

INTERPRETER LES PRINCIPAUX INDICATEURS DE MAINTENANCE

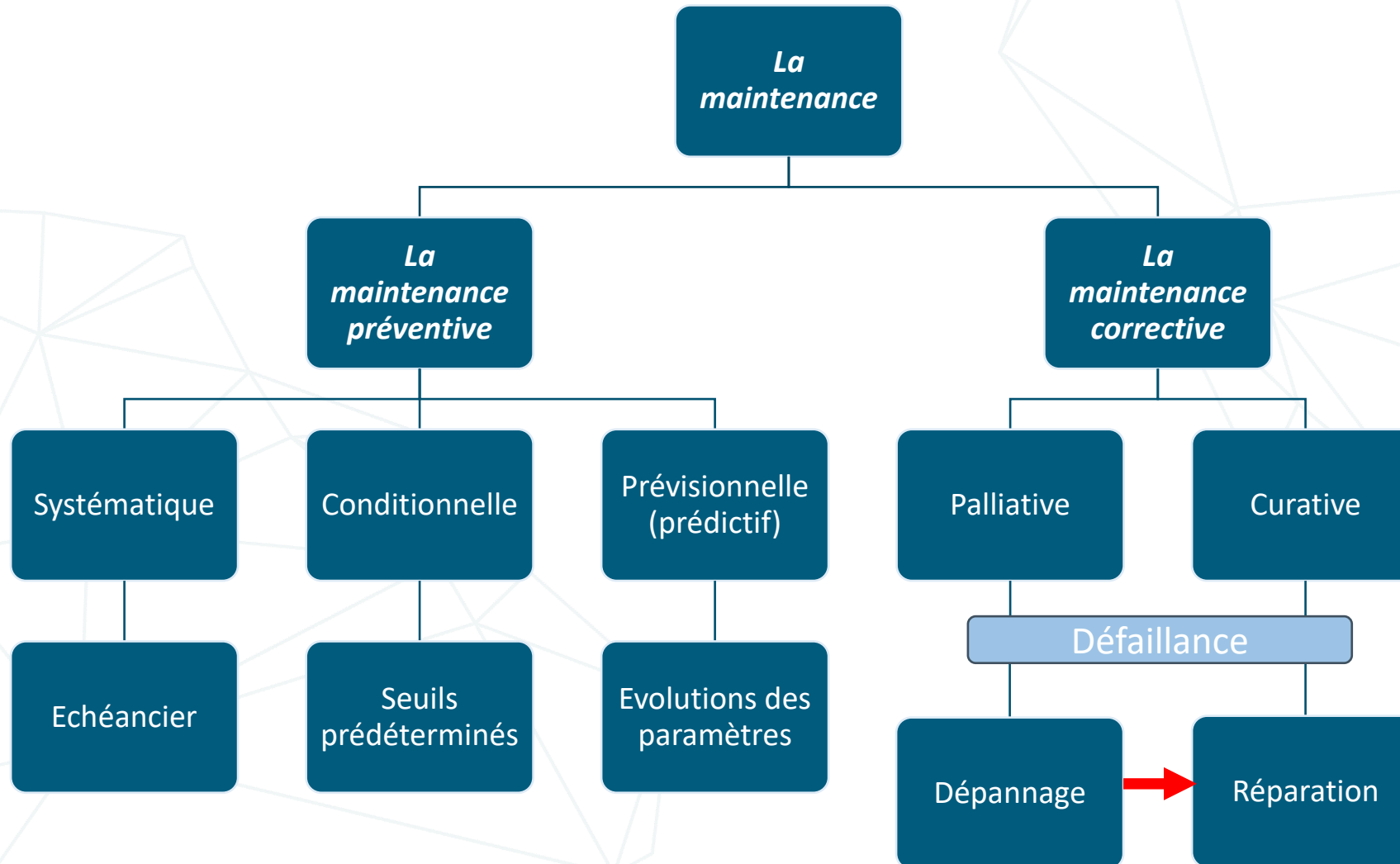
AUTOMATICIEN NUCLÉAIRE

1. Qu'est-ce qu'un indicateur ?

2. Indicateur de maintenance : FMD

3. Indicateur de productivité : TRS

Synthèse des indicateurs maintenance



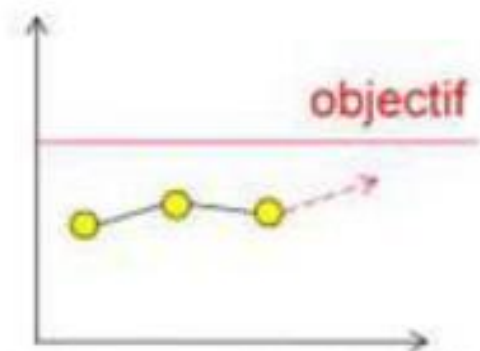
1. QU'EST-CE QU'UN INDICATEUR ?



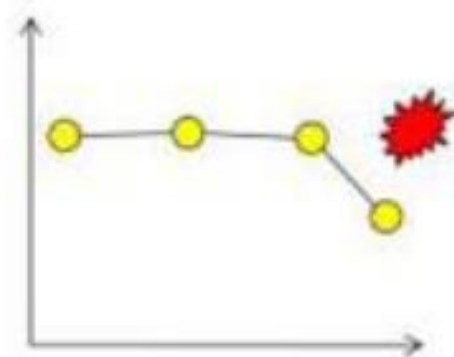
IL N'Y A PAS DE PROGRÈS SANS MESURE !

LE PROGRÈS NE VAUT QUE S'IL EST PARTAGÉ PAR TOUS !

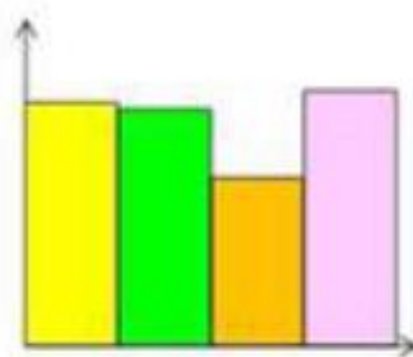
1. QU'EST-CE QU'UN INDICATEUR ?



Fixer un objectif clair



Alerter en cas
d'anomalie

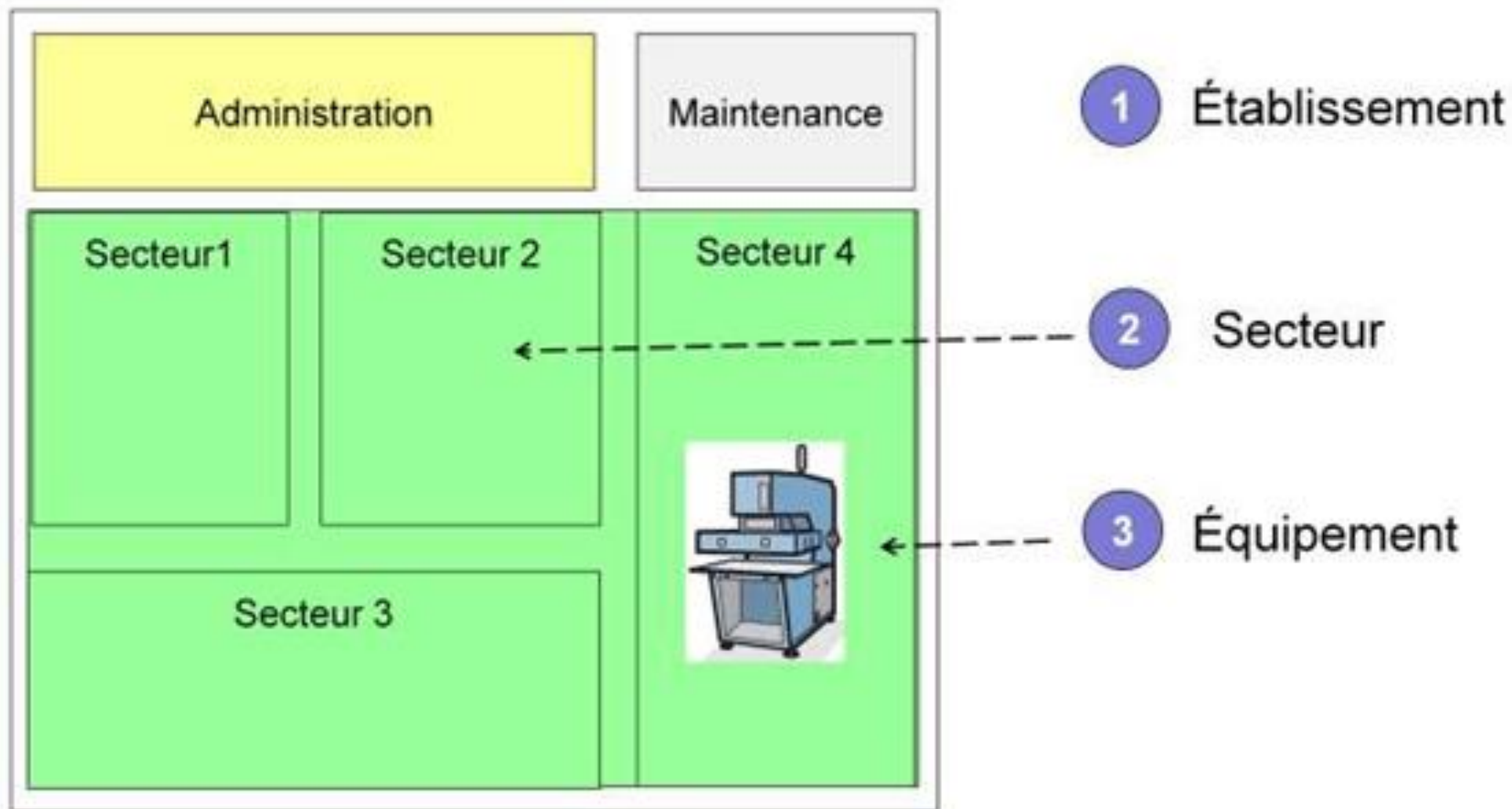


Comparer des
secteurs

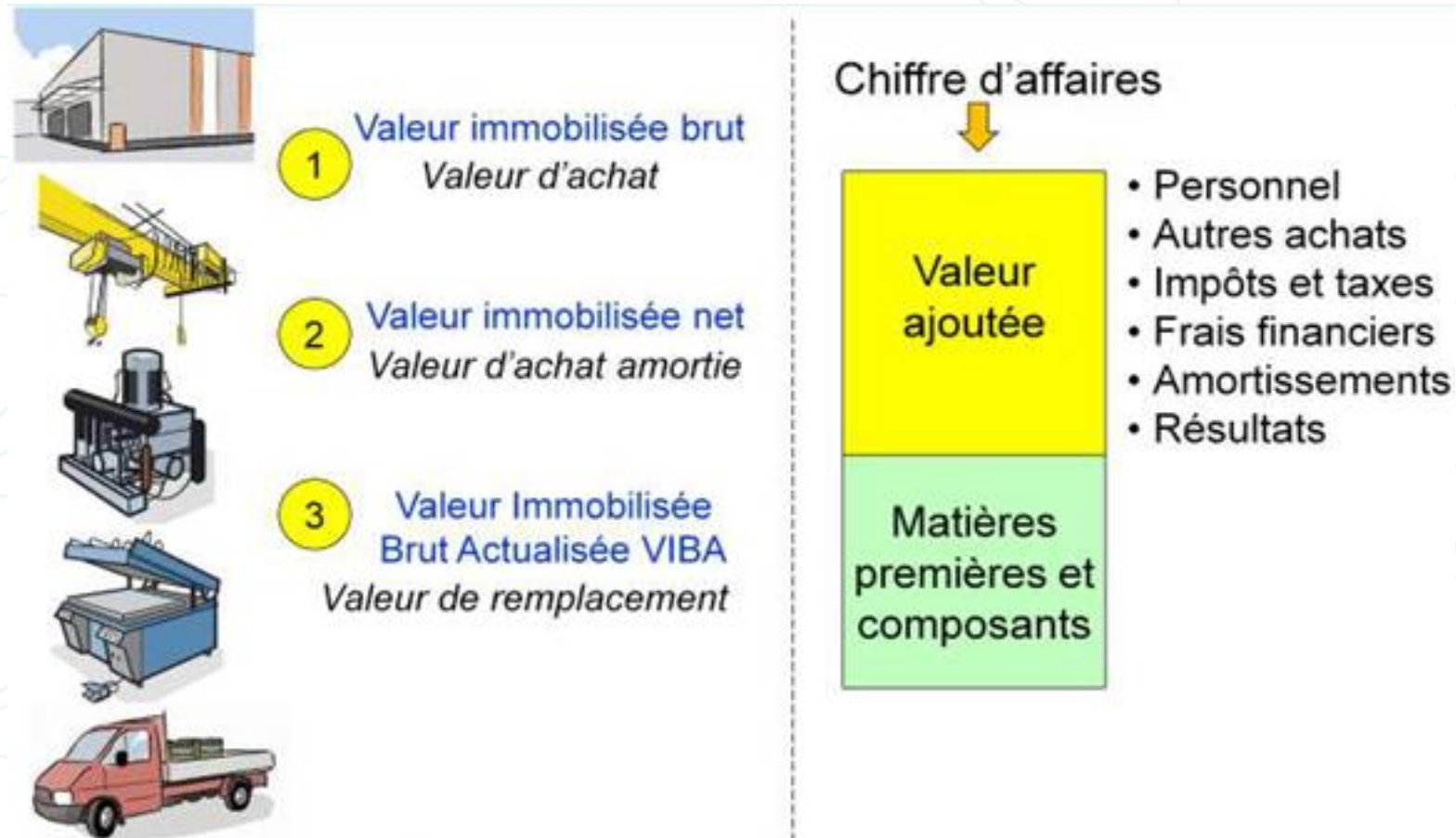


Mobiliser le groupe

1. QU'EST-CE QU'UN INDICATEUR ?

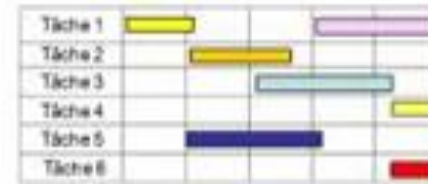


Quelques définitions





1. Indicateurs économiques



2. Activités de maintenance

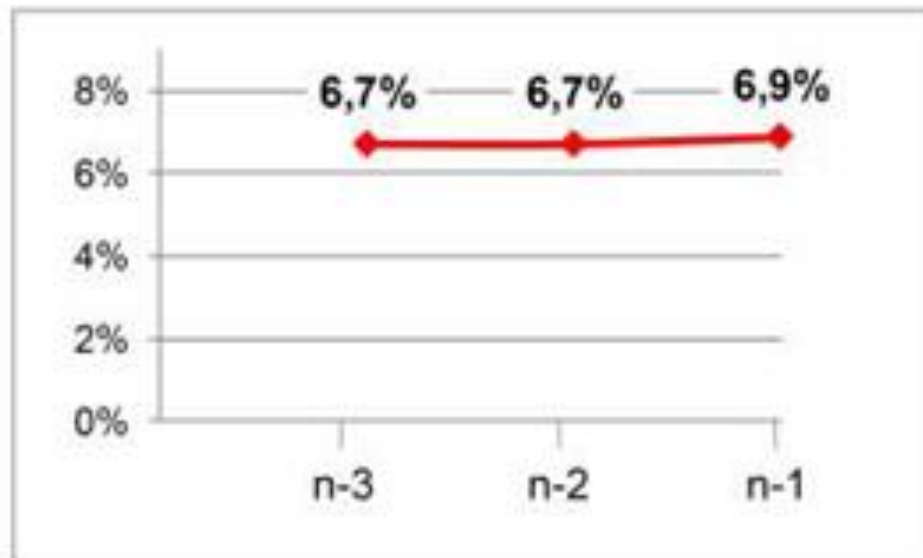


3. Performances des matériels

4. Stocks



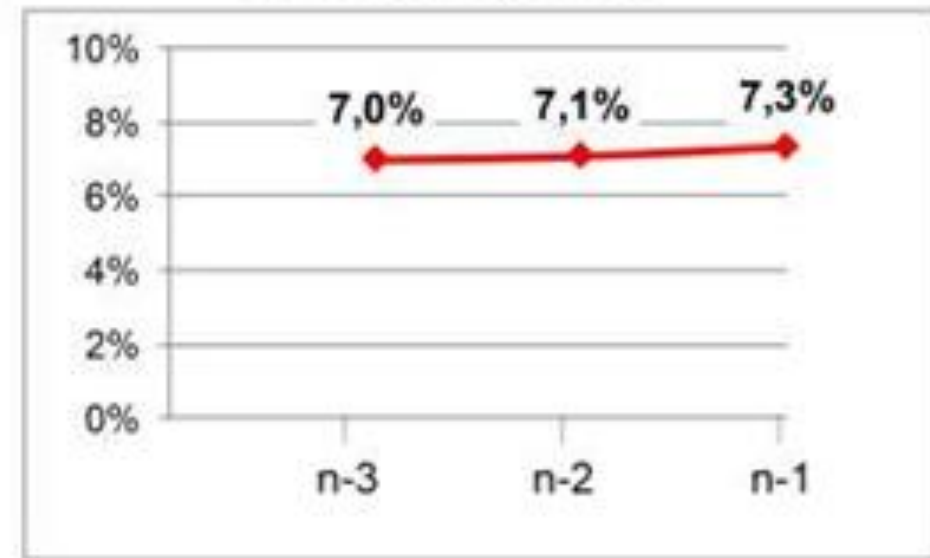
Poids de la Maintenance / Valeur des biens



Coûts de maintenance	3 300 K€
VIBA	48 000 K€
Ratio	6,9 %

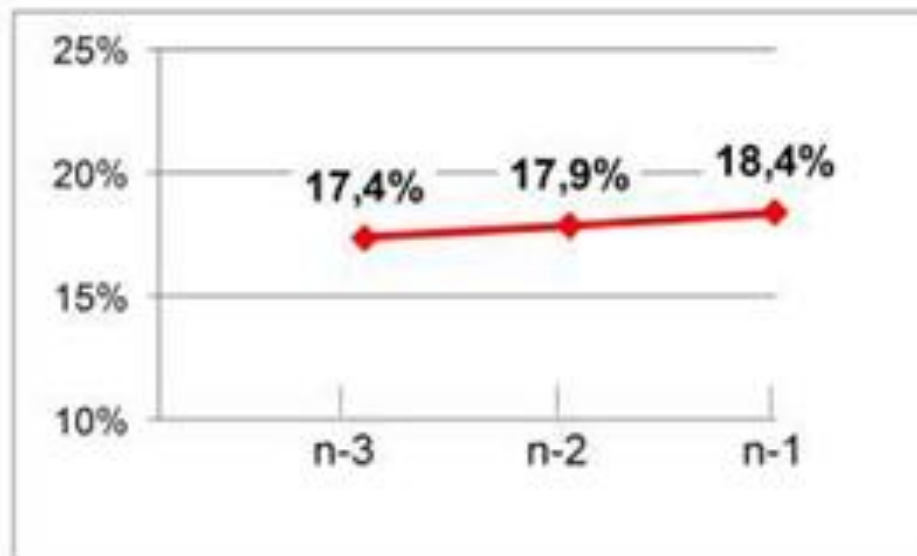
VIBA : Valeur Immobilisée Brut Actualisée

Part de la Maintenance dans la Valeur ajoutée



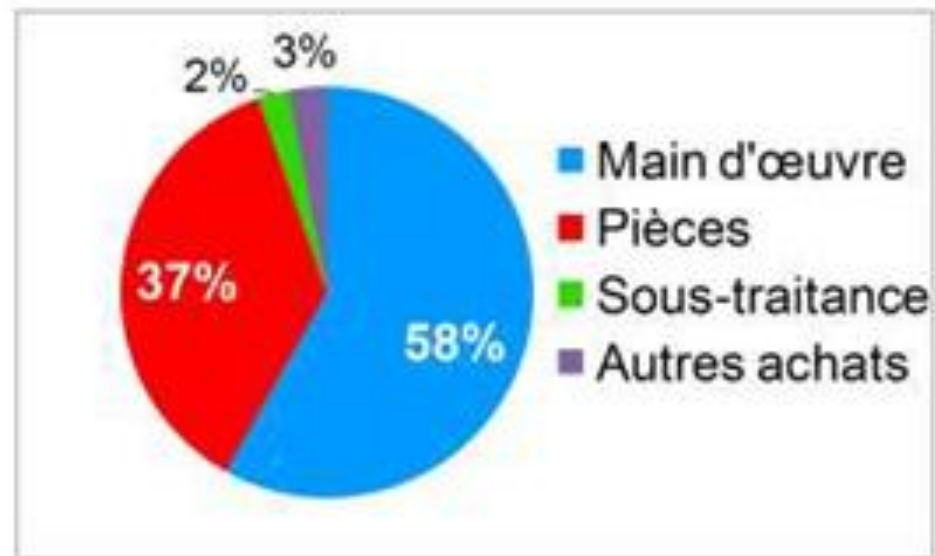
Coûts de maintenance	3 300 K€
Valeur ajoutée	45 000 K€
Ratio	7,3 %

Coûts des défaillances / Valeur ajoutée



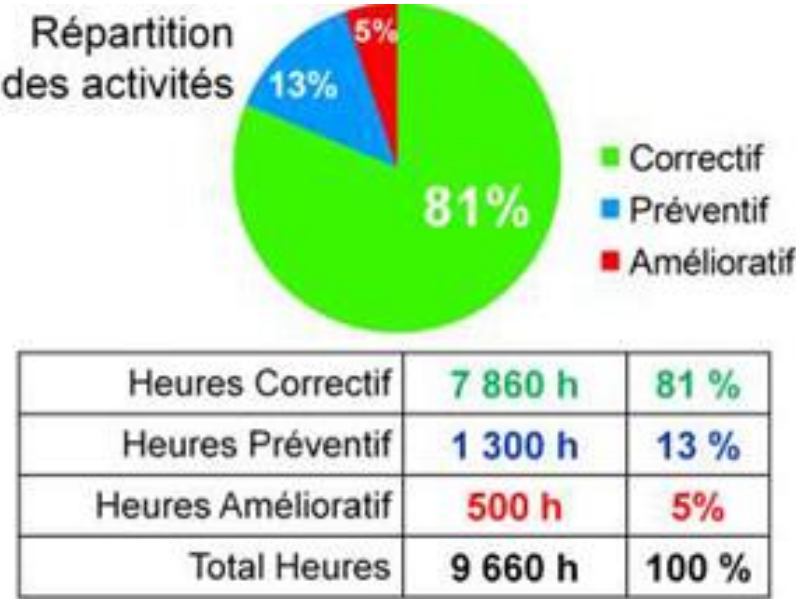
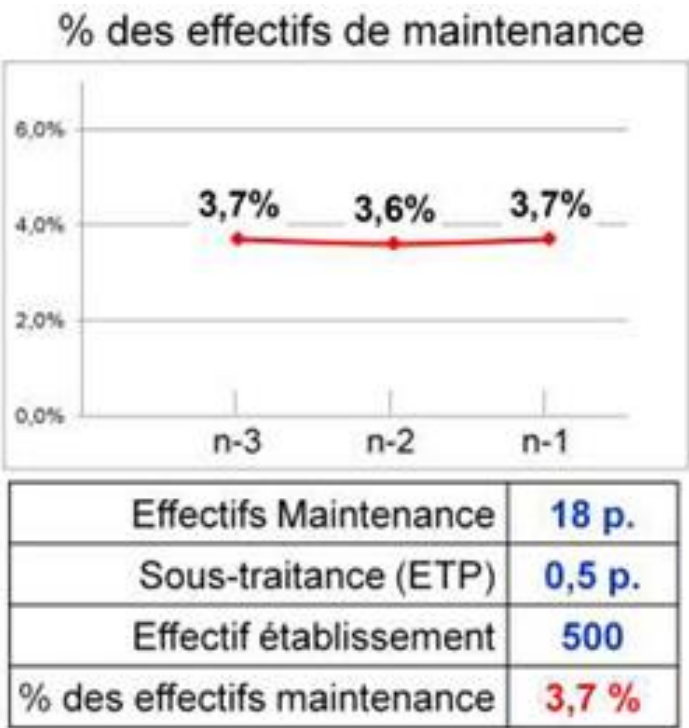
Coûts de maintenance	3 300 K€
Coûts d'indisponibilité	5 000 K€
Coût des défaillances	8 300 K€
Valeur ajoutée	45 000 K€
% coût défaillances / VA	18,4 %

Répartition des coûts de Maintenance



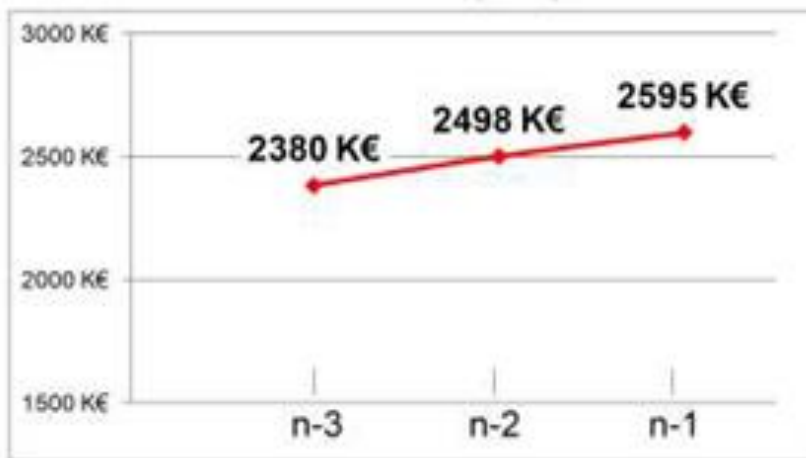
Main d'œuvre	1 920 K€	58 %
Pièces de rechange	1 200 K€	37 %
Sous-traitance	80 K€	2 %
Autres achats	100 K€	3 %
Total Maintenance	3 300 K€	100 %

2. Les activités de maintenance (1/2)



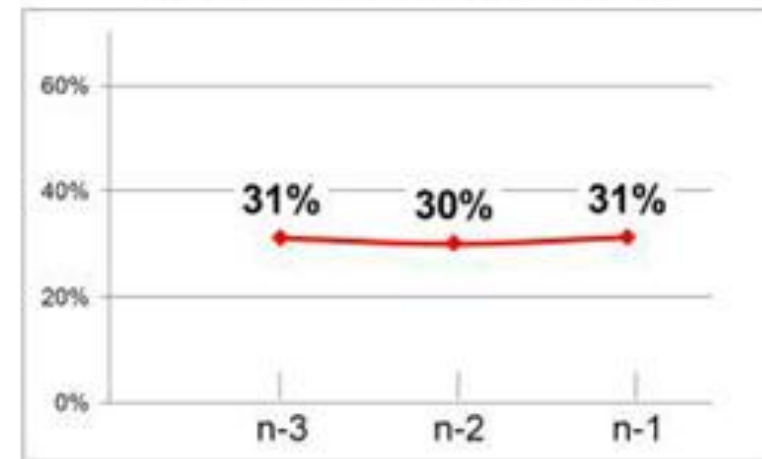
2. Les activités de maintenance (2/2)

Matériel maintenu par personne



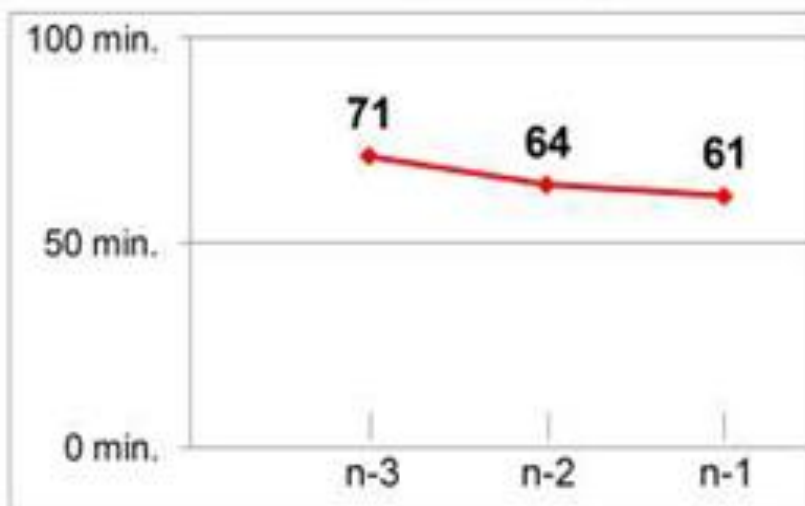
Total de la valeur VIBA	48 000 K€
Effectifs (internes + ext.)	18,5 p.
VIBA / personne	2 595 K€

% de Maintenance active



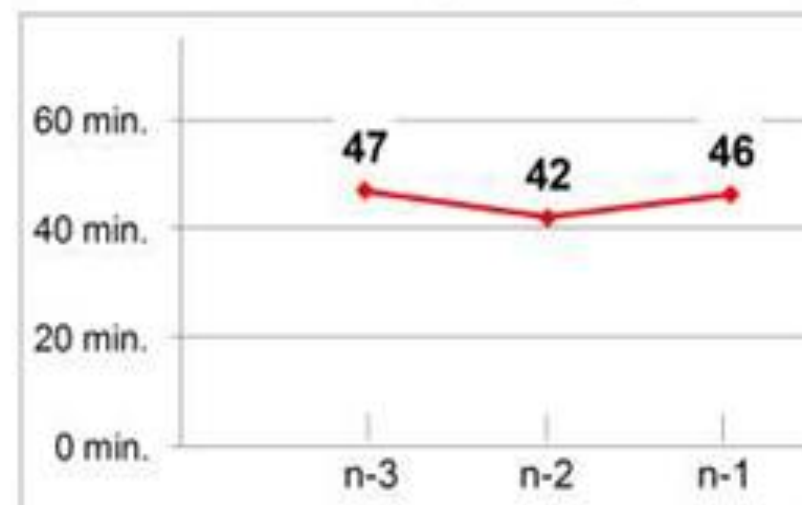
Heures de maintenance active	8 960 h
Heures disponibles	28 800 h
Ratio d'activité	31 %

Mean Time Between Failure (MTBF)
Atelier de Soudure



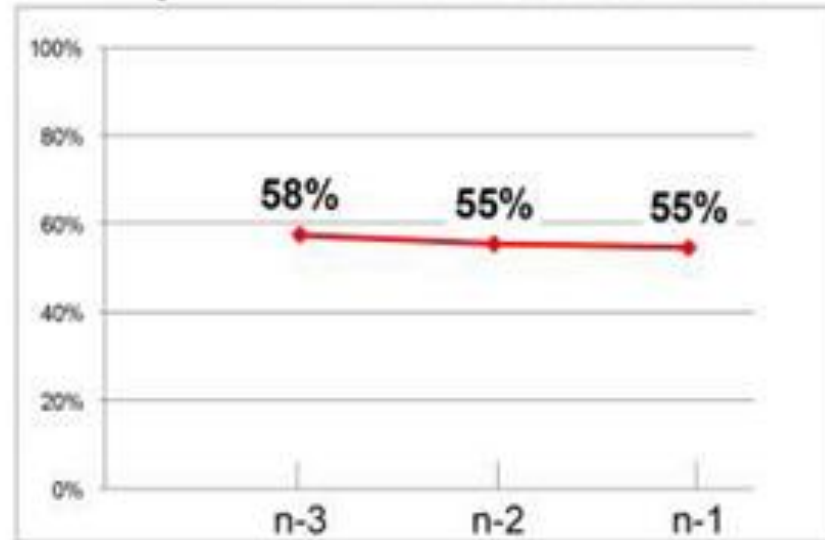
Horaire annuel (3 postes)	4 900 h
Nombre de pannes	4 800
MTBF atelier	61 min.
Nombre de soudeuses	70
MTBF moyen / soudeuse	71 heures

Mean Time To Repair (MTTR)
Atelier de Soudure

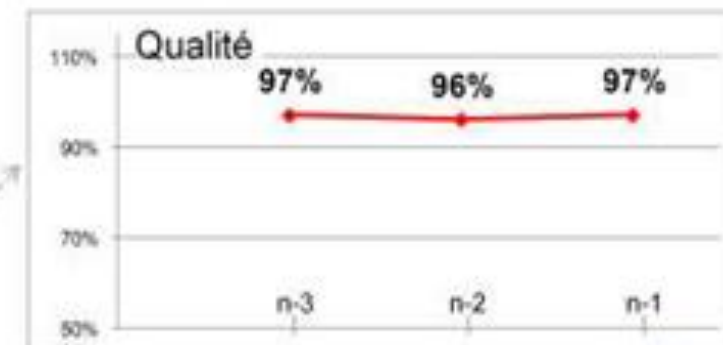
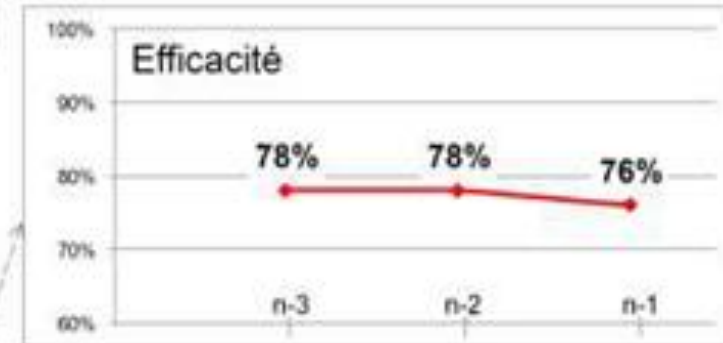
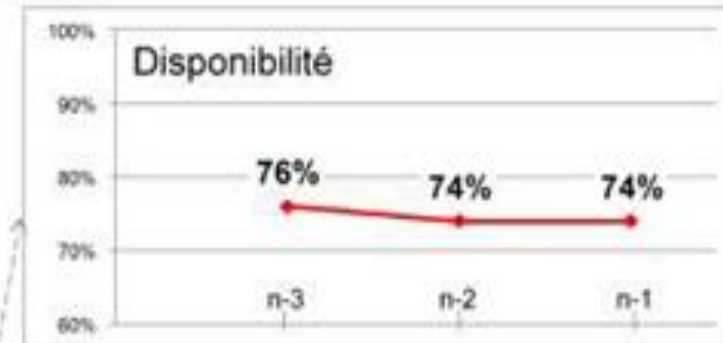


Temps consacré au dépannage	3 700 h
Nombre de pannes	4 800
MTBF	46 min.

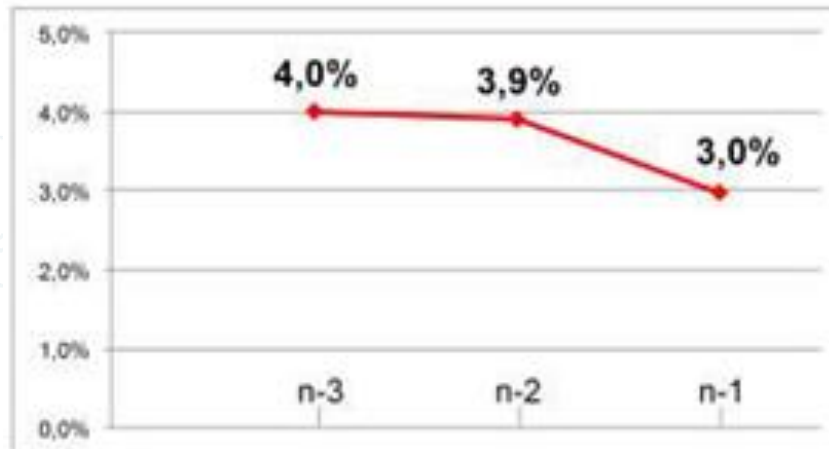
Taux de Rendement Synthétique (TRS)
Moyenne de l'atelier de Soudure



Temps d'ouverture	4 900 h		
Temps requis	3 920 h	100 %	
Tps. Brut de fonction.	2 901 h	74 %	74 %
Tps. Net de fonction.	2 205 h	56%	76 %
Temps utile	2 138 h	55 %	97 %
		TRS	

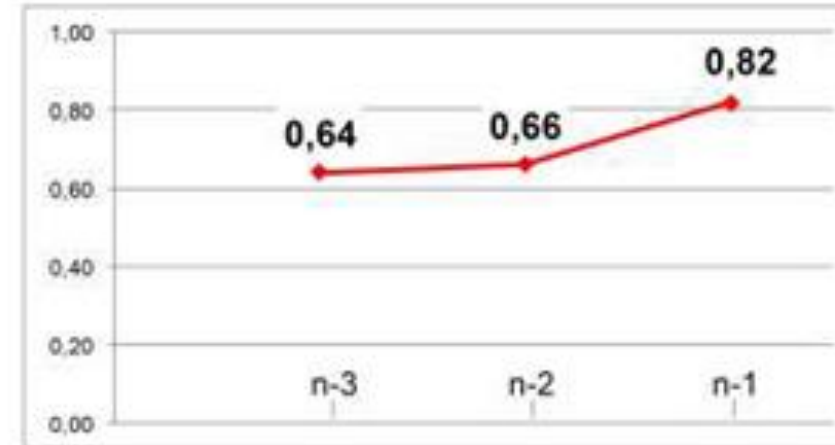


Pièces de rechange / valeur du matériel



Stock	1 100 K€
VIBA	48 000 K€
VIBA hors bâtiment	37 000 K€
Ratio	3%

Rotation du stock



Stock	1 100 K€
Achats de pièces / an	1 200 K€
Dont : achats pour le stock	900 K€
Rotation du stock	0,82

Indicateur	Valeur
Poids de la maintenance / Valeur des biens	6,9 %
Part de la maintenance dans la Valeur ajoutée	7,3 %
Coût des défaillances / Valeur ajoutée	18,4 %
Effectifs de maintenance / Effectifs de l'établissement	3,7 %
Part du préventif dans le total de la Maintenance	13 %
Part des travaux de maintenance sous-traités	7 %
Matériel maintenu par personne	2 595 K€
% de Maintenance active	31 %
MTBF (atelier de soudure)	61 min.
MTTR (atelier de soudure)	46 min.
TRS (atelier de soudure)	57 %
Pièces de rechange / Valeur du matériel	3 %
Rotation du stock	0,82



2/ LES INDICATEURS MAINTENANCE

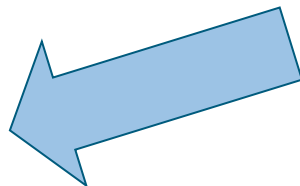
FIABILITE – MAINTENAILITE - DISPONIBILITE

APTITUDE D'UN BIEN À ACCOMPLIR UNE FONCTION REQUISE DANS DES CONDITIONS DONNÉES PENDANT UN TEMPS DONNÉ (NF EN 13306) OU « CARACTÉRISTIQUE D'UN BIEN EXPRIMÉE PAR LA PROBABILITÉ QU'IL ACCOMPLISSE UNE FONCTION REQUISE DANS DES CONDITIONS DONNÉES PENDANT UN TEMPS DONNÉ ».

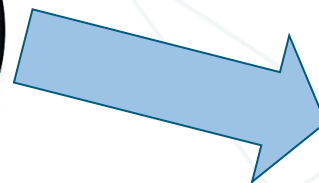
NORME AFNOR : NF X 60–500.



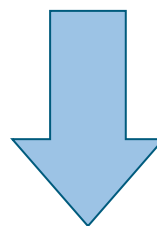
**NOMBRE DE
CYCLES**



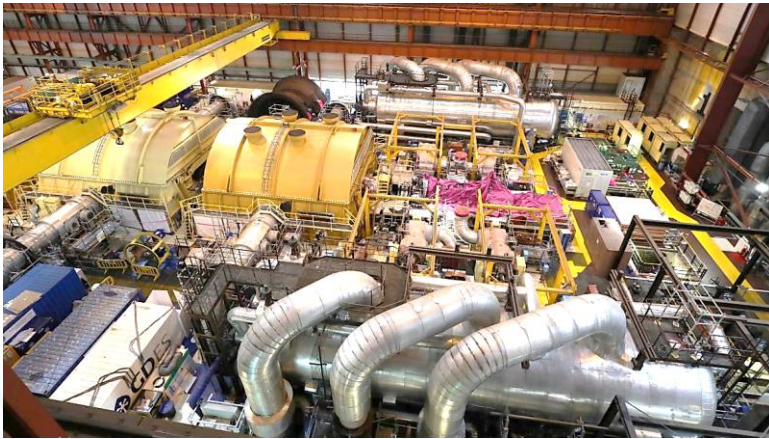
**Tonnage de
production**



Distance



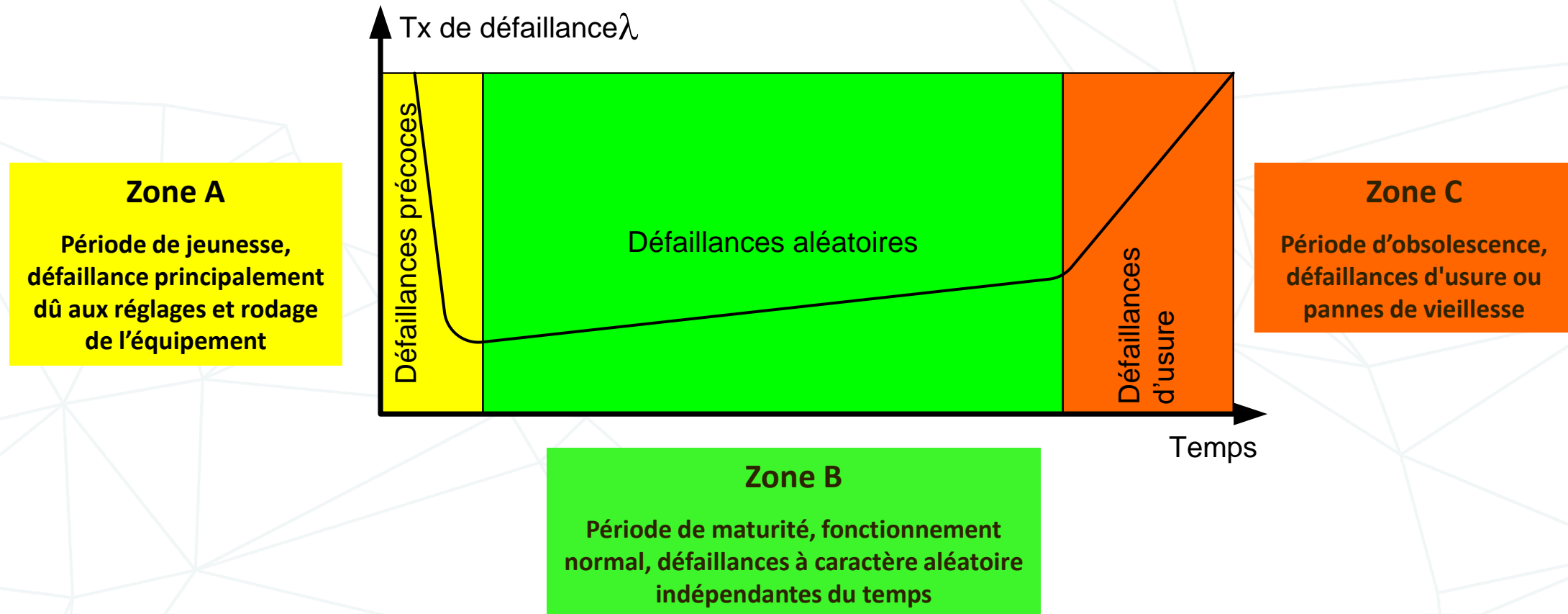
SYSTEMES REPARABLES



SYSTEMES NON REPARABLES



**La fiabilité peut se caractériser par la MTBF :
Mean Time Between Failure**



le taux de défaillance est sensiblement constant

$$MTBF = \frac{\text{Temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre de périodes de bon fonctionnement}}$$

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



APPLICATION : FIABILITÉ

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.

NORME AFNOR: NF EN 13306

SYSTEMES REPARABLES



AMELIORATION DE LA MAINTENABILITE

<u>Facteurs liés à l' EQUIPEMENT</u>		<u>Facteurs liés au CONSTRUCTEUR</u>		<u>Facteurs liés à la MAINTENANCE</u>
- 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)

↓

*APTITUDE AU DEMONTAGE
ET
MAJ DE LA
DOCUMENTATION*

↓

*INTERCHANGEABILITE DES
PIECES
ET
L'OPTIMISATION DU STOCK*

↓

*LES AIDES A
L'INTERVENTION
ET
LE SUIVI DES COMPETENCES*

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR : Mean Time To Repair.

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour n pannes}}{\text{Nombre de pannes}}$$

TAUX DE REPARATION

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



APPLICATION : MAINTENABILITE

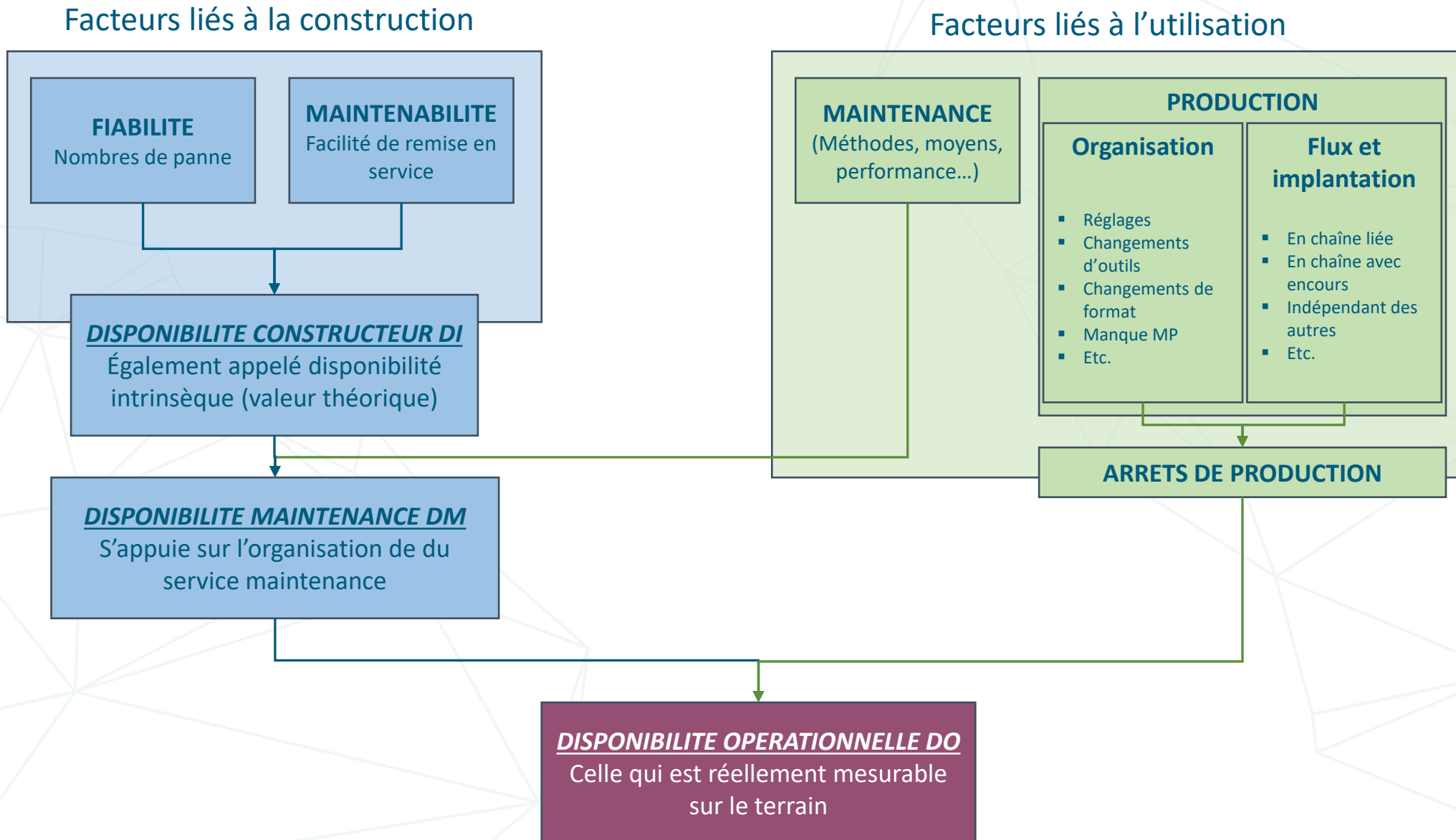
Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée.

Cette aptitude dépend de la combinaison de la fiabilité, de la maintenabilité et de la logistique de maintenance.

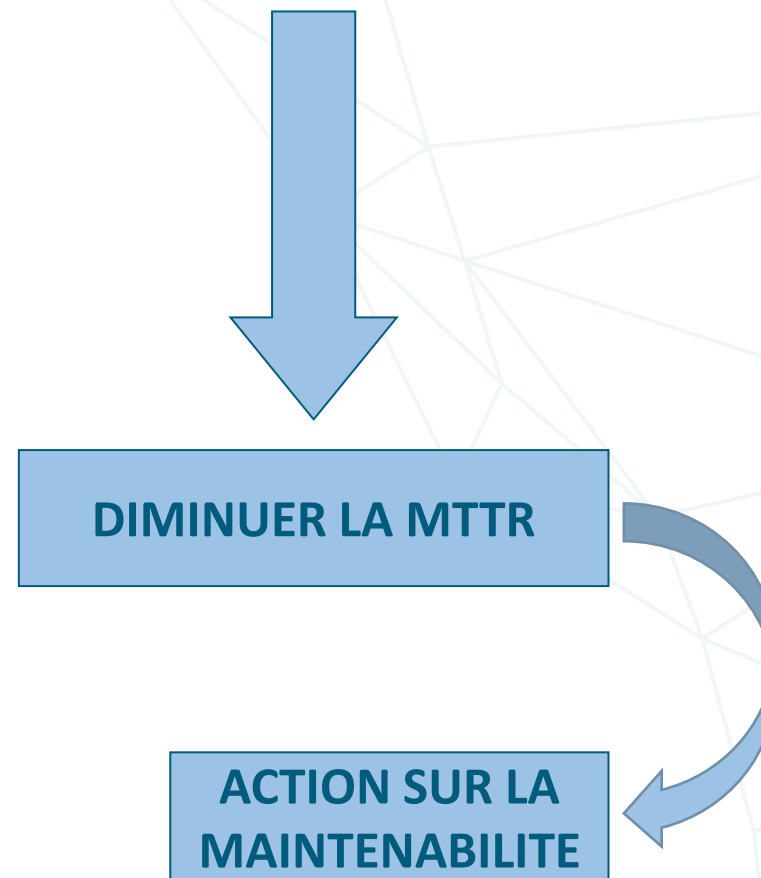
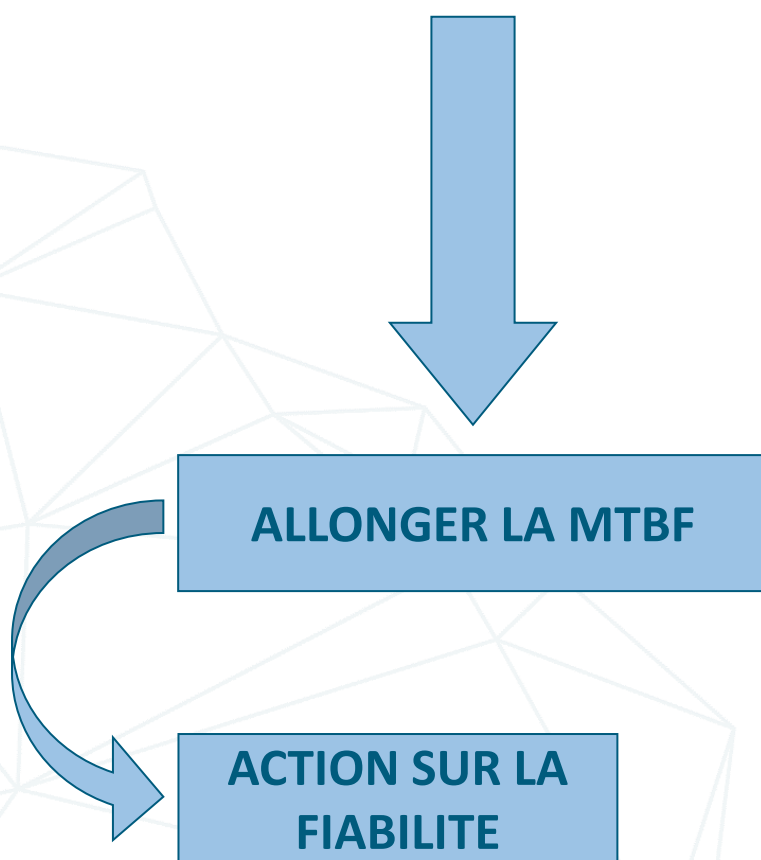
Les moyens extérieurs nécessaires autres que la logistique de maintenance n'affectent pas la disponibilité du bien

Norme AFNOR: (NF EN 13306).

*EQUIPEMENT DISPONIBLE =
LE MOINS POSSIBLE D'ARRETS DE PRODUCTION + REMISE
EN BON ETAT RAPIDE EN CAS DE PANNE*



**POUR AUGMENTER LA DISPONIBILITE ET GARANTIR LA
PRODUCTIVITE (DEMARCHE RSE), IL FAUT :**



La disponibilité moyenne sur un intervalle de temps donné peut être évaluée par le rapport :

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

En l'exprimant par rapport à des temps moyens, la disponibilité moyenne s'écrit :

$$= \frac{\text{Temps moyen de disponibilité}}{\text{Temps moyen de disponibilité} + \text{temps moyen d'indisponibilité}}$$
$$= \frac{\text{TMD}}{\text{TMD} + \text{TMI}}$$

Ce dernier a conçu et fabriqué le produit en lui donnant un certain nombre de **caractéristiques intrinsèques**, c'est à dire des caractéristiques qui prennent en compte les conditions d'installation, d'utilisation, de maintenance et d'environnement, supposées idéales

**ELLE EXPRIME LE POINT DE VUE DU
CONCEPTEUR.**

LE CALCUL DE LA DISPONIBILITÉ INTRINSÈQUE DI FAIT APPEL À 3 PARAMÈTRES :

TBF : TEMPS DE BON FONCTIONNEMENT

TTR : TEMPS TECHNIQUES DE RÉPARATION

TTE : TEMPS TECHNIQUES D'EXPLOITATION

$$Di = \frac{TBF}{TBF + TTR + TTE}$$

Un constructeur d'onduleurs précise que la moyenne des TBF est de 50000 heures et que la moyenne des TTR est de 10 heures :

$$Di = 50000 / (50000 + 10) = 0,9998$$

Un fabricant de machines-outils prévoit en accord avec son client la disponibilité intrinsèque d'une machine en prenant compte des conditions idéales d'exploitation et de maintenance :

Temps d'ouverture mensuel = 400 heures

1 changement de fabrication par mois = 6 heures

Maintenance corrective mensuelle : taux de défaillance = 1 pannes / mois ; TTR estimé = 4 heures

Maintenance préventive mensuelle = 3 heures

$$TBF = 400 - 6 - 4 - 3 = 387 \text{ heures}$$

$$TTR = 4 + 3 = 7 \text{ heures}$$

$$TTE = 6 \text{ heures}$$

$$Di = 387 / (387 + 7 + 6) = 0,9675$$

Il s'agit de prendre en compte les **conditions réelles d'exploitation et de maintenance**. C'est la disponibilité du **point de vue de l'utilisateur**.

Le calcul de **Do** fait appel aux mêmes paramètres sauf que ces 3 paramètres ne sont plus basés sur les conditions idéales de fonctionnement mais sur les conditions réelles (historique d'exploitation).

Sur la machine outil précédente, une étude d'exploitation sur un mois a conduit aux résultats réels suivants :

Temps d'ouverture mensuel = 400 heures

Changement de production = 6 heures

Manque approvisionnement matière = 3 heures

Maintenance préventive = 3 heures

Maintenance corrective = 8 heures (3 heures d'attente maintenance + 5 heures d'intervention)

$$***TBF = 400 - 6 - 3 - 3 - 8 = 380 \text{ heures}***$$

$$***TTR = 3 + 8 = 11 \text{ heures}***$$

$$***TTE = 6 + 3 = 9 \text{ heures}***$$

$$***Do = 380 / (380 + 9 + 11) = 0,95***$$

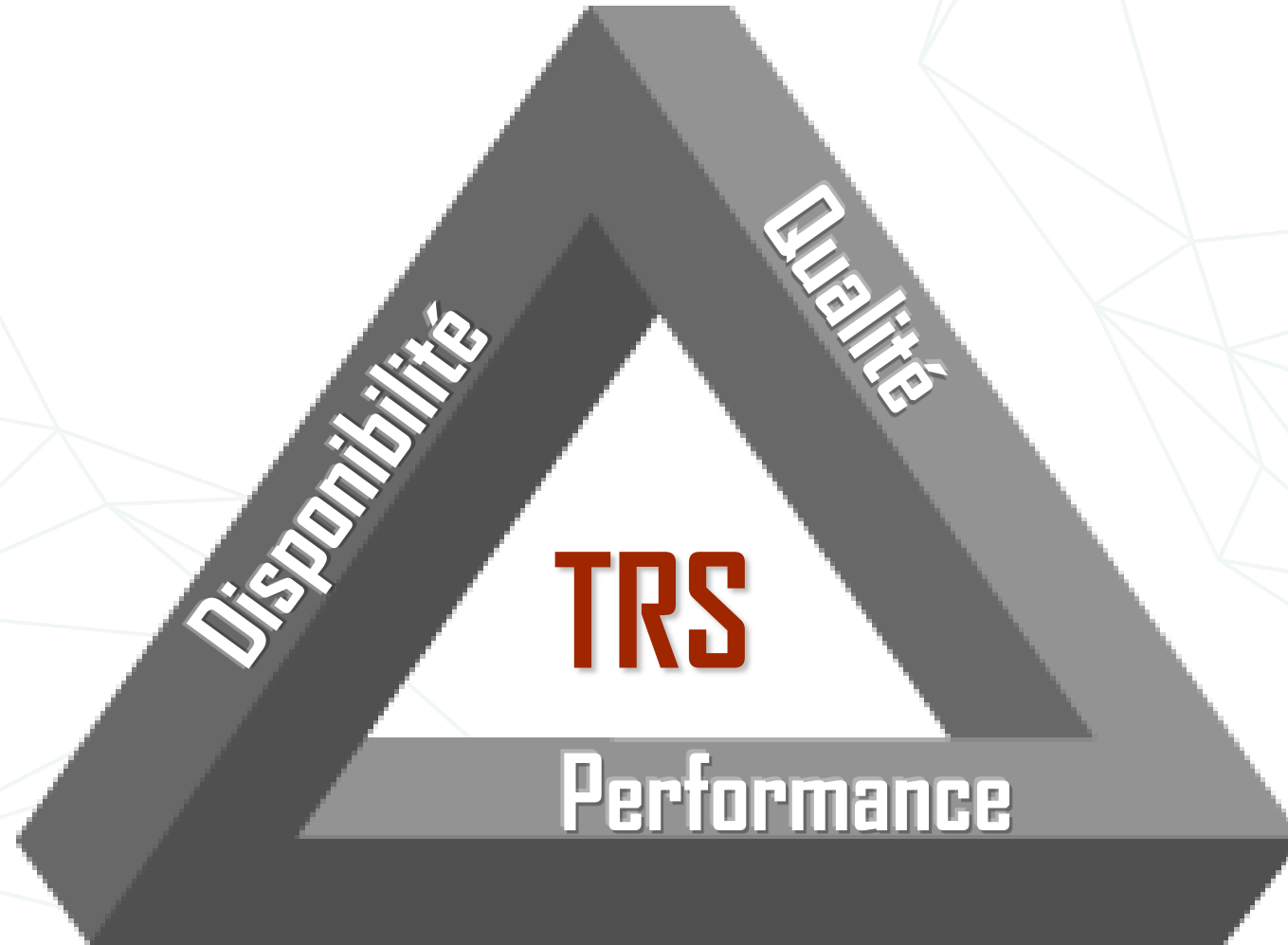
NATURE DES TEMPS	TEMPS TOTAL																		
	TEMPS REQUIS															TEMPS NON REQUIS			
	TEMPS EFFECTIF DE DISPONIBILITE		TEMPS D'INCAPACITE																
	TEMPS DE DISPONIBILITE					TEMPS D'INDISPONIBILITE													
SITUATIONS CORRESPONDANTES	Fonctionnement	Attente	Incapacité pour causes extérieures			Maintenance préventive	Contraintes d'exploitation			Indisponibilité après défaillance			Temps potentiel de disponibilité	Indisponibilité après défaillance					
	Matériel accomplissant la fonction requise	Matériel non sollicité	Manque alimentation énergie	Manque main d'oeuvre	Manque ou saturation pièce	Pièces en amont non conformes	Maintenance préventive de niveau 1 et 2	Inspection - contrôles	Visites	Changement d'outils programmé	Changement de fabrication	Contrôle produits fabriqués	Tps de réparation (diagnostic, réparation, remise en service	Remise en condition	Non détection	Appel à la maintenance	Approvisionnement en outillages	Approvisionnement en pièces de rechange	Non besoin de production
CALCULS DE DISPONIBILITE	Disponibilité intrinsèque : $D_i = (1) / (1 + 2)$																		
	Du point de vue maintenance : $D_m = (1) / (1 + 3)$																		
CALCULS DE DISPONIBILITE	Disponibilité opérationnelle : $D_o = (1) / (1 + 4)$																		
	Disponibilité globale : $D_g = (1) / (1 + 5)$																		



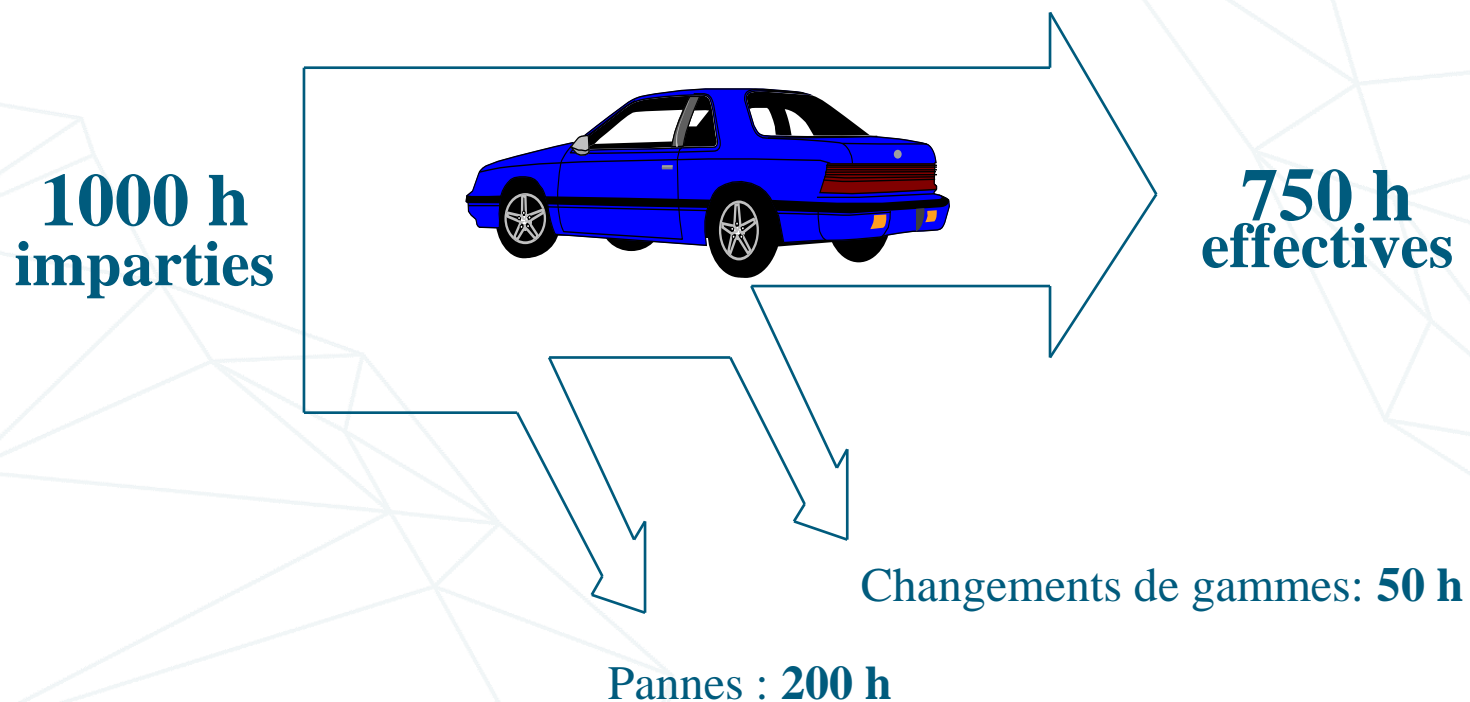
APPLICATION : DISPONIBILITE



3. INDICATEUR DE PRODUCTIVITÉ : TRS



LE TAUX DE DISPONIBILITÉ CARACTÉRISE LE TEMPS DE BON FONCTIONNEMENT DES MACHINES



$$\text{Taux de disponibilité} = \frac{750}{1000} = 0,75 = 75 \%$$

LE TAUX DE QUALITÉ EXPRIME LA QUALITÉ OBTENUE TOUT AU LONG DE LA CHAÎNE DE PRODUCTION

**1000 pièces
produites**



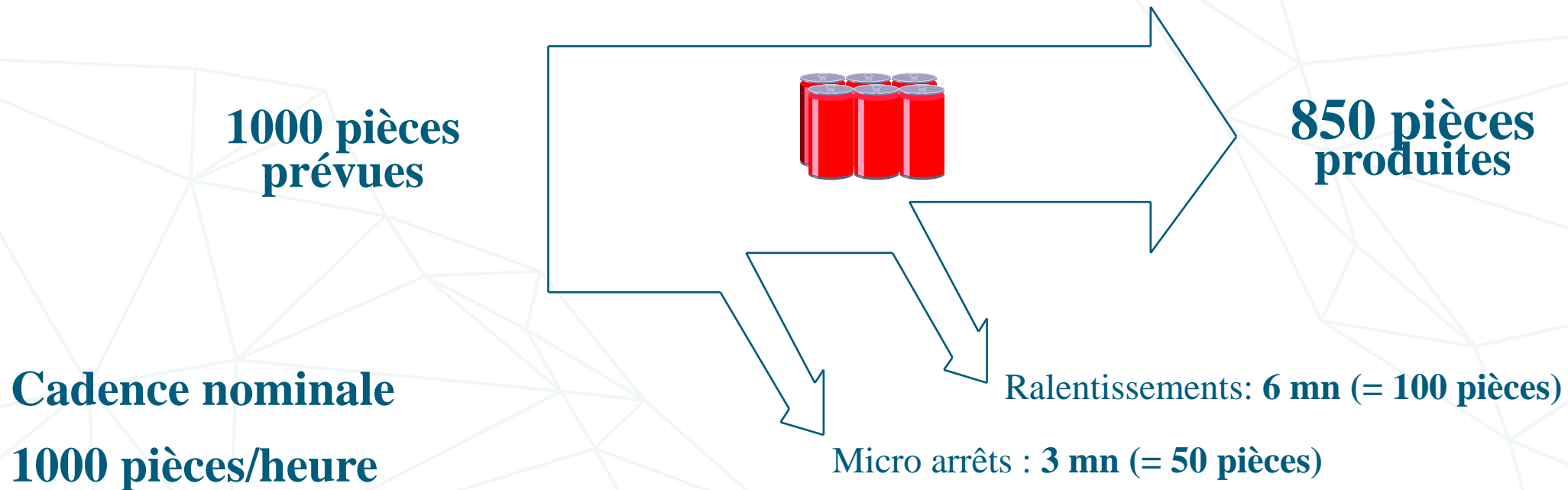
**950 pièces
bonnes**

Pertes démarrage: **20 pièces**

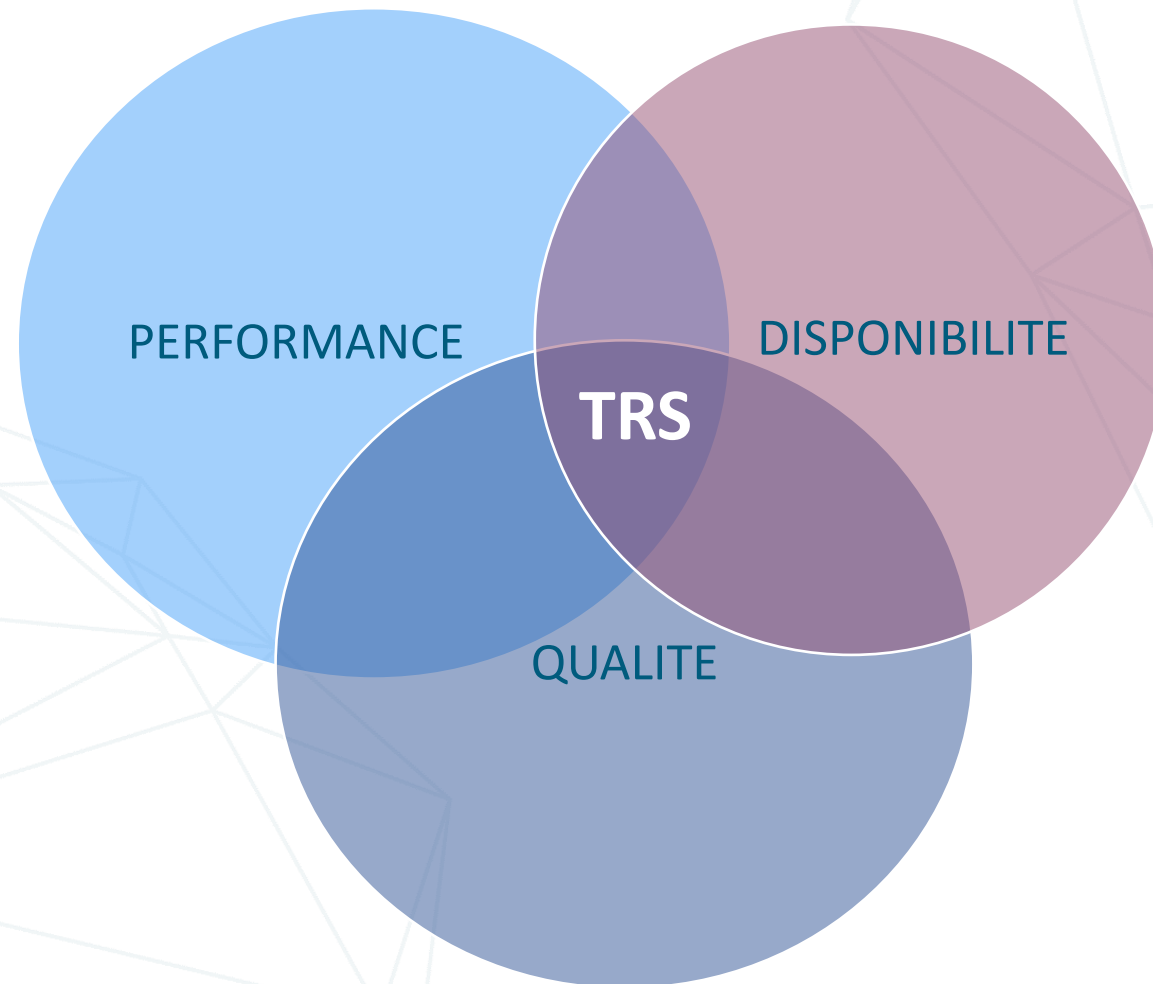
Rebut : **30 pièces**

$$\text{Taux de qualité} = \frac{950}{1000} = 0,95 = 95 \%$$

LE TAUX DE PERFORMANCE EXPRIME LE RENDEMENT DES MACHINES PENDANT QU'ELLES SONT SENSÉES FONCTIONNER



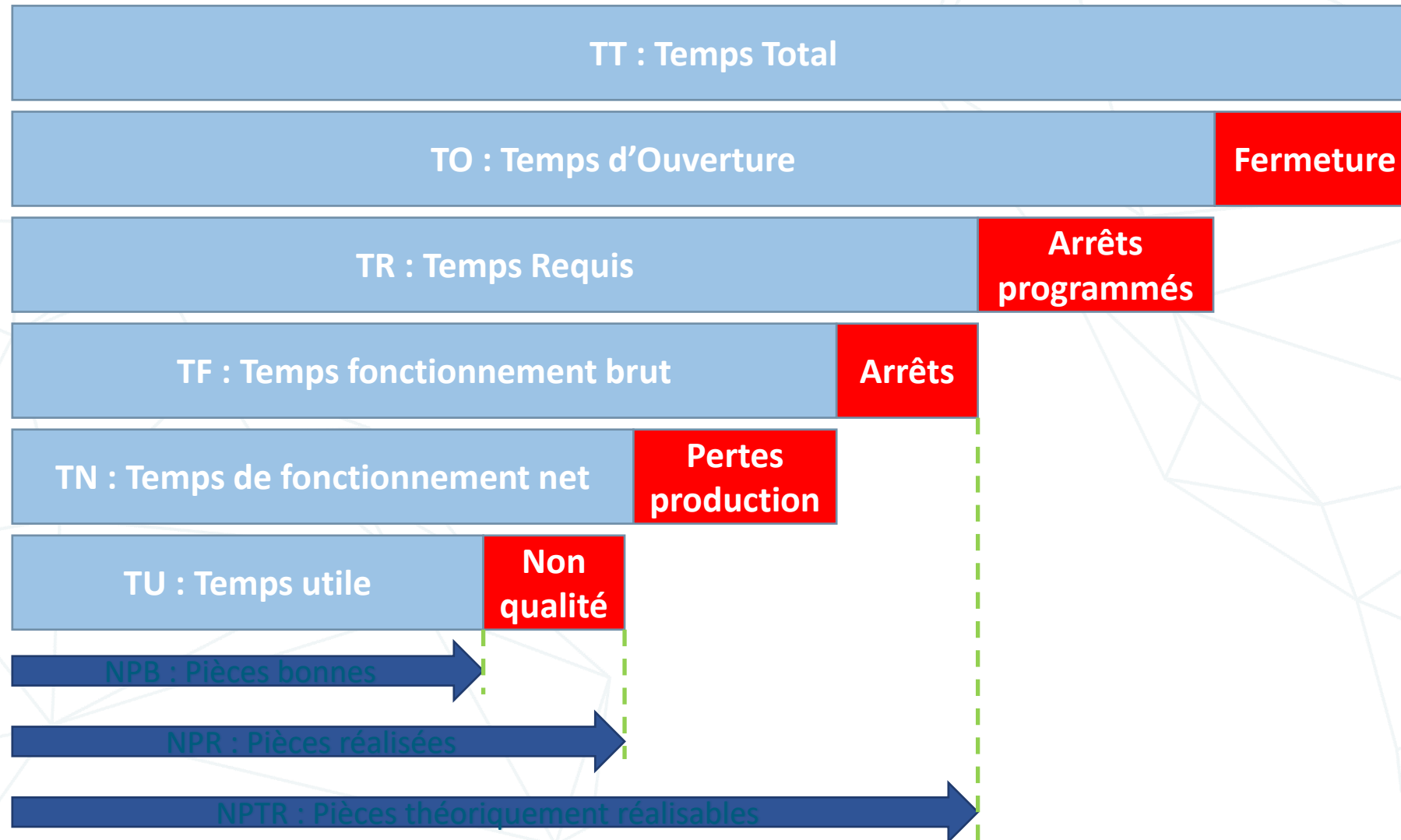
$$\text{Taux de performance} = \frac{850}{1000} = 0,85 = 85 \%$$

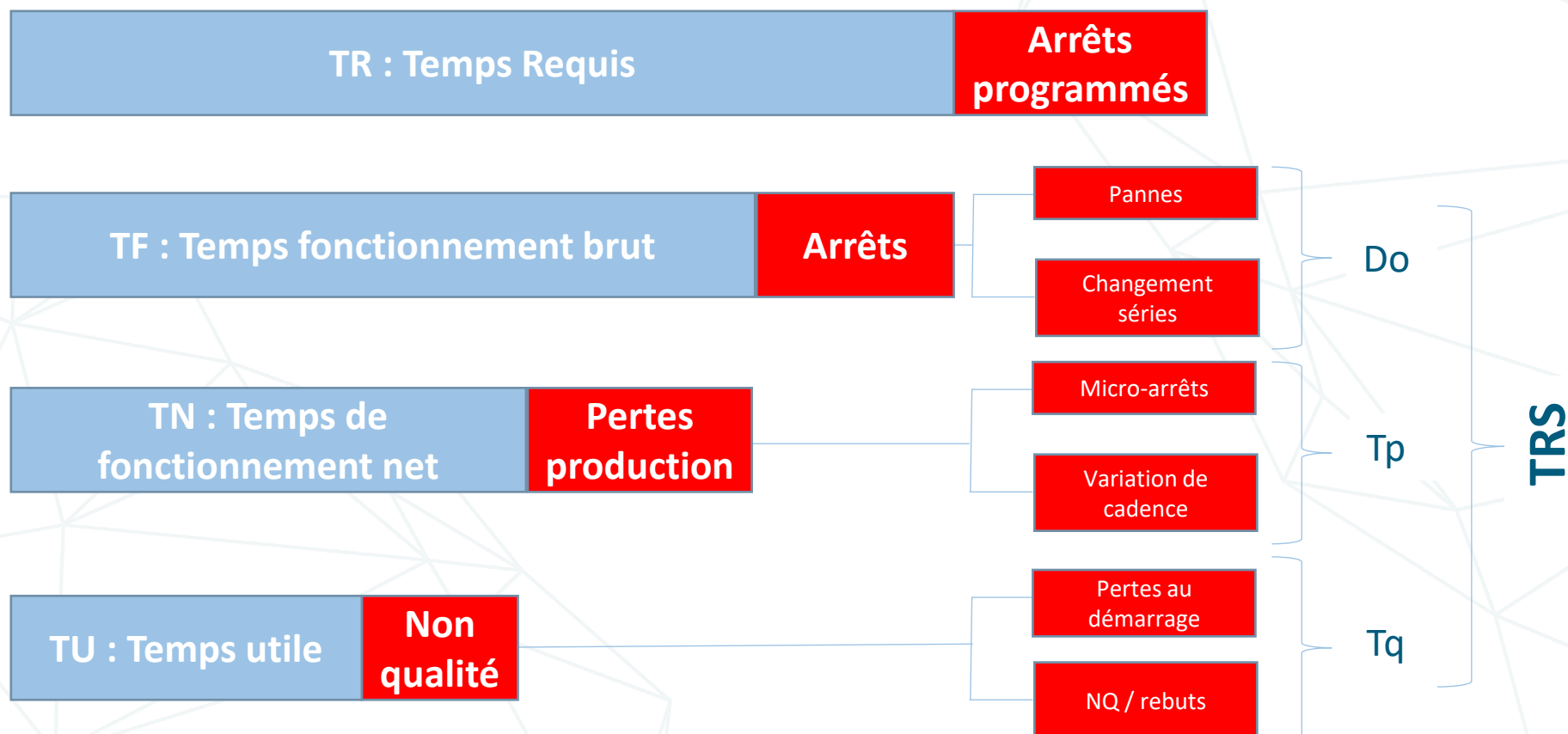


Trois leviers d'action

$$Do \times Tp \times Tq = TRS$$

Disponibilité	Performance	Qualité	TRS
76 %	87 %	86 %	56,8 %





$$TRS = \frac{TU}{TR} = \frac{\text{Temps Utile}}{\text{Temps Requis}} = \frac{NPB^*}{NTPR^*}$$

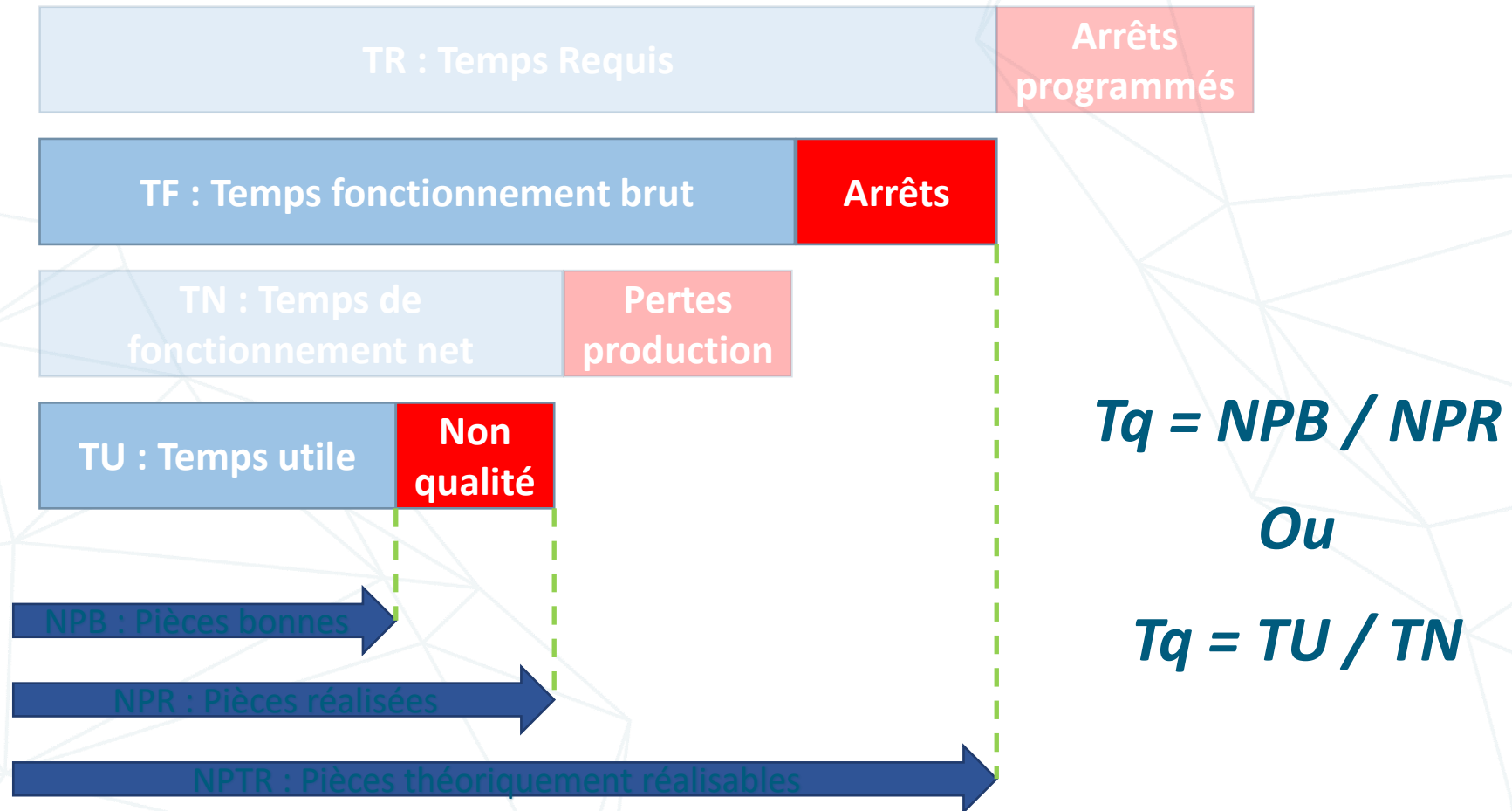
Autre mode de calcul :

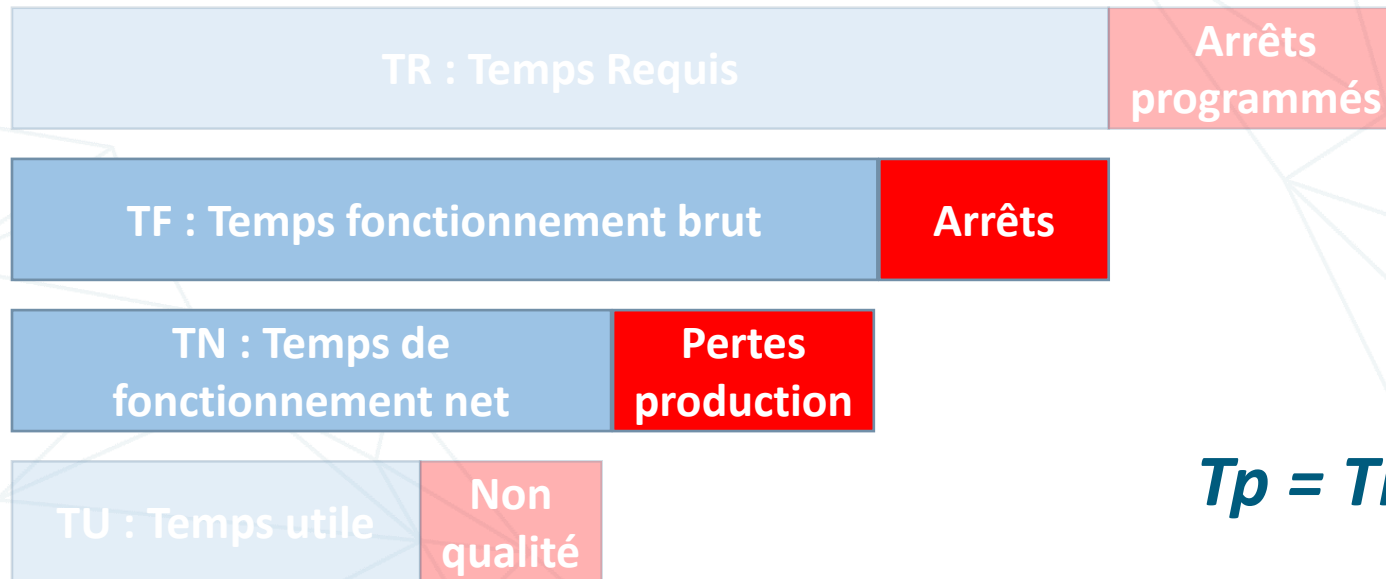
$$TRS = Tp \times Tq \times Do$$

Tq = Temps Utile / Temps Net = Nombre de pièces bonnes / Nombre de pièces réalisées

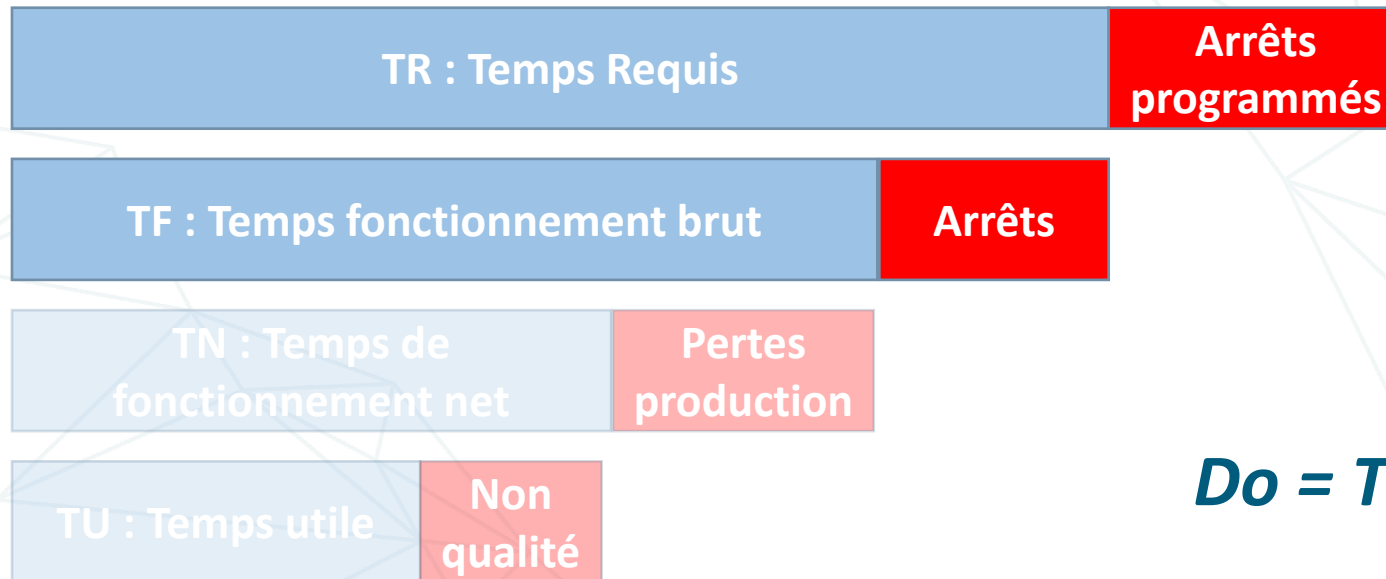
Tp = Temps Net / Temps de Fonctionnement

Do = Temps de Fonctionnement / Temps Requis

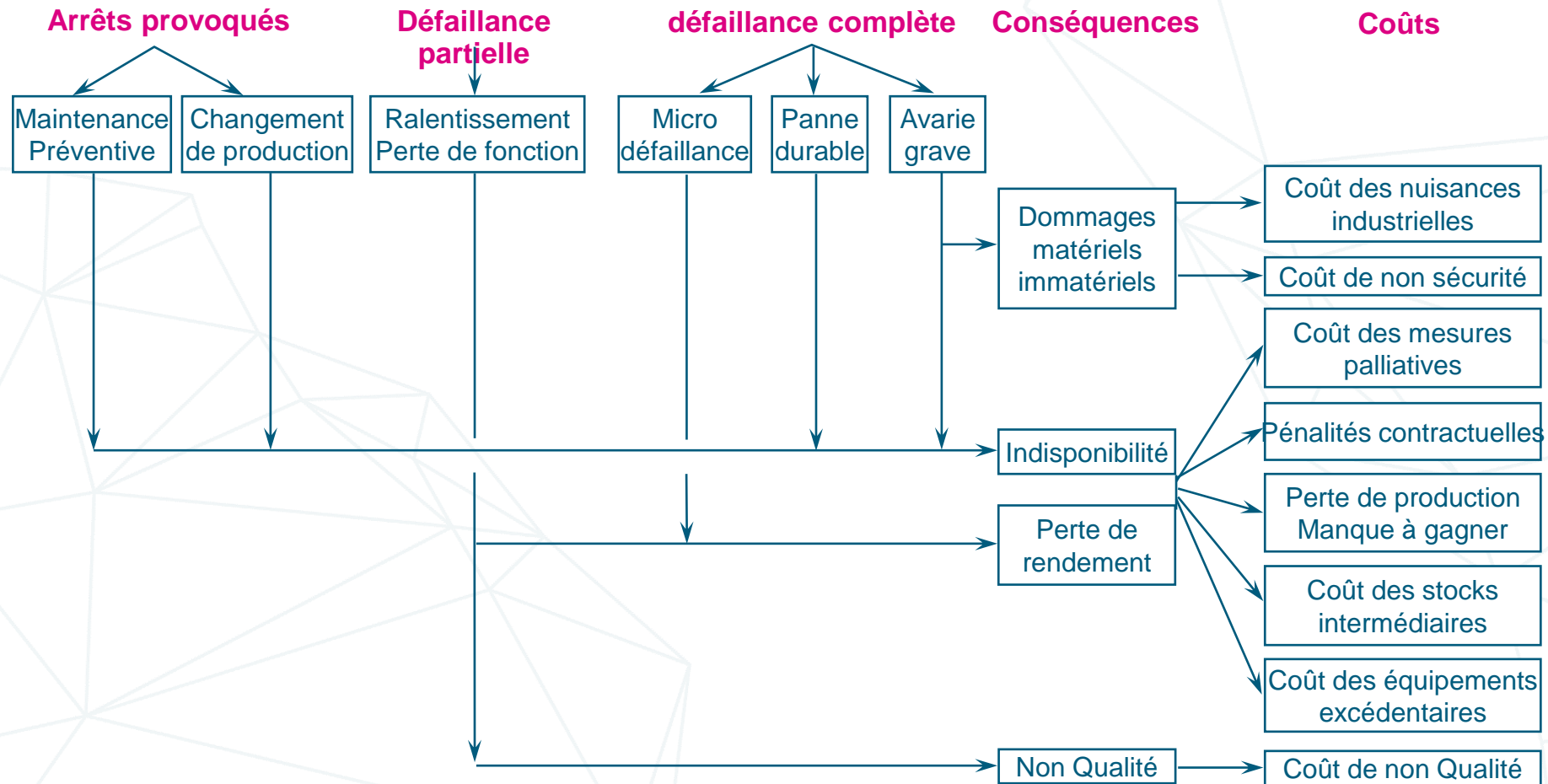




$$Tp = TN / TF$$



$$Do = TF / TR$$





SYNTHÈSE DES INDICATEURS MAINTENANCE

Indicateurs de maintenance et performance générale de l'entreprise	
$r1 = \frac{\text{Couts de maintenance}}{\text{Valeur du bien à maintenir}}$	Permet d'évaluer les exigences économiques du bien concerné et de prendre notamment des décisions d'investissements ou de choix d'une technologie donnée.
$r2 = \frac{\text{Couts de maintenance}}{\text{Valeur ajoutée produite}}$	Il permet des comparaisons inter entreprises dans des secteurs identiques.
$r3 = \frac{\text{Couts de maintenance}}{\text{Chiffre d'affaire relatif à la production}}$	C'est un indicateur financier.
$r4 = \frac{\text{Couts de maintenance}}{\text{Quantité produite}}$	Permet de mesurer l'évolution des coûts de maintenance à court terme et de juger du bon usage ou de la bonne maintenance d'un matériel.
$r5 = \frac{\text{Couts de maintenance} + \text{Couts d'indisponibilité}}{\text{Chiffre d'affaire relatif à la production}}$	Indicateur d'évolution de l'efficacité économique de la maintenance.
$r6 = \frac{\text{Couts de défaillance}}{\text{Couts de maintenance} + \text{Couts de défaillance}}$	Indicateur d'évolution de l'efficacité technique de la maintenance.

2. Les indicateurs économiques

<u>Indicateurs de maintenance et gestion des biens durables : analyse des coûts de maintenance</u>	
$r7 = \frac{\text{Valeur du ou des biens à maintenir}}{\text{Quantité produite}}$	Indicateur de l'évolution du coût d'exploitation par unité produite.
$r8 = \frac{\text{Coûts de la maintenance sous-traitée}}{\text{Coûts totaux de la maintenance}}$	
$r9 = \frac{\text{Coûts de la maintenance préventive}}{\text{Coûts de la maintenance préventive + corrective}}$	Importance relative des coûts de maintenance préventive.
$r10 = \frac{\text{Coût de maintenance}}{\text{Coût de remplacement}}$	Indicateur de décision de remplacement des équipements.
$r11 = \frac{\text{Coûts de l'outillage et des équipements de maintenance}}{\text{Coûts du personnel d'intervention}}$	Evolution de l'importance de l'outillage par rapport aux moyens correspondants de main d'œuvre.
$r12 = \frac{\text{Coûts de la documentation technique}}{\text{Coûts de maintenance}}$	
$r13 = \frac{\text{Coûts des consommés}}{\text{Coûts du personnel d'intervention + Coûts des consommés}}$	Indicateur des dépenses courantes. Choix entre politique de remplacement rapide des pièces de rechange et d'usure, et réparations approfondies du matériel par le personnel de maintenance.
$r14 = \frac{\text{Valeur du stock maintenance}}{\text{Valeur des biens à maintenir}}$	

<u>Indicateurs de maintenance et gestion des biens durables : suivi des activités de maintenance</u>	
$r15 = \frac{\text{Temps actifs de maintenance}}{\text{Temps effectif de disponibilité}}$	Anticipation des charges en personnel d'intervention par rapport aux prévisions de disponibilité.
$r16 = \frac{\text{Temps actifs de maintenance conditionnelle}}{\text{Temps actifs de maintenance préventive systématique + conditionnelle}}$	Importance de la maintenance conditionnelle dans les opérations actives de maintenance préventive.
$r17 = \frac{\text{Temps actifs de maintenance corrective}}{\text{Temps actifs de maintenance}}$	Importance de la maintenance corrective dans les opérations actives de maintenance.
$r18 = \frac{\text{Temps annexes de maintenance corrective}}{\text{Temps de maintenance corrective}}$	Importance de tous les temps de mise en œuvre des opérations de maintenance corrective (temps administratifs, logistiques, techniques, de préparation).
$r19 = \frac{\text{Temps de préparation du travail}}{\text{Temps actifs de maintenance}}$	Importance des activités de préparation du travail par rapport aux interventions effectives sur le bien.
$r20 = \frac{\text{Temps de travaux préparés}}{\text{Temps actifs de maintenance}}$	Part des interventions préparées dans toutes les interventions effectuées sur les biens.

4. Les indicateurs de performance équipements

Indicateurs de maintenance et gestion des biens durables : suivi des performances et de l'exploitation des biens durables.

Mesure de la disponibilité des biens.

$r21 = \frac{\text{Temps requis}}{\text{Temps total}}$	C'est le taux d'engagement du bien.
$r22 = \frac{\text{Temps effectif de disponibilité}}{\text{Temps requis}}$	Indicateur d'évaluation de la disponibilité opérationnelle des biens.
$r23 = \frac{\text{Temps de fonctionnement}}{\text{Temps effectif de disponibilité}}$	C'est le taux d'utilisation des biens appelé encore TRS ou taux de rendement synthétique.
$r24 = \frac{\text{Temps de bon fonctionnement}}{\text{Temps requis}}$	Permet une comparaison des performances d'exploitation du bien.

Mesure de l'indisponibilité pour maintenance

$r25 = \frac{\text{Temps propre d'indisponibilité pour maintenance corrective}}{\text{Temps requis}}$	Expression de la pénalité d'indisponibilité subie par l'utilisateur pour effectuer la maintenance corrective.
$r26 = \frac{\text{Temps propre d'indisponibilité pour maintenance}}{\text{Temps effectif de disponibilité}}$	Mise en évidence des causes d'indisponibilité dues à la maintenance par rapport à celles inhérentes à des causes externes ou indépendantes des actions de maintenance proprement dites.
$r27 = \frac{\text{Temps propre d'indisponibilité pour maintenance}}{\text{Temps de fonctionnement ou quantité produite}}$	Anticipation de la charge de personnel de maintenance par rapport à des prévisions de fonctionnement ou de production.
$r28 = \frac{\sum \text{Temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre de défaillances}}$	MTBF : temps moyen de fonctionnement entre 2 défaillances. L'inverse donne le taux de défaillance
$r29 = \frac{\sum \text{Temps actifs de maintenance corrective}}{\text{Nombre de défaillances}}$	TMRS : temps moyen avant remise en service → MTTR .

5. Les indicateurs de gestion du personnel

Indicateurs de gestion du personnel de maintenance : formation du personnel.

$$r30 = \frac{\text{Temps ou couts de formation maintenance}}{\text{Effectif maintenance}}$$

$$r31 = \frac{\text{Temps ou couts de formation maintenance}}{\text{Temps ou couts de formation entreprise}}$$

$$r32 = \frac{\text{Couts de formation}}{\text{Masse salariale}}$$

Indicateurs de gestion du personnel de maintenance : évolution des effectifs de maintenance.

$$\text{Variation} = \frac{\text{Effectif de la période P}}{\text{Effectif de la période P-1}} \times 100$$

$$\text{Rotation} = \frac{\text{Effectif remplacé durant la période P}}{\text{Effectif moyen de la période P-1}} \times 100$$

$$\text{Personnel temporaire} = \frac{\text{Nb d'heures du personnel temporaire}}{\text{Nb d'heures totales travaillées}}$$

Indicateurs de gestion du personnel de maintenance : sécurité des personnes.

Nb d'accidents du travail par mois avec ou sans arrêts.

Nb de « presque accidents » par mois par non respect des consignes ou par non connaissance des consignes.

$$\text{Taux de fréquence des accidents} = \frac{\text{Nb d'accidents avec arrêts} \times 10^6}{\text{Nb d'heures travaillées}}$$

$$\text{Taux de gravité des accidents} = \frac{\text{Nb de journées perdues} \times 10^3}{\text{Nb d'heures travaillées}}$$