6}{7} \right) = 3,94 \text{ h}$$

taux de réparation μ :

$$\mu = \left(\frac{1}{3,94} \right) = 0,25 \text{ intervention/heure}$$

La Disponibilité

Selon AFNOR (NF EN 13306)

Aptitude d'un bien à être **en état d'accomplir** une **fonction requise** dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, **en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée.**



Les différents types de disponibilité

Disponibilité D :

$$D = \frac{\text{Temps de disponibilité}}{\text{Temps de disponibilité} + \text{Temps d'indisponibilité}}$$

Disponibilité intrinsèque Di :

$$D_I = \frac{\text{Temps de disponibilité}}{\text{Temps de disponibilité} + \text{TTR}}$$

Les différents types de disponibilité

Disponibilité de maintenance D_m :

$$D_m = \frac{\text{Temps de disponibilité}}{\text{Temps de disponibilité} + \underbrace{\text{TTR} + \text{TRM}}_{DT}}$$

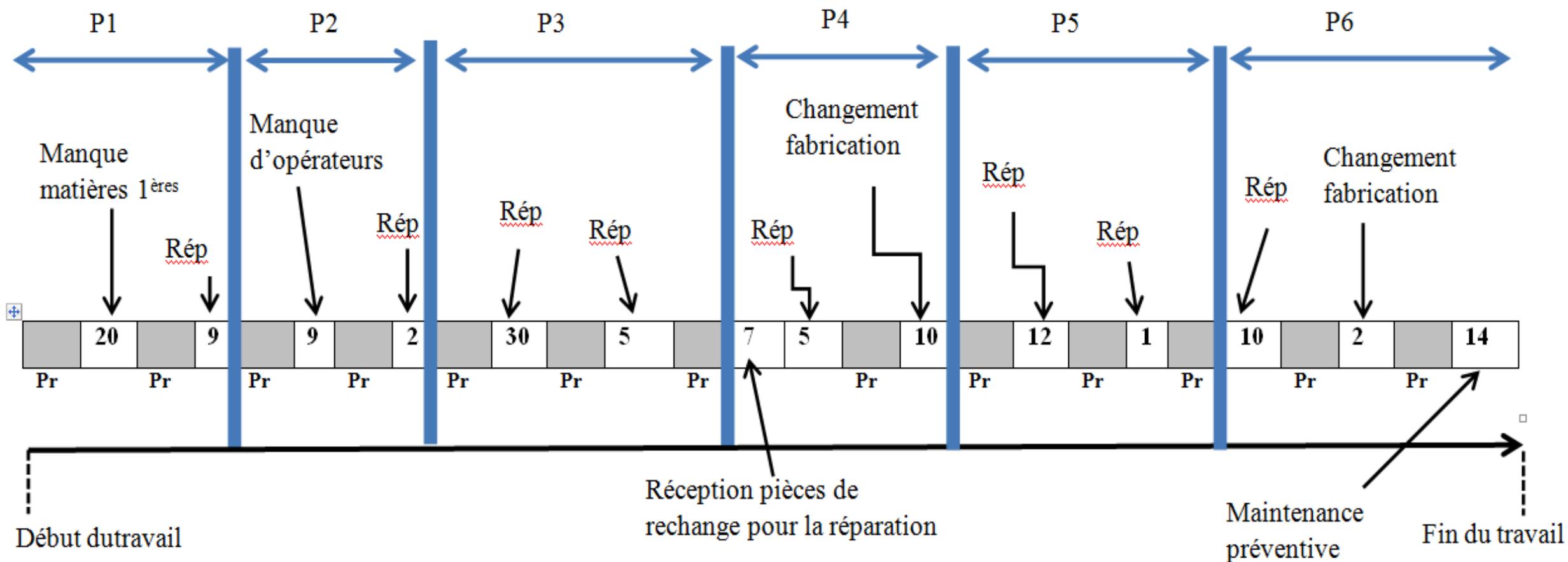
TRM: temps relatif à la maintenance

Disponibilité intrinsèque D_o :

$$D_o = \frac{\text{Temps de disponibilité}}{\text{Temps de disponibilité} + DT + TTE}$$

TTE: temps technique d'exploitation (Manque matière première, manque d'opérateurs, changement de fabrication, etc.)

Exercice disponibilité



Pr : Production normale

Rép : Arrêt de production nécessaire pour la réparation

Exercice disponibilité

30

1. Calculer la disponibilité intrinsèque (D_i) du système pour la période P2 et pour la période P4
2. Calculer la disponibilité opérationnelle (D_o) du système pour son fonctionnement durant toute l'année

Remarque : chaque période correspond à une durée de 60 jours.

FIN DU COURS :
MERCI POUR VOTRE AIMABLE ATTENTION





Informations complémentaires au cours

Paramètres ayant une influence sur la disponibilité (1/2)

- ▶ **Dispositif** (description): Nombre d'équipements; sous-ensembles interchangeables; décomposition en sous-ensembles interchangeables; redondances actives ou passives, reconfigurations possibles; renouvellement ...
- ▶ **Conditions d'utilisation**: Environnement; contraintes (thermiques, ...); mise sous tension; nombre de dispositifs; taux d'activité de chaque partie; motivation des divers utilisateurs; motivation du personnel de maintenance; possibilité de réparer en temps masqué ...
- ▶ **MTBF et Taux de défaillance**: maladies de jeunesse, pannes communes ...
- ▶ **Choix de la politique de maintenance**: Maintenance corrective ou préventive; échelon des opérations de maintenance ...

Paramètres ayant une influence sur la disponibilité (2/2)

- ▶ **Temps de maintenance:** Opérations; vérifications; diagnostic; remplacement; réparations; logistique ...
- ▶ **Aptitude à la réparation:** Accessibilité, démontrabilité, rentabilité ...
- ▶ **Testabilité:** Tester ou surveiller; localiser les pannes ...
- ▶ **Gestion des rechanges:** Stocks; quantités stockées; réapprovisionnement; rupture de stock; répartition géographique ...
- ▶ **Aspects humains:** Conditions de travail (stress, fatigue ...); formation; motivation ...
- ▶ **Interactions extérieures:** Météo, poussière, atmosphère saline, incendie, erreurs humaines, accidents ...
- ▶ **Coûts:** Acquisition; stock de rechange; matériel de maintenance; salaires; frais généraux; coûts de maintien ...