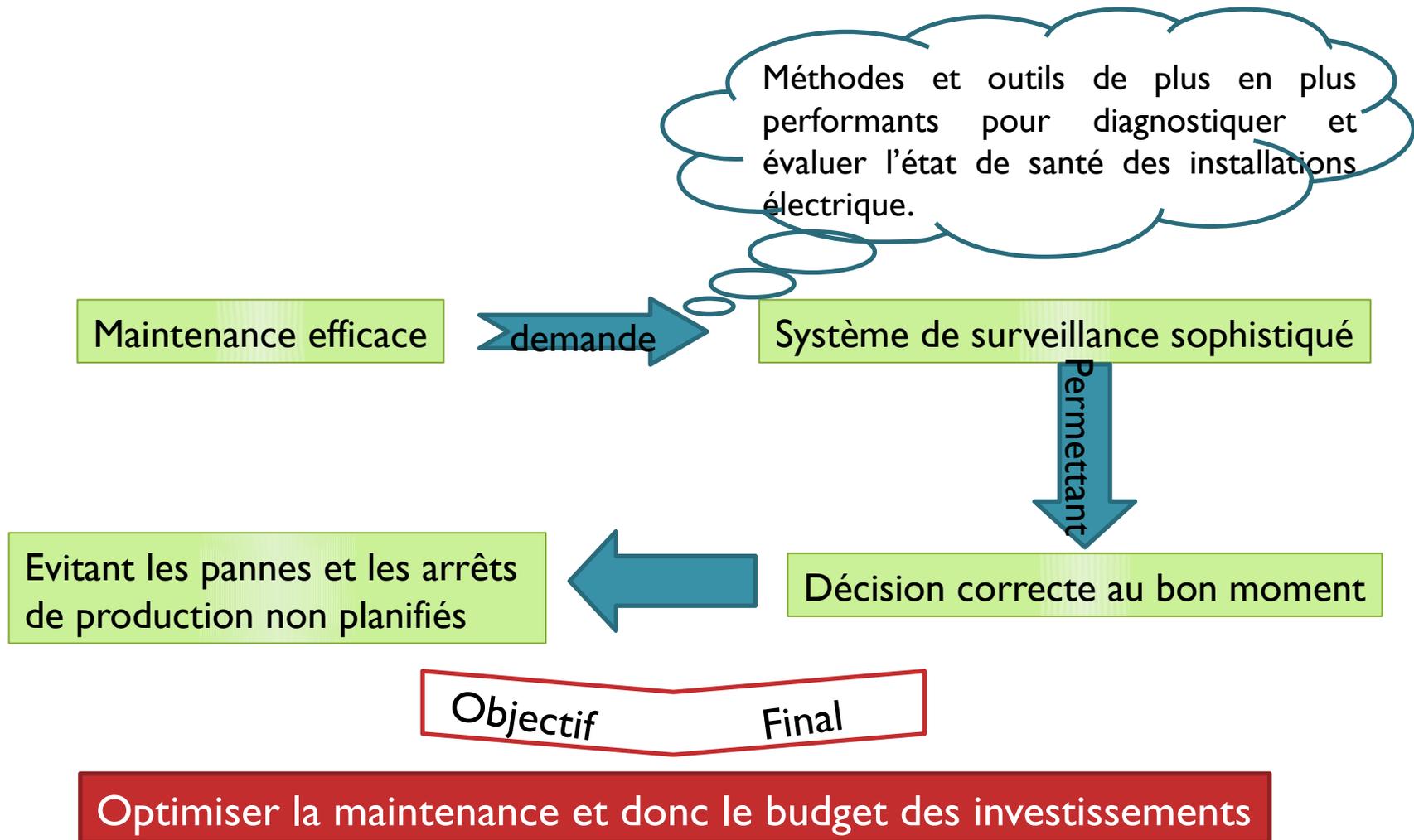




# ***Diagnostic des pannes dans les installations électriques***

Dr. Z. LAYATE

2017-2018  
02/07/2018





# Plan de cours

**I. CONCEPTS ET TERMINOLOGIE**

**II. Diagnostic**

**III. Analyse des défaillances**

02/07/2018

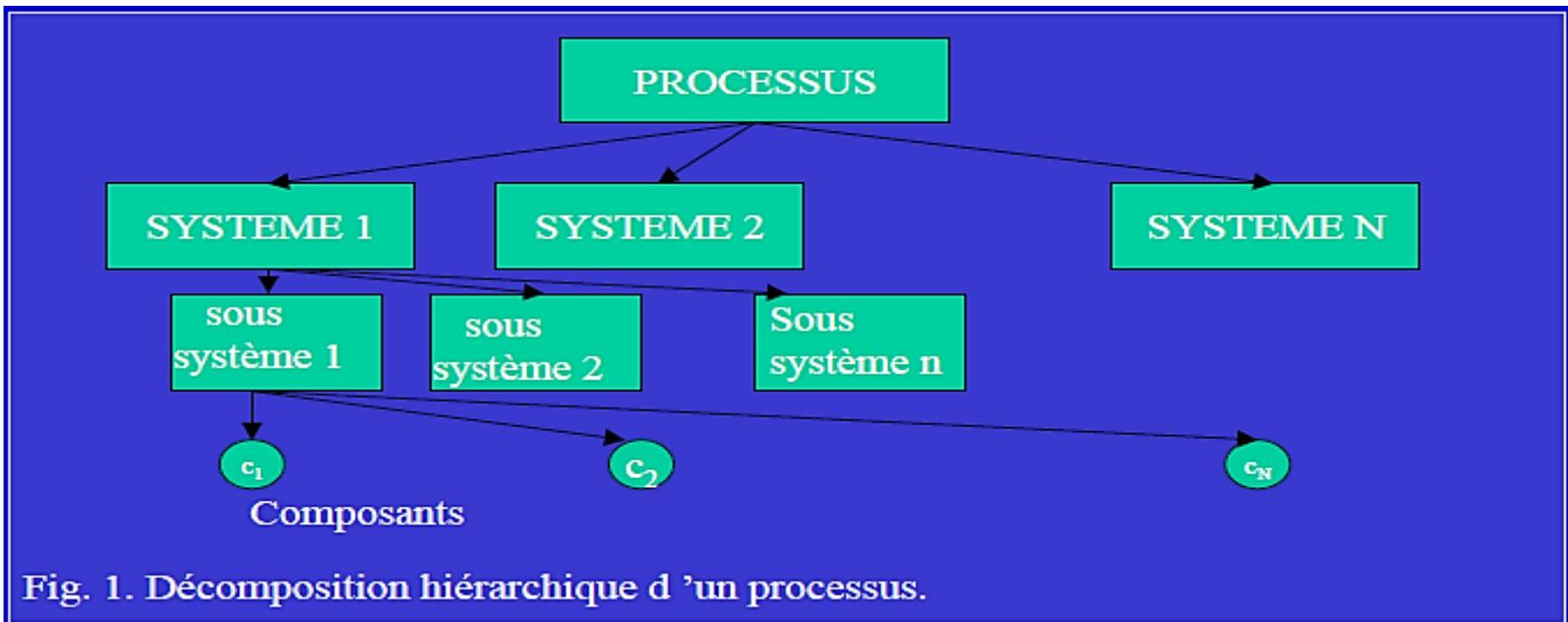


# I. CONCEPTS ET TERMINOLOGIE

## I.1 Système et composants

Un **processus industriel** est une installation complexe assumant un objectif fonctionnel de haut niveau (production de bien ou de service).

Pour assurer ces objectifs fonctionnels de haut niveau, le processus fait appel à un ensemble de systèmes interconnectés, Figure 1. Chaque système assure une ou plusieurs fonctions bien définie(s).



- Les systèmes sont décomposés en sous-systèmes.
- Les sous-systèmes sont décomposés en composants bien déterminés. En règle générale et en pratique ce sont sur ces composants que l'on effectuera de la maintenance et non sur des systèmes.
- Chaque composant peut être ensuite décomposé en pièce élémentaire qui fera l'objet d'un échange standard.

Exemples des composants bien identifiés :

- Des moteurs électriques et diesels
- Des vannes et des pompes
- Des unités centrales d'ordinateurs



## 1.2 Nature des systèmes et composants

Les méthodes de diagnostic ne possèdent pas de caractère universel. En fonction de la nature de processus, systèmes, sous systèmes, composants, il faudra mettre en œuvre à chaque fois des méthodes spécifiques tenant compte des technologies déployées.

## 1.3 Définition de la défaillance

C'est la cessation de l'aptitude d'un ensemble à accomplir sa ou ses fonctions requise(s) avec les performances définies dans les spécifications techniques. L'ensemble est indisponible suite à la défaillance.

## Décomposition d'un système industriel

```
graph TD; A[Décomposition d'un système industriel] --> B[décomposition fonctionnelle]; A --> C[décomposition matérielle];
```

### décomposition fonctionnelle

Fait appel à des fonctions principales, secondaires, techniques, de contraintes internes et externes ...

### décomposition matérielle

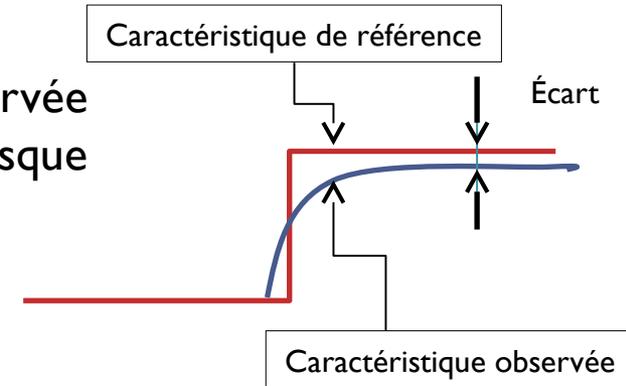
Prend en compte les notions de système, sous système, ensemble, sous-ensemble, composants ...

La décomposition fonctionnelle est en parfaite cohérence avec la définition d'une défaillance,

Le principe de décomposition fonctionnelle est indispensable pour éclairer les notions de défaillance, de leurs causes et de leurs effets. En effet, la principale source d'incompréhension dans les discussions entre spécialistes provient du fait que chaque interlocuteur possède sa propre décomposition fonctionnelle qui ne correspond pas nécessairement à celle des autres interlocuteurs.

## I.4 Définition d'un défaut

Un **défaut** est tout écart entre la caractéristique observée sur le dispositif et la caractéristique de référence lorsque celui-ci est en dehors des spécifications.



## I.5 Définition d'une panne

La **panne** est l'inaptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise. Dès l'apparition d'une défaillance, caractérisé par la cessation du dispositif à accomplir sa fonction, le dispositif sera déclaré en panne.

## I.6 DISPONIBILITE

C'est l'aptitude d'un système à fonctionner lorsqu'on le sollicite.

La disponibilité peut décliner en terme de **Fiabilité**, **Maintenance** et **Sûreté**.

**Fiabilité** : C'est l'aptitude d'un système à accomplir sa mission dans des conditions données d'utilisation.

**Sûreté** : C'est l'aptitude d'un système à respecter l'utilisateur et son environnement.

## Composantes de la disponibilité

disponibilité

```
graph LR; A[disponibilité] --> B[OBJECTIF DE COÛTS]; A --> C[CONCEPTS DE MAINTENANCE]; A --> D[FIABILITE]; A --> E[MAINTENABILITE]; A --> F[LOGISTIQUE DE SOUTIEN]
```

### OBJECTIF DE COÛTS

- Coûts d'investissement
- Coûts d'exploitation
- Coûts de démantèlement

### CONCEPTS DE MAINTENANCE

- Maintenance corrective
- Maintenance préventive
- Diagnostic

### FIABILITE

- Analyse fonctionnelle
- Fiabilité des systèmes et des matériels

### MAINTENABILITE

Modularité, Testabilité, Zones d'accès, Variabilité

### LOGISTIQUE DE SOUTIEN

Personnel formation, documentation, pièces de rechange, outillage.

## 1.7 Définition générale de la maintenance

La maintenance

Définition

Accomplir une fonction requise ou assurer un service déterminé, c'est-à-dire, pour assurer la continuité et la qualité de la production.

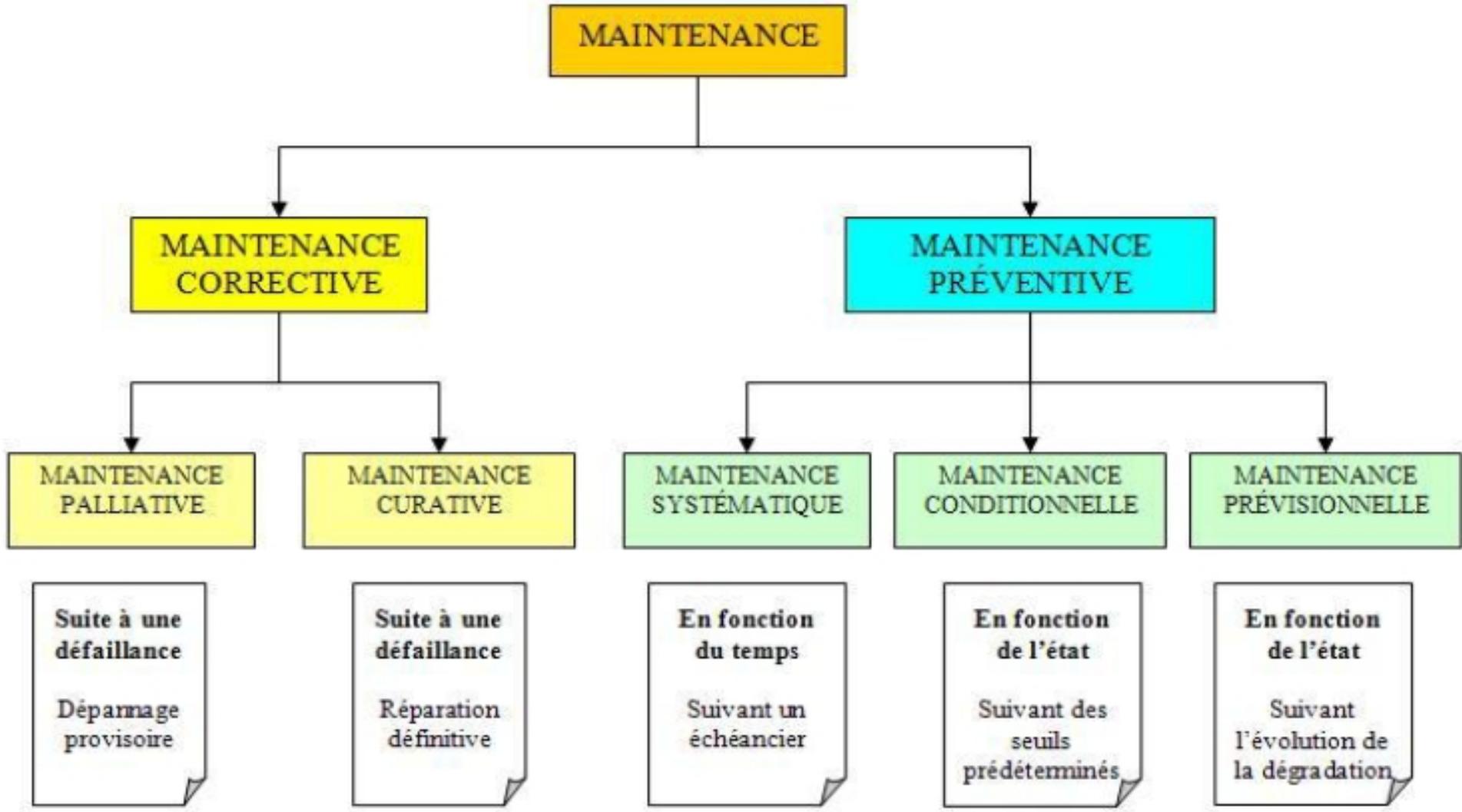
Maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié,

permettant

Objet  
Final  
cristal

02/07/2018

10





## I.7.1 maintenance préventive ou planifiée

maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (maintenance systématique) et/ou suivant des seuils prédéterminés (maintenance conditionnelle) et/ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (maintenance prévisionnelle).

## I.7.2 La maintenance corrective

Il s'agit d'une « maintenance effectuée après défaillance ». C'est une politique de maintenance qui correspond à une attitude de réaction à des événements plus ou moins aléatoires et qui s'applique après la panne. On parle dans ce cas de dépannage.

## II. Diagnostic

### II.1 Définition du diagnostic

*identification de la cause d'une défaillance à l'aide d'un raisonnement logique.*

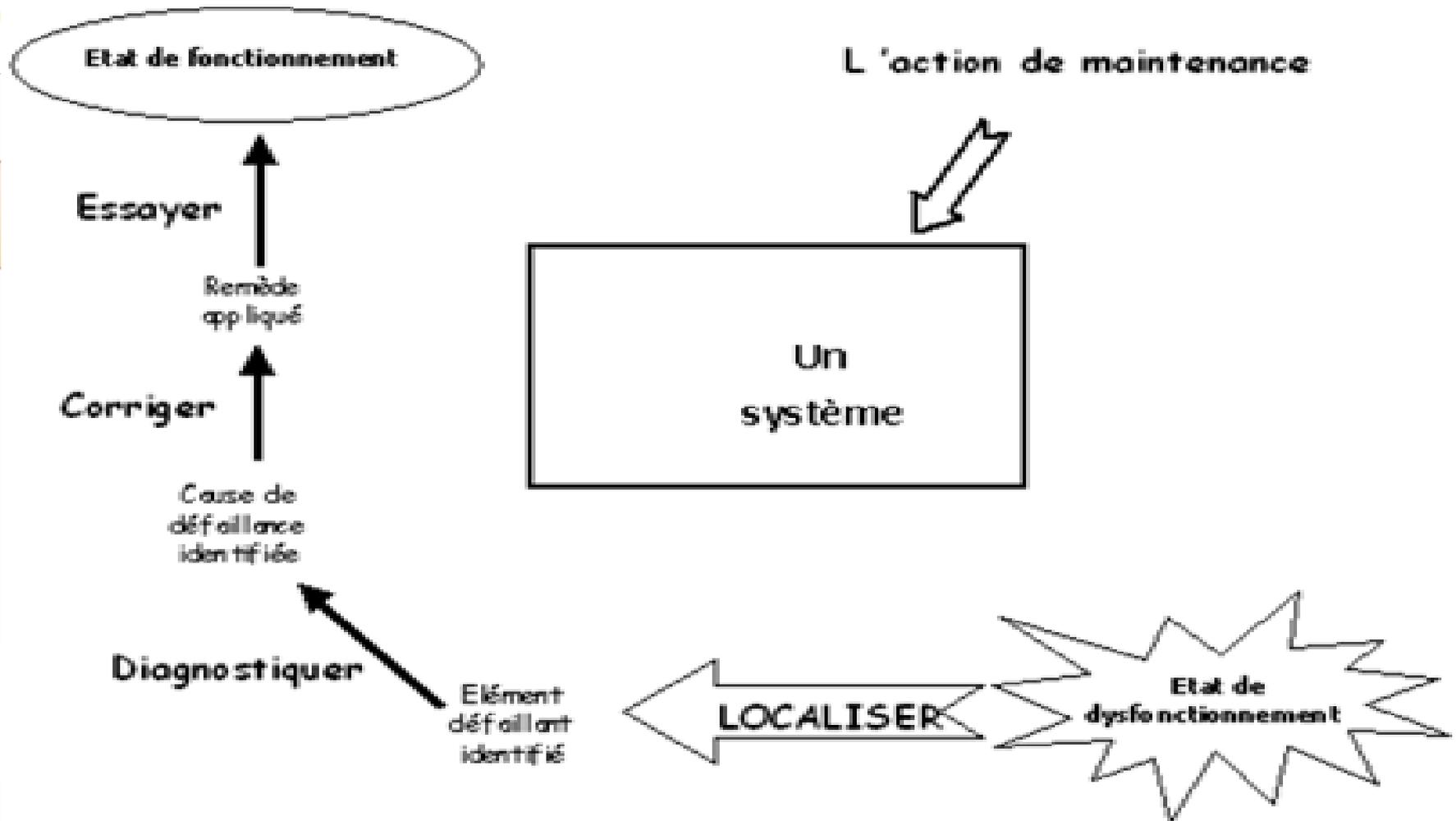
**La défaillance** désigne tout ce qui est anormal, tout ce qui s'écarte d'une norme de bon fonctionnement (alarme, arrêt intempestif, produit défectueux, etc.). Le défaut qui apparaît s'appelle le symptôme.

**Un symptôme** est un écart entre ce qui est et ce qui devrait être. Le symptôme est le défaut que l'agent de maintenance constate. C'est à partir du symptôme qu'il va chercher les causes.

Il faut décrire le symptôme de la façon la plus précise possible, c'est-à-dire caractériser la défaillance :

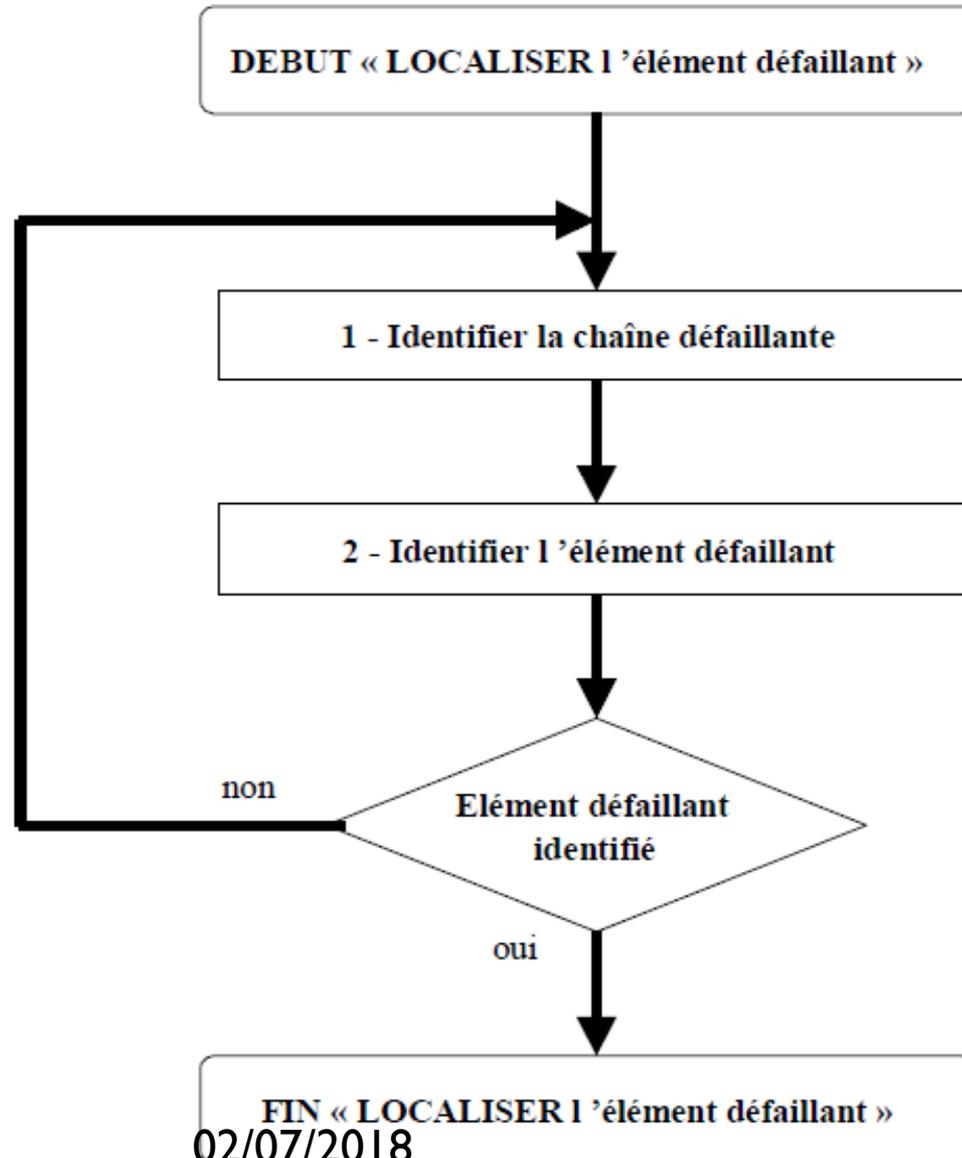
- Un moteur qui s'arrête brutalement ;
- Un bruit sourd et fort (localisation difficile) ;
- Une odeur de frein brûlé.

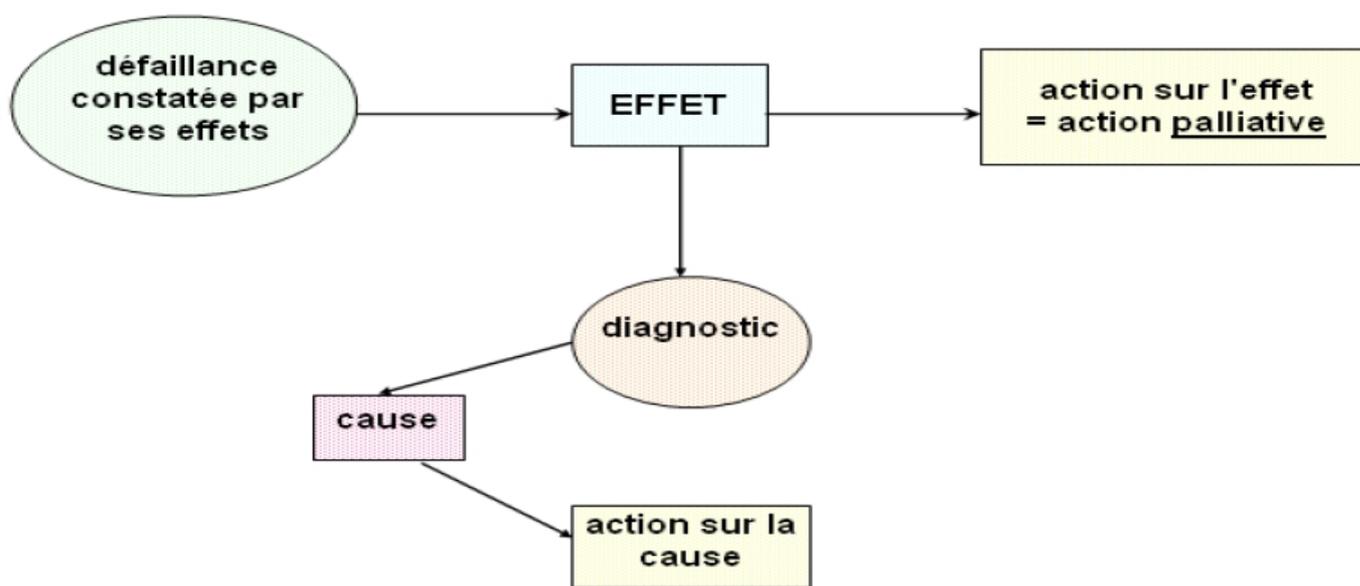
Le diagnostic est une phase importante de la maintenance corrective. De sa pertinence et de sa rapidité dépend l'efficacité de l'intervention entreprise.



***Le diagnostic contient et dépasse la localisation, et lui seul contient une potentialité de progrès par des actions sur les causes. Il permet d'aboutir à des actions correctives qui doivent éviter que la même défaillance se reproduise à nouveau.***

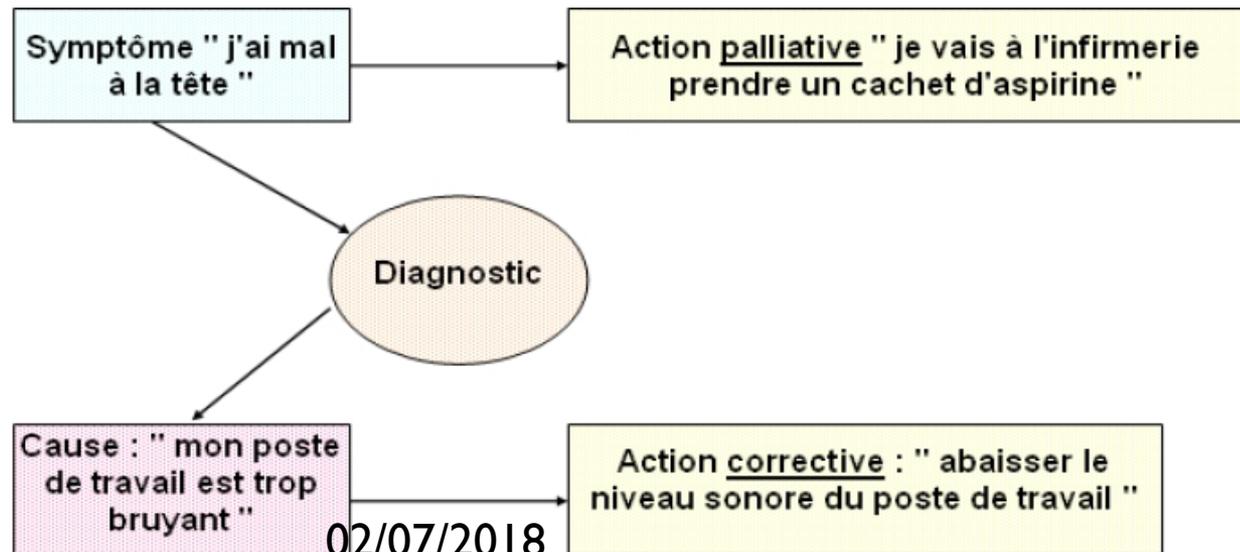
La localisation de l'élément défaillant est une étape primordiale du diagnostic. Elle doit être réalisée avec rigueur et méthode.





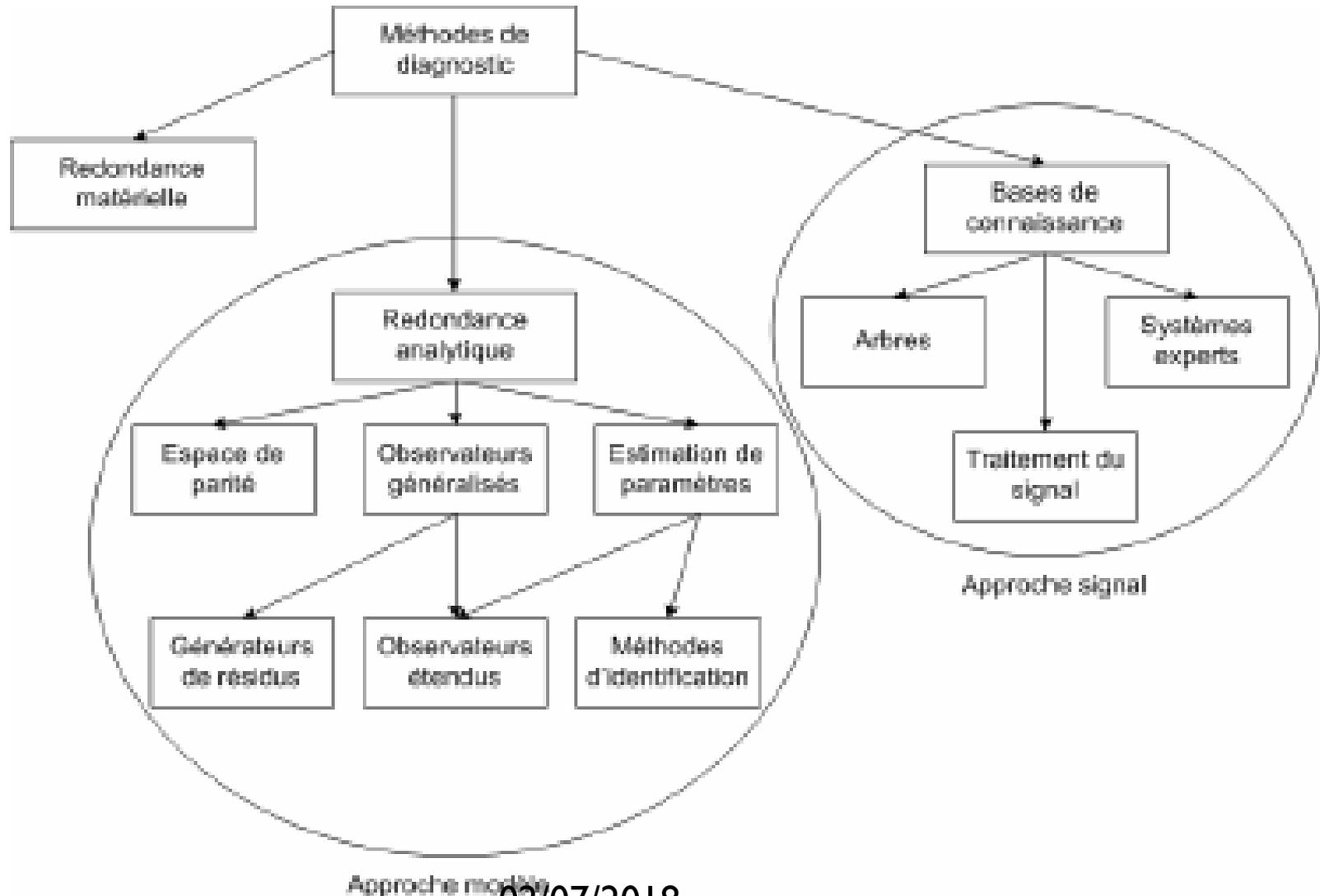
**Action corrective**

**Exemple**



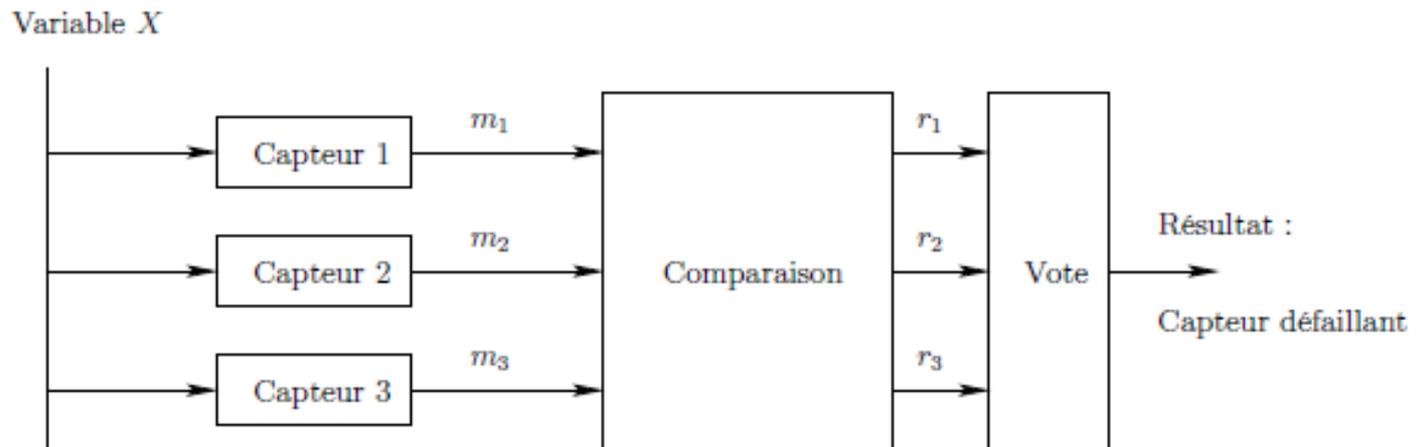
## II.2 Méthodes de diagnostic

Les méthodes de diagnostic sont nombreuses mais on peut les classer en trois grandes familles



## méthode de redondance matérielle

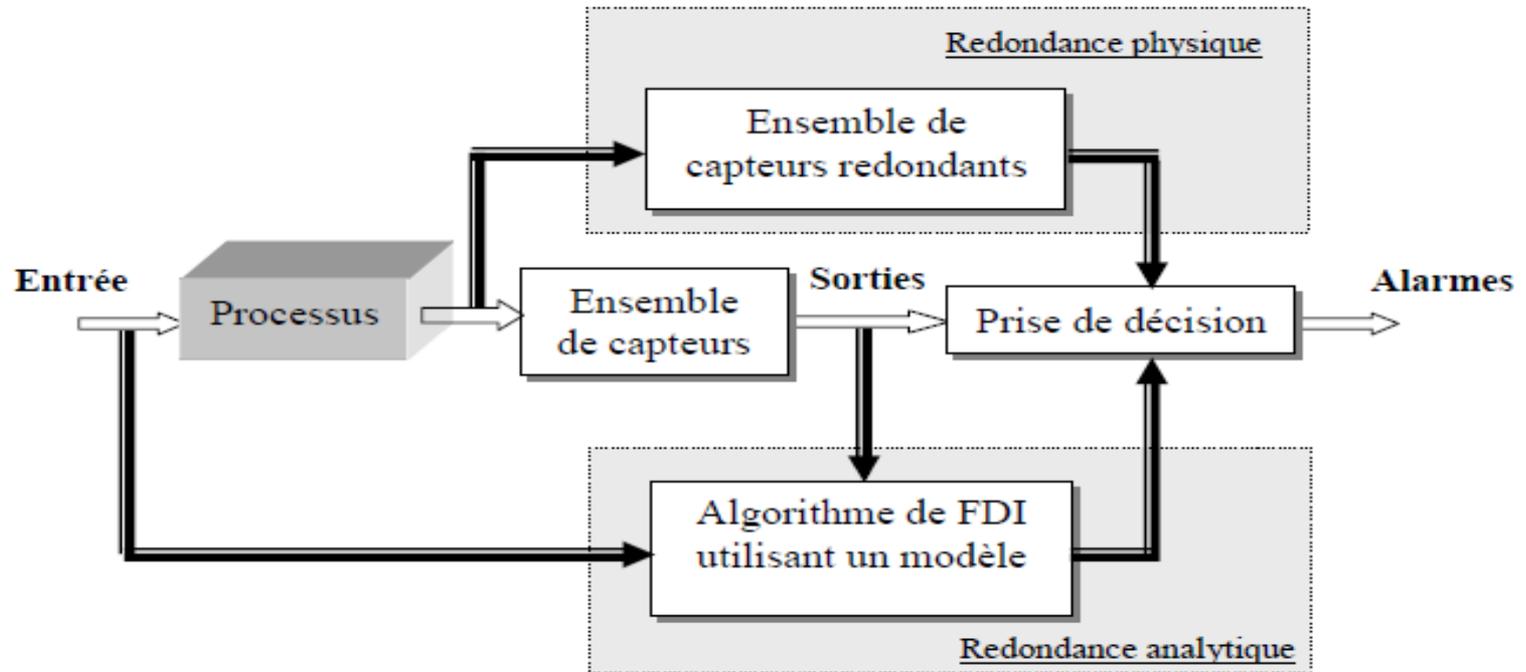
Cette méthode est associée aux systèmes très critique où la moindre panne est inenvisageable (centrales nucléaires, aérospatiale, transport aérien,...). Il s'agit de multiplier les systèmes pour que, dans le cas d'une défaillance de l'un, un autre prenne immédiatement le relais. Si l'un des systèmes à un comportement trop éloigné des autres, il est exclu de l'ensemble. Cette approche est pertinente, par exemple, pour des mesures effectuées par un réseau de capteurs. Ce type d'approche est évidemment très cher à mettre en œuvre.



Principe de la redondance matérielle

## méthode de redondance analytique

Celles-ci reposent sur un modèle mathématique du système. Ce modèle comporte souvent quelques paramètres. Lors du fonctionnement, les paramètres sont estimés et comparés aux grandeurs théoriques, le différentiel étant la signature du défaut. Si ce différentiel dépasse un certain seuil, la présence du défaut est signalé à l'utilisateur.





méthode heuristique ou s'appuyant sur une base de connaissance

Elle ne

nécessite pas forcément de modèle précis du système mais repose plutôt sur une reconnaissance de signatures déjà observées. Les signatures de défauts, obtenus par modélisation ou par mesure sur maquette, sont généralement classées dans une base de données. L'analyse est réalisée par une interprétation du type signal, par système expert ou par réseaux de neurones

Pour des raisons de simplicité et d'efficacité, l'approche signal est très utilisée actuellement en diagnostic. Cette approche repose sur la connaissance du comportement du système sain et des défauts, elle est ensuite comparée avec les signaux mesurés. Parmi les approches existantes, les approches basées sur l'analyse de la signature spectrale sont les plus couramment rencontrées pour détecter la présence d'une anomalie. Le principal défaut de l'analyse spectrale est qu'elle est très sensible à la qualité de la mesure.

### III. Analyse des défaillances

#### III.1 Définitions relatives aux défaillances

Défaillance : « cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise ». Après une défaillance, le bien est en panne.

Cause de défaillance : « circonstances liées à la conception, à la fabrication, à l'installation, à l'utilisation et à la maintenance qui ont conduit à la défaillance ».

Mécanisme de défaillance : « processus physiques, chimiques ou autres qui conduisent ou ont conduit à une défaillance ».

Mode de défaillance : « effet par lequel une défaillance se manifeste ».

Panne : « état d'un bien inapte à accomplir une fonction requise ».

Dégradation : « évolution irréversible des caractéristiques d'un bien liée au temps ou à la durée d'utilisation ». Une dégradation peut conduire à la défaillance.

## III.2 Classification de défaillances

Suivant:

- leur cause (Les causes intrinsèques et extrinsèques) ;
- leur degré : défaillances partielles ou complètes, permanentes, fugitives ou intermittentes;
- leur vitesse d'apparition : défaillances soudaines ou progressives

**Défaillances de causes intrinsèques:** signifie qu'elles sont générées par le système lui-même, en condition normale de fonctionnement.

- défaillance due a une conception inadéquat du bien.
- défaillance due a une fabrication du bien non conforme a sa conception.
- défaillance due a une installation incorrectement réalisée.

**Défaillances de causes extrinsèques:** liée à l'environnement.

- défaillance de mauvais emploi, due a l'application de contraintes qui excèdent les capacités spécifiées du bien.
- défaillance par fausse manoeuvre, due a une manipulation incorrecte du bien ou un manque de précaution
- défaillance due a la maintenance, résultant d'une action inadaptée ou exécutée de façon incorrecte
- défaillance secondaire , conséquence d'une autre défaillance en amont.

## III.3 Analyse des défaillances

### A. quantitative

En exploitant l'historique de l'équipement

### B. qualitative

En exploitant les données qualitatives du diagnostic et de l'expertise des défaillances

### C. prévisionnelle

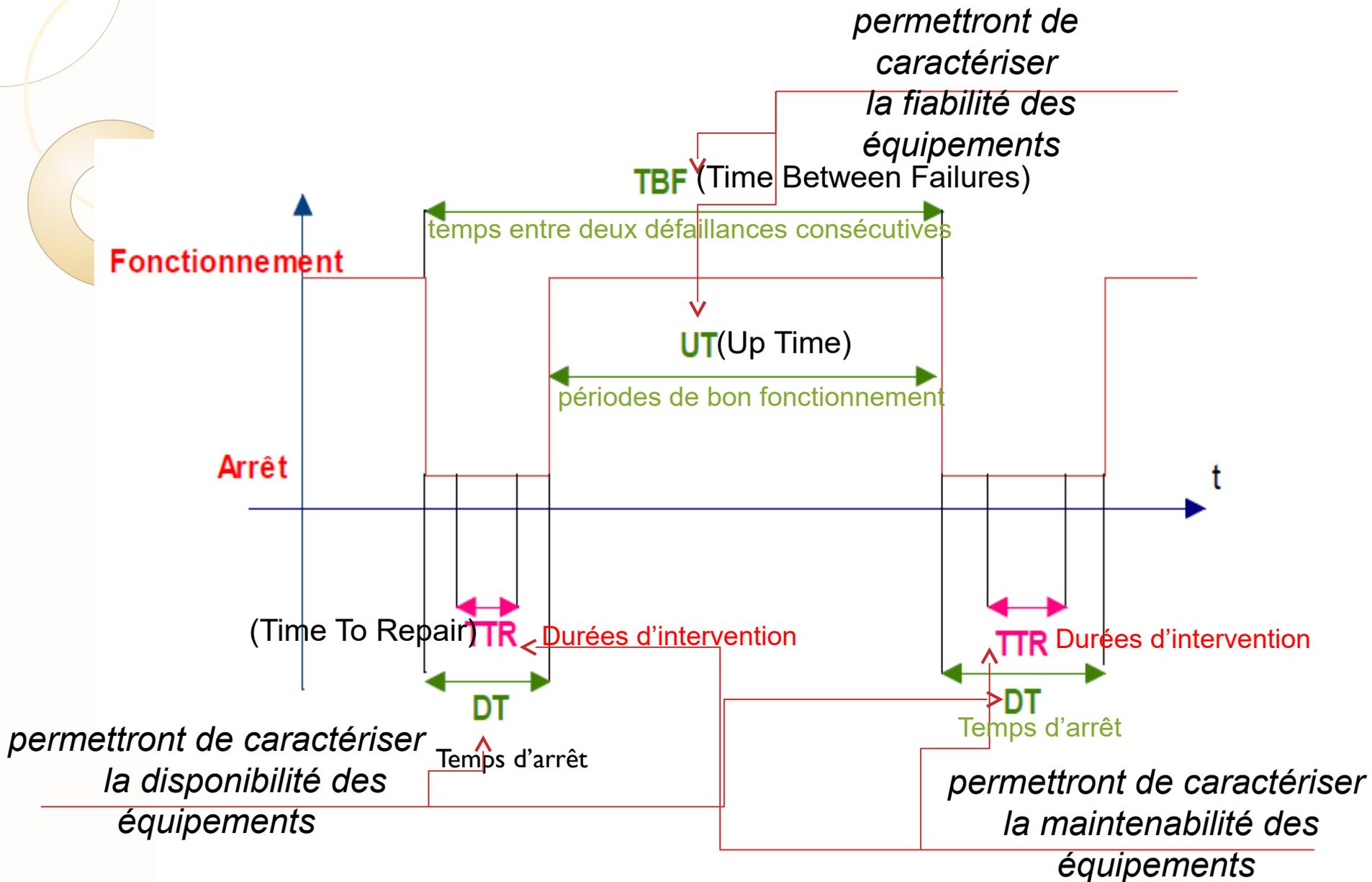
En phase de conception ou a posteriori.

## A. Analyse quantitative des défaillances

Le problème major pour l'homme de maintenance est de savoir quelles défaillances traiter en priorité, l'exploitation de l'historique va permettre d'effectuer ce choix.

Analyser quantitativement les résultats des diagnostics constitue ainsi un axe de progrès. Les données chiffrées à saisir doivent être les suivantes :

- Dates des interventions correctives (jours, heures) et nombre N de défaillances ; ces éléments permettront de calculer les périodes de bon fonctionnement (UT = Up Time), les intervalles de temps entre deux défaillances consécutives (TBF = Time Between Failures) et leur moyenne (MTBF) ; ces données permettront de caractériser la fiabilité des équipements ;
- Temps d'arrêt de production (DT = Down Time) consécutifs à des défaillances, y compris ceux des « micro-défaillances » ; tous les événements sont systématiquement consignés, même les plus anodins ; il est toujours plus simple de se rappeler d'une grosse panne que d'une micro-défaillance répétitive qui engendrera à terme une défaillance grave ; l'expérience montre que son oubli fausse complètement une étude de fiabilité ultérieure. Il est prouvé aussi que les micro-défaillances, qui appartiennent à la routine, donc qu'on oublie facilement, sont génératrices de perte de disponibilité, donc de productivité moindre et bien sûr de non qualité ; ces données permettront donc de caractériser la disponibilité des équipements ;
- Durées d'intervention maintenance (TTR = Time To Repair) et leur moyenne (MTTR); ces données permettront de caractériser la maintenabilité des équipements.

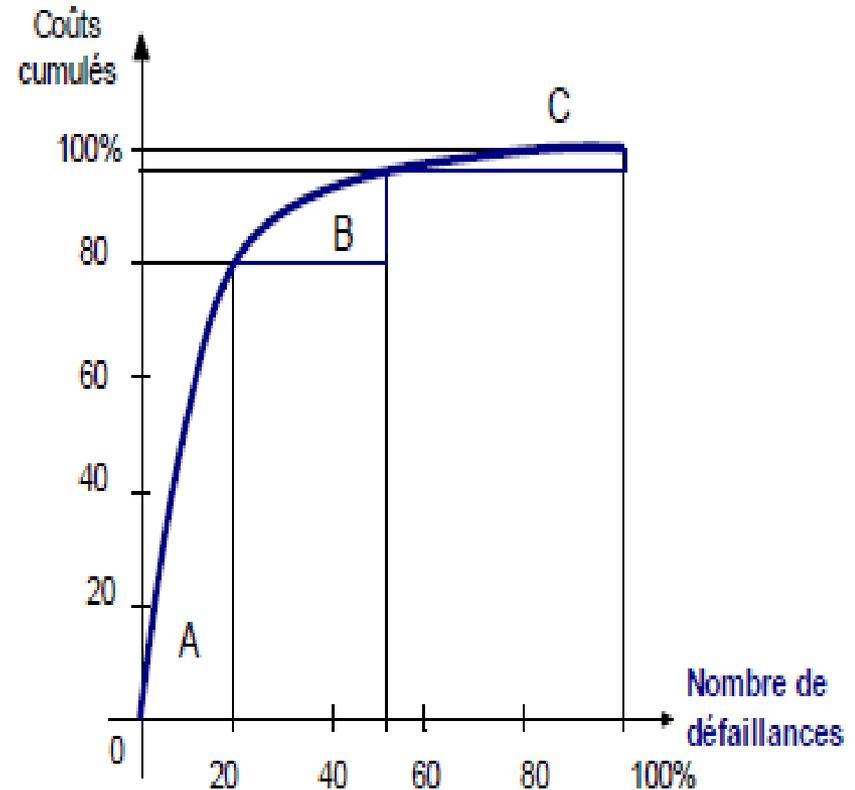


## Méthode ABC (Diagramme Pareto) :

M. Pareto était un économiste italien réputé et connu pour le principe qu'il remarqua et qui est connu sous le nom de loi de Pareto.

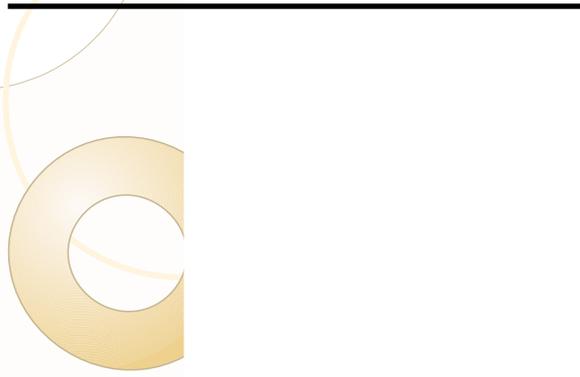
Cette loi stipule que, en général, 80% des coûts sont générés par 20% des ressources. M. Pareto remarque ce principe alors qu'il observe la distribution des richesses dans le monde. Plus de 80% des richesses mondiales étaient possédées par moins de 20% de la population. Ce principe s'applique toujours de nos jours. La méthode d'analyse connue sous le nom de « Méthode ABC » découle de ce principe.

L'analyse ABC permet d'effectuer un classement des coûts par rapport au type de panne.



**Priorités d'intervention.**

## Zone A (zone de priorité)



## Zone B



## Zone C



- 20% des pannes occasionnent 80% des coûts.
  - On organise pour ces machines une maintenance préventive systématique ou conditionnelle avec une surveillance permanente des points clefs.
  - On améliore la fiabilité de ces machines
  - On prévoit des stocks de pièces de rechange.
- 
- 30% de pannes suivantes coûtent 15% supplémentaires
  - On sera moins exigeant sur les méthodes de prévention.
- 
- 50% de pannes restantes ne reviennent qu' à 5% des coûts.
  - Ces machines n'exigent pas (ou peu) de maintenance préventive.

Conclusion : il est évident que la préparation des travaux de maintenance doit porter sur les pannes de la zone A.

## Application :

Une machine comporte 10 sous-ensembles dont on a relevé l'historique des pannes. On désire augmenter sa productivité en diminuant les pannes sérieuses. Pour cela on demande au service de maintenance de définir des priorités sur les améliorations à apporter à cette machine. L'historique de la machine fournit le tableau suivant.

Sous-ensembles	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Nombre d'heures d'arrêt	26,5	11	1	57	56,5	1	17	1,5	9,5	1
Nombre de pannes	4	15	4	4	3	8	12	2	3	2

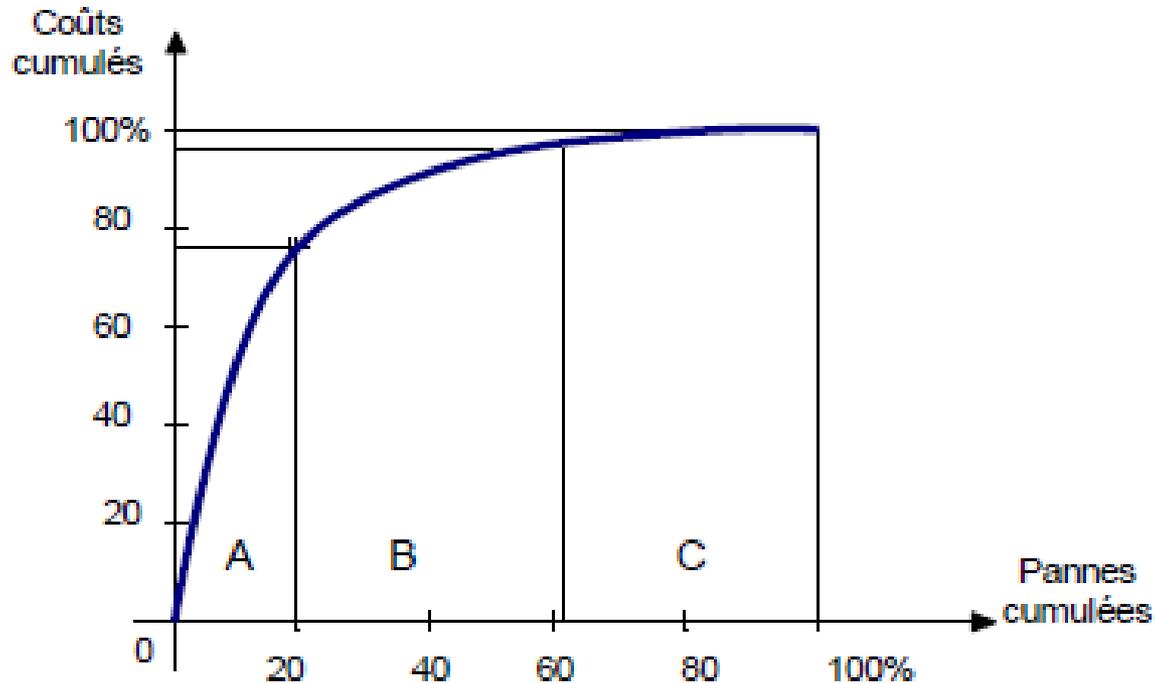
## Méthodologie

- Classer les pannes par ordre décroissant de coût ( ou d'heures d'arrêt)
- Établir un graphique faisant correspondre le % de coûts cumulés au % du nombre de pannes cumulé par machine.

Du tableau précédent, on tire le tableau des coûts et des pannes cumulées.

Sous-ensembles	Classement en coût (en h)	Cumul des coûts (en h)	% des coûts cumulés	Nombre de pannes	Cumul des pannes	% des pannes cumulées
D	57	57	31,3	4	4	7
E	56,5	113,5	62,4	3	7	12,3
A	26,5	140	76,9	4	11	19,3
G	17	157	87,2	12	23	40,3
B	11	168	92,3	15	38	66,7
I	9,5	177,5	97,5	3	41	71,9
H	1,5	179	98,3	2	43	75,4
C	1	180	98,9	4	47	82,4
F	1	181	99,4	8	55	96,5
J	1	182	100	2	57	100

A partir du tableau ci-dessus, on construit le diagramme de Pareto. Les cases grises nous donnent les limites des zones A, B et C. Il est donc évident qu'une amélioration de la fiabilité sur les sous-ensembles D, E et A peut procurer jusqu'à 76,9% de gain sur les pannes.





## B. Analyse qualitative des défaillances

### 1. Diagnostic et expertise

Le diagnostic est « l'identification de la cause probable de défaillance à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test ».

### 2. Conduite d'un diagnostic

Elle nécessite un grand nombre d'informations recueillies :

- Après des utilisateurs (détection, manifestation et symptômes).
- Dans les documents constructeurs et/ou dans les documents du service maintenance.

Mais il y a aussi l'expérience du terrain et le savoir-faire.

#### a- Manifestation de la défaillance :

La manifestation (ou effet) de la défaillance se manifeste par son amplitude (partielle ou complète), sa vitesse (elle est progressive ou soudaine), son caractère (elle est permanente, fugitive ou intermittente).

#### b- Les symptômes :

Les symptômes peuvent être observés, sans démontage, par les utilisateurs de l'équipement ou par le maintenancier : VTOAG, mesures, défauts de qualité. Le VTOAG est l'utilisation naturelle des cinq sens de l'individu. Il ne faut jamais les négliger, car ils sont capables de contribuer à l'établissement d'un diagnostic.

\* La vue (V) :

- Détection de fissures, fuites, déconnexions,
- Détection de dégradations mécaniques.

\* Le toucher (T) :

- Sensation de chaleur, de vibration,
- Estimation d'un état de surface.

\* L'odorat (O) :

- Détection de la présence de produits particuliers,
- «Odeur de brûlé», embrayage chaud,...

\* L'auditif (A) :

- Détection de bruits caractéristiques (frottements, sifflements).

\* Le goût (G) :

- Identification d'un produit (fuite).

Les symptômes peuvent aussi s'observer après démontage : mesures, observations de rupture, d'état de surface, contrôles non destructifs, etc.

c- Expérience :

Lorsqu'il aborde un problème de défaillance sur un matériel, le maintenancier ne peut pas se permettre de naviguer à vue. Il connaît déjà les probabilités d'apparition de défaillance sur un matériel. Par exemple, sur un SAP (Système Automatisé de Production), on sait que c'est la partie opérative qui occasionnera le plus de pannes (figure 11). Il est donc inutile de commencer son investigation par l'API !

#### d- Savoir-faire :

Le diagnostic est construit comme une enquête policière : le maintenancier part des informations et symptômes, et à partir de son expérience, il formule des hypothèses affectées d'un niveau de probabilité plus ou moins important, teste ces hypothèses afin de se construire une certitude. Il dispose pour cela d'outils de diagnostic. Les plus utilisés sont :

- Le diagramme Causes – Effets,
- L'arbre des causes,
- L'organigramme de diagnostic et/ou la fiche de diagnostic

## C. Analyse prévisionnelle des défaillances : (AMDEC)

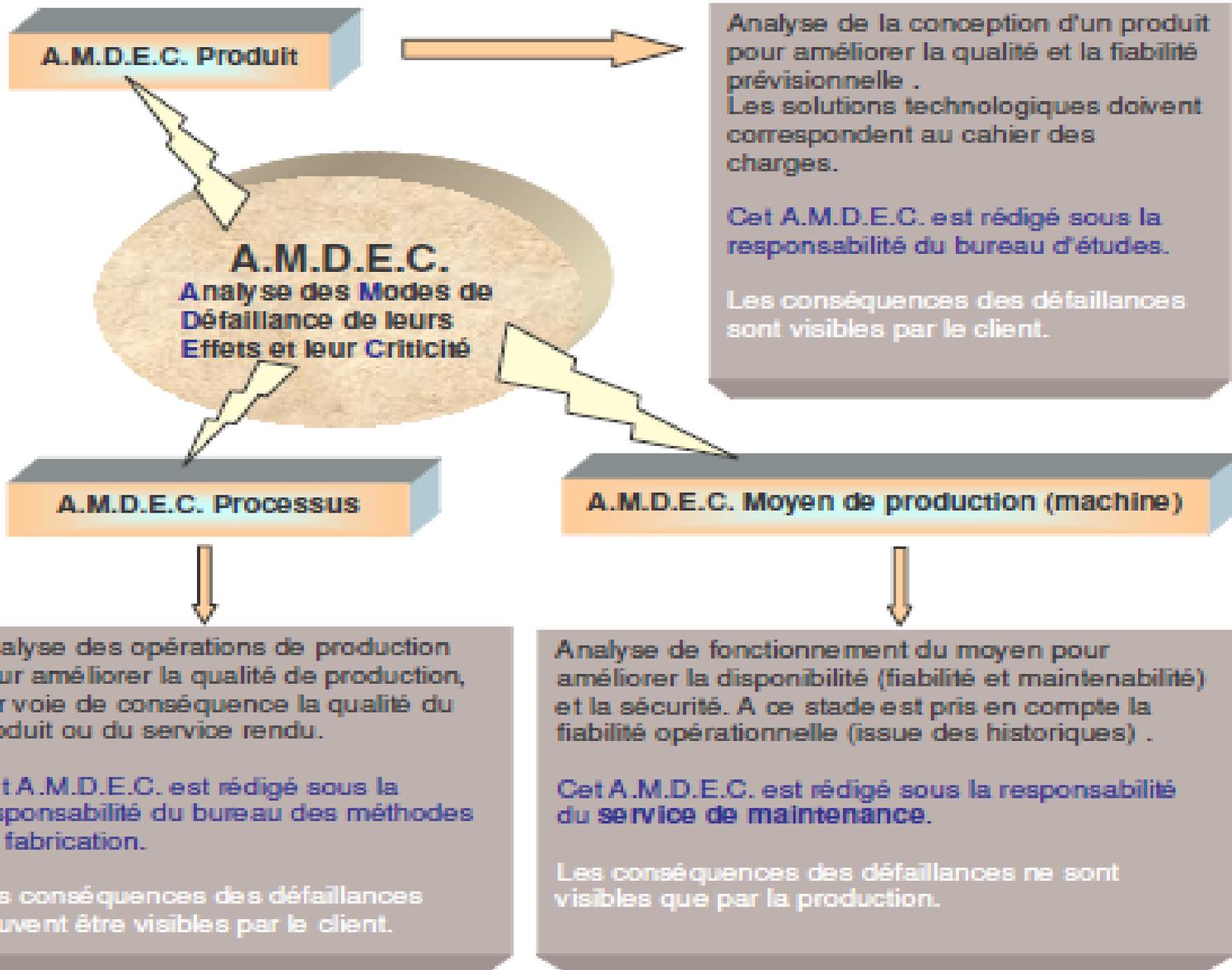
### Définition :

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse préventive de la sûreté de fonctionnement des produits et des équipements. Ce principe de la prévention repose sur le recensement systématique et l'évaluation des risques potentiels d'erreurs susceptibles de se produire à toutes les phases de réalisation d'un produit. C'est une méthode précieuse qui permet à l'entreprise de valider, tout

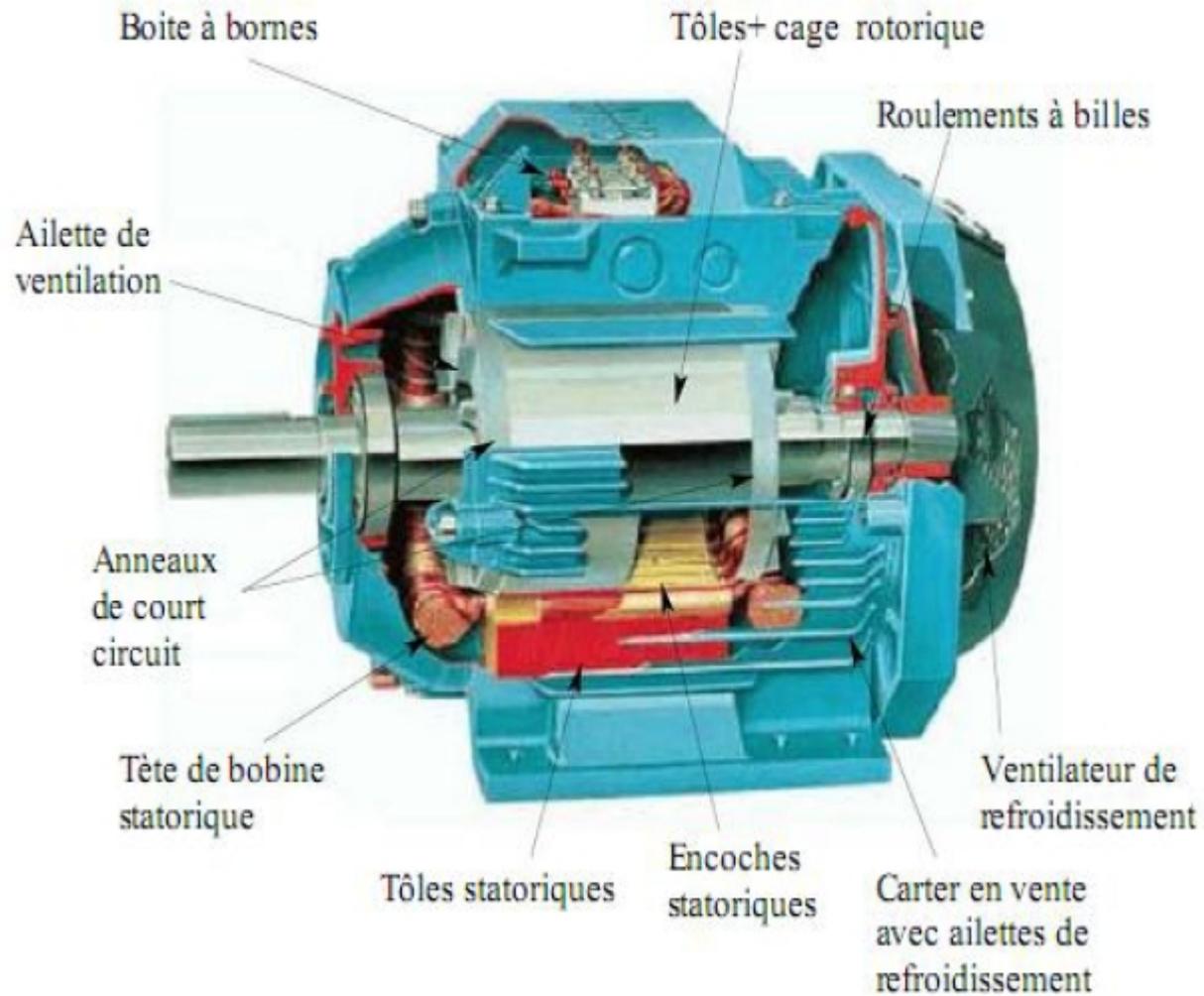
au long de la construction du produit, sa qualité et sa fiabilité :

- Elle identifie les modes de défaillance des composants, en évalue les effets sur l'ensemble des fonctions et en analyse les causes.
- Elle évalue l'impact, ou criticité, de ces modes de défaillances sur la sûreté de fonctionnement.
- En phase de conception, elle est associée à l'Analyse Fonctionnelle, pour la recherche des modes de défaillances spécifiques à chaque fonction ou contrainte des composants.
- Dans le cas d'analyse sur des procédures ou chaînes de fabrication, elle permet de localiser les opérations pouvant conduire à élaborer un produit ne respectant pas le cahier des charges, ce qui permettra par la suite de limiter les rebuts.
- Appliquée à un groupe de travail pluridisciplinaire, elle est recommandée pour la résolution de problèmes mineurs dont on veut identifier les causes et les effets ; elle contribue donc à la construction et à l'amélioration de la qualité.

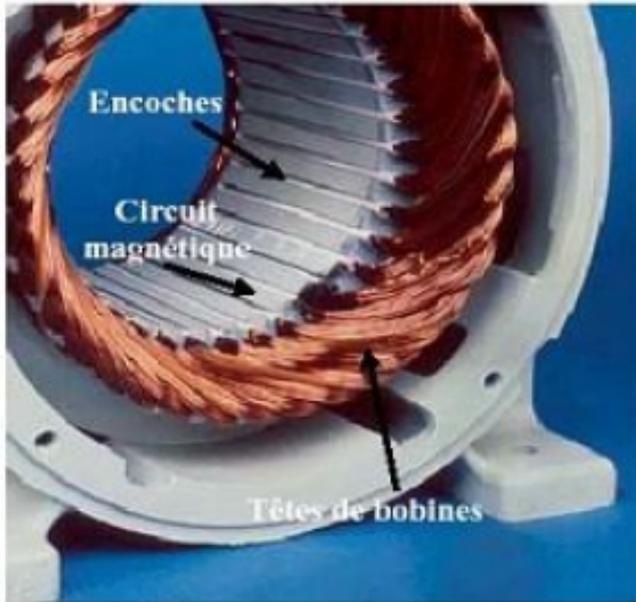
## Il existe plusieurs types d'AMDEC



## Défauts MAS



Eléments de constitution d'une machine asynchrone à cage d'écureuil  
02/07/2018



stator d'une machine asynchrone



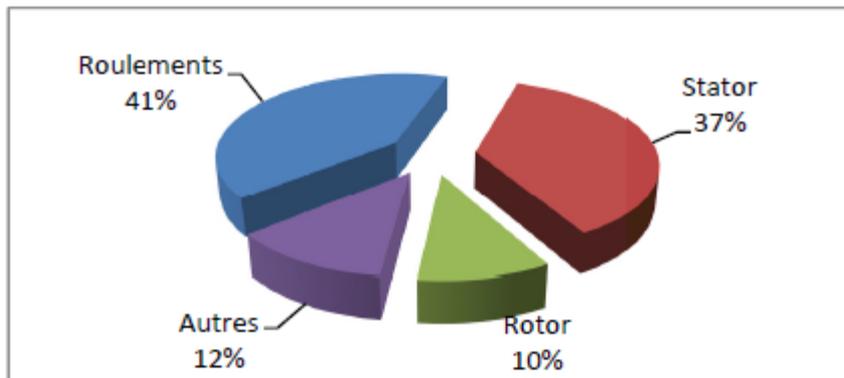
rotor d'une machine asynchrone

## Défauts des machines électriques selon leurs origines

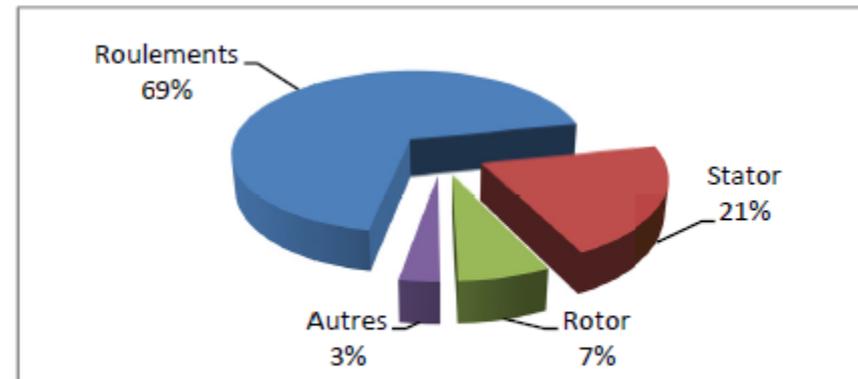
Défaillances des machines électriques	Interne	Mécanique	Contact entre le stator et rotor
			Défaut de roulements
			Excentricité
		Électrique	Mouvement des enroulements et des tôles
			Défaillance au niveau de l'isolation
			Rupture de barre
	Externe	Mécanique	Défaillance au niveau du circuit magnétique
			Charge oscillante
			Surcharge de la machine
		Environnementale	Défaut de montage
			Humidité
			Température
		Électrique	Propreté
			Fluctuation de la tension
			Sources de tensions déséquilibrées
		Réseau bruité	

Des multiples études statistiques sur des machines ont été effectuées depuis les années 80 jusqu'à présent. Toutes ces statistiques mentionnées dans [1, 2, 11-14] concernent les machines asynchrones de moyenne et grande puissance exploitées dans l'industrie.

Les études effectuées sur des machines asynchrones de grande puissance (de 100 kW à 1 MW) dans les années 90 par Thorsen [13, 15] mentionnées après par Thomson [14] ont montré que sur cette gamme de puissance certaines pannes sont plus fréquentes que d'autres et les pannes le plus fréquentes sont du type mécanique (voir Figure I.1(a)). La majorité d'entre elles se situent sur les roulements (41 %) et le stator (37 %). Les moins fréquentes sont les pannes au rotor (10 %) et les autres types constituent 12 %.



(a) Thomson 1999 [14]



(b) Bonnett 2008 [12]

Évolution du pourcentage des défauts pendant une décennie

02/07/2018

## Défauts statoriques :

- court-circuit entre spires : surtension, surcharge, température excessive, vibration, humidité ;
- court-circuit entre phases : haute température, alimentation déséquilibré, défaut d'installation ;
- défaut d'isolation : démarrage fréquent, décharge partielle, condition, température et humidité extrême ;
- défaut entre le stator et carcasse : cycle thermique, désagrégation de l'isolant, présence des points anguleux dans les encoches, choc ;
- déplacement des conducteurs : démarrage fréquent, vibration de tête de bobines;
- défaillance des connecteurs : vibration excessive ;
- vibration de la carcasse : mauvaise installation, déséquilibre magnétique, déséquilibre d'alimentation, surcharge, mouvement des enroulements, contact avec le rotor.



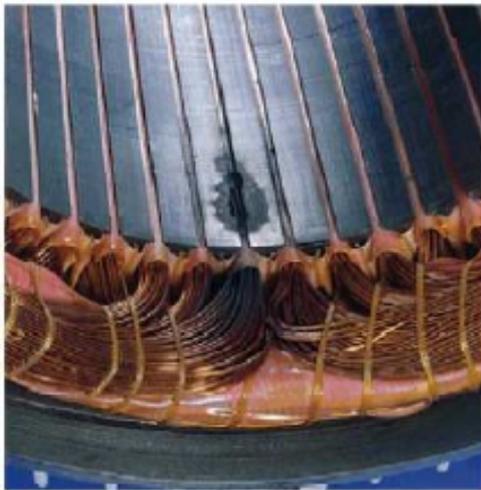
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

détérioration typiques d'isolation menant a des courts-circuits dans les enroulements statorique de la machine asynchrone. (a) court-circuit entre spires des spires de la même phase. (b) Enroulement court-circuité. (c) Court-circuit entre l'enroulement et le noyau statorique à l'extrémité de l'encoche statorique. (d) (e) Court-circuit entre l'enroulement et le noyau statorique au centre de l'encoche statorique. (f) court-circuit entre phases.

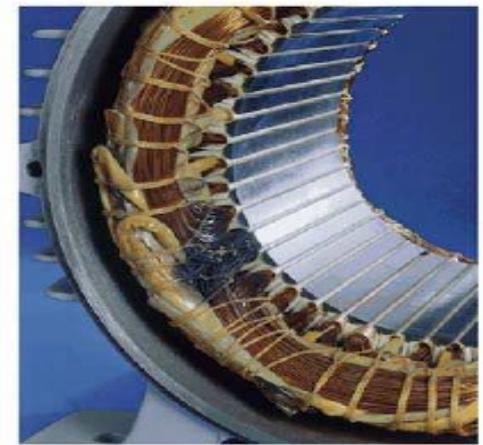
02/07/2018



(a)



(b)



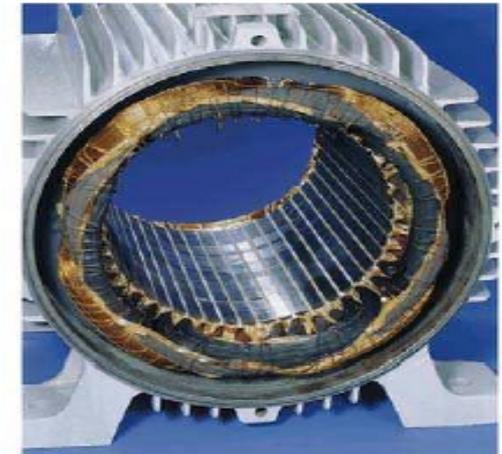
(c)



(d)



(e)



(f)

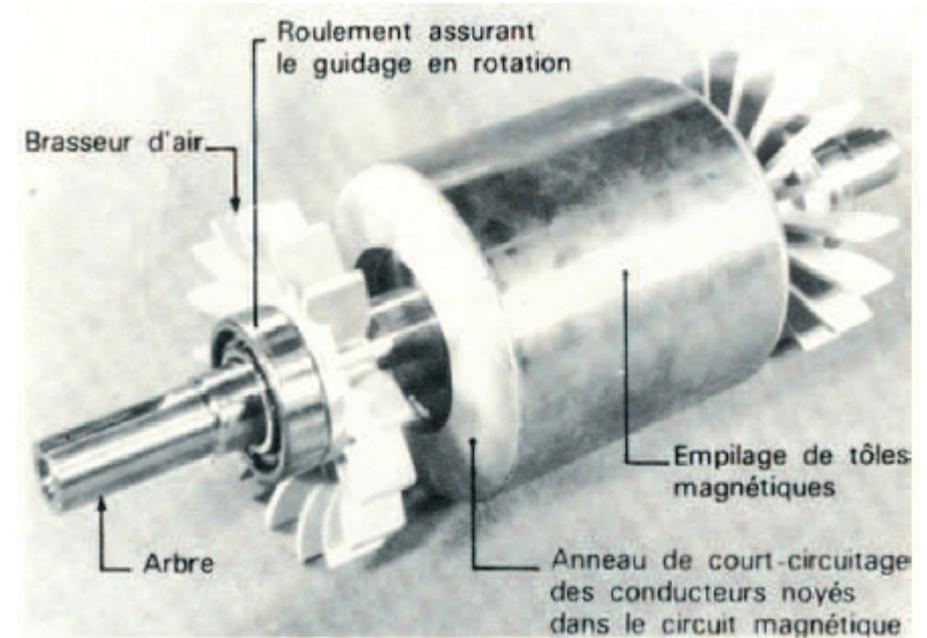
court-circuit entre spires dans l'enroulement statorique du moteur asynchrone. (a) courts-circuits dans une phase due à la surcharge du moteur (b) court-circuit dans une phase due au rotor bloqué. (c) court-circuit entre spires dû aux coupures de tension. (d) Courts-circuits dans une phase due à une perte de phase dans un moteur connectée en étoile. (e) Courts-circuits dans une phase due à une perte de phase dans un moteur connecté en triangle. (f) Courts-circuits dans une phase due à un déséquilibre d'alimentation.

02/07/2018

## Défauts rotoriques :

DEFAUTS DE ROULEMENTS

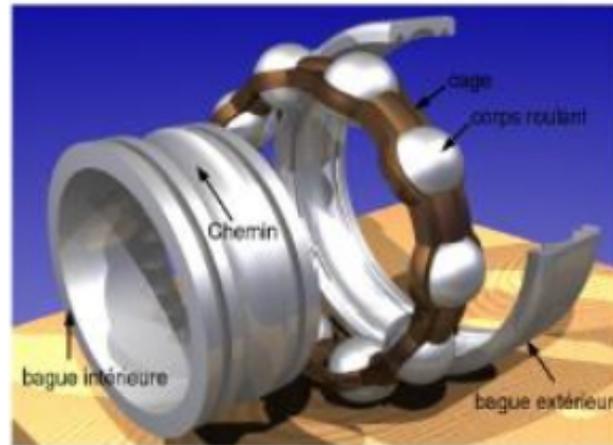
DEFAUTS D' EXCENTRICITE



DEFAUTS DE RUPTURE DE BARRES ET D'ANNEAU DE COURT CIRCUIT

## DEFAUTS DE ROULEMENTS

Les défauts de roulement représentent la majorité des défauts survenant dans les machines électriques .



Représentation d'un roulement a billes

Ces défauts peuvent avoir des origines diverses

- Contraintes mécaniques dues à une surcharge
- mauvais assemblage,
- corrosion
- circulation des courants de fuite et la contamination du lubrifiant

## Effets des défauts de roulements

- augmentation du niveau sonore
- l'apparition de vibrations par les déplacements du rotor autour de l'axe longitudinal de la machine: induit également des oscillations dans le couple .
- Le point ultime de roulements défectueux est le blocage du rotor.



bague cassée



billes écorchées

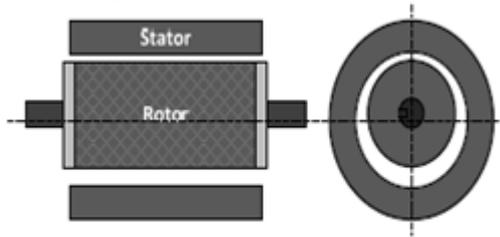
Vue des roulements sains et défectueux

02/07/2018

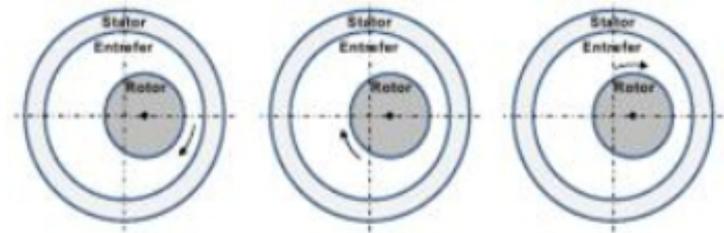
## DEFAUTS D' EXCENTRICITE

L'excentricité peut être une conséquence des défauts mécaniques, elle se manifeste généralement par un décentrement du rotor par rapport au stator entraînant une variation de l'entrefer. Elle peut apparaître lors de sa fabrication. Généralement, trois catégories d'excentricité sont distinguées.

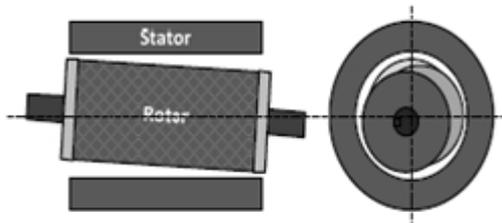
- L'excentricité statique correspondant au cas où l'axe de rotation du rotor reste fixe mais ne coïncide pas avec l'axe de symétrie du stator. La cause principale est un défaut de centrage des flasques.



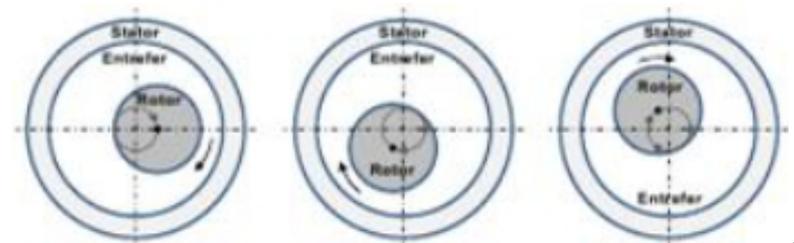
(a) statique



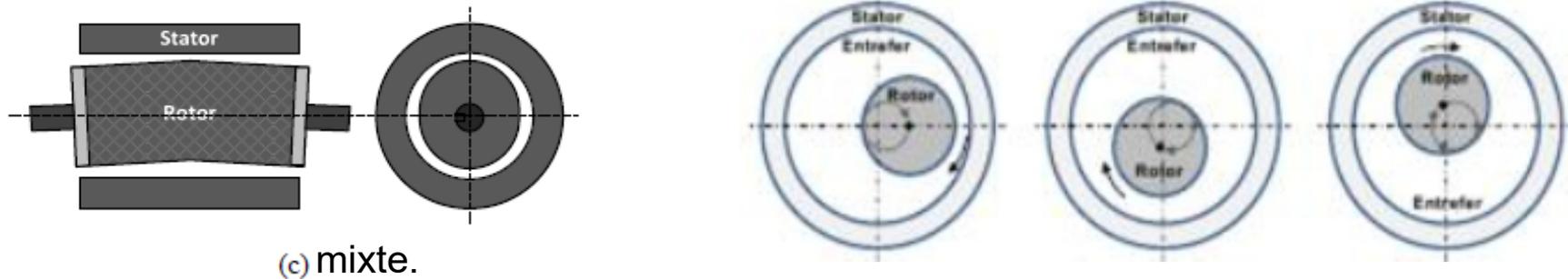
- L'excentricité dynamique correspondant au cas où l'axe de rotation du rotor n'est pas fixe mais tourne autour de l'axe de symétrie du stator. Ce type d'excentricité est causé par une déformation du cylindre rotorique, une déformation du cylindre statorique ou la détérioration des roulements à billes



(b) dynamique 02/07/2018



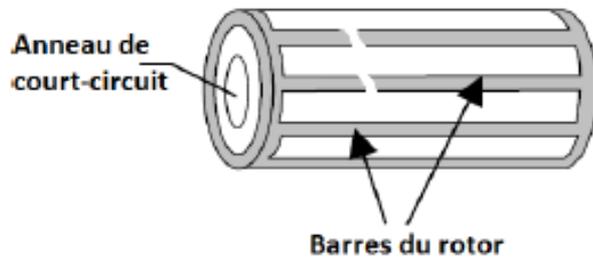
- L'excentricité mixte qui est la somme des deux premiers cas. En pratique ce dernier type de défaut est le plus fréquent,



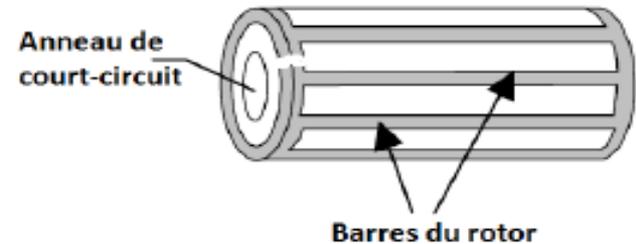
Les défauts d'excentricité modifient le comportement magnétique et mécanique de la machine. En effet, l'augmentation de l'excentricité induit, d'une part l'augmentation des forces électromagnétiques qui agissent sur le stator. D'une autre part, augmente le risque de frottement entre le stator et le rotor

## DEFAUTS DE RUPTURE DE BARRES ET D'ANNEAU DE COURT CIRCUIT

Pour une machine asynchrone avec un rotor à cage d'écureuil, les défauts se résument à la rupture de barres ou à la rupture d'anneaux de court-circuit.



rupture de barres



rupture d'anneau de court-circuit.

- Les ruptures de barres peuvent être dues à plusieurs origines qui sont souvent indépendantes les unes des autres, telle qu'une mauvaise utilisation de la machine par exemple une surcharge mécanique (démarrages fréquents, ... etc.), un échauffement local excessif ou encore un défaut de fabrication (bulles d'air ou mauvaises soudures).

Ces défauts engendrent des oscillations sur le couple électromagnétique pour les machines à grande inertie. Si l'inertie est plus faible, des oscillations apparaissent sur la vitesse mécanique et sur l'amplitude des courants statoriques.

La rupture d'une barre n'induit pas l'arrêt immédiat de la machine, du fait que le courant de la barre cassée se répartit sur les barres adjacentes. Ces barres sont alors surchargées qui peuvent engendrer leurs ruptures et ainsi de suite, jusqu'à l'arrêt de la machine.

- La cassure d'une portion d'anneau est due soit à des bulles de coulées, aux dilatations différentielles entre les barres et les anneaux, un mauvais dimensionnement des anneaux, aux surcharges de la machine.

La démarche la plus souvent utilisée pour le diagnostic des défauts sur les machines électriques repasse sur l'analyse des grandeurs mesurables et les signaux de défaut. Les grandeurs et signaux de défauts les plus fréquemment utilisés sont : les courants statoriques [17, 38-42], la tension d'alimentation [43, 44], le flux de dispersion [4-6, 25, 39, 45-48], le couple électromagnétique [49, 50], la vitesse de rotation [51], la puissance instantanée aussi que les vibrations mécaniques [21, 52, 53].