

II. Diagnostic

II.1 Définition du diagnostic

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

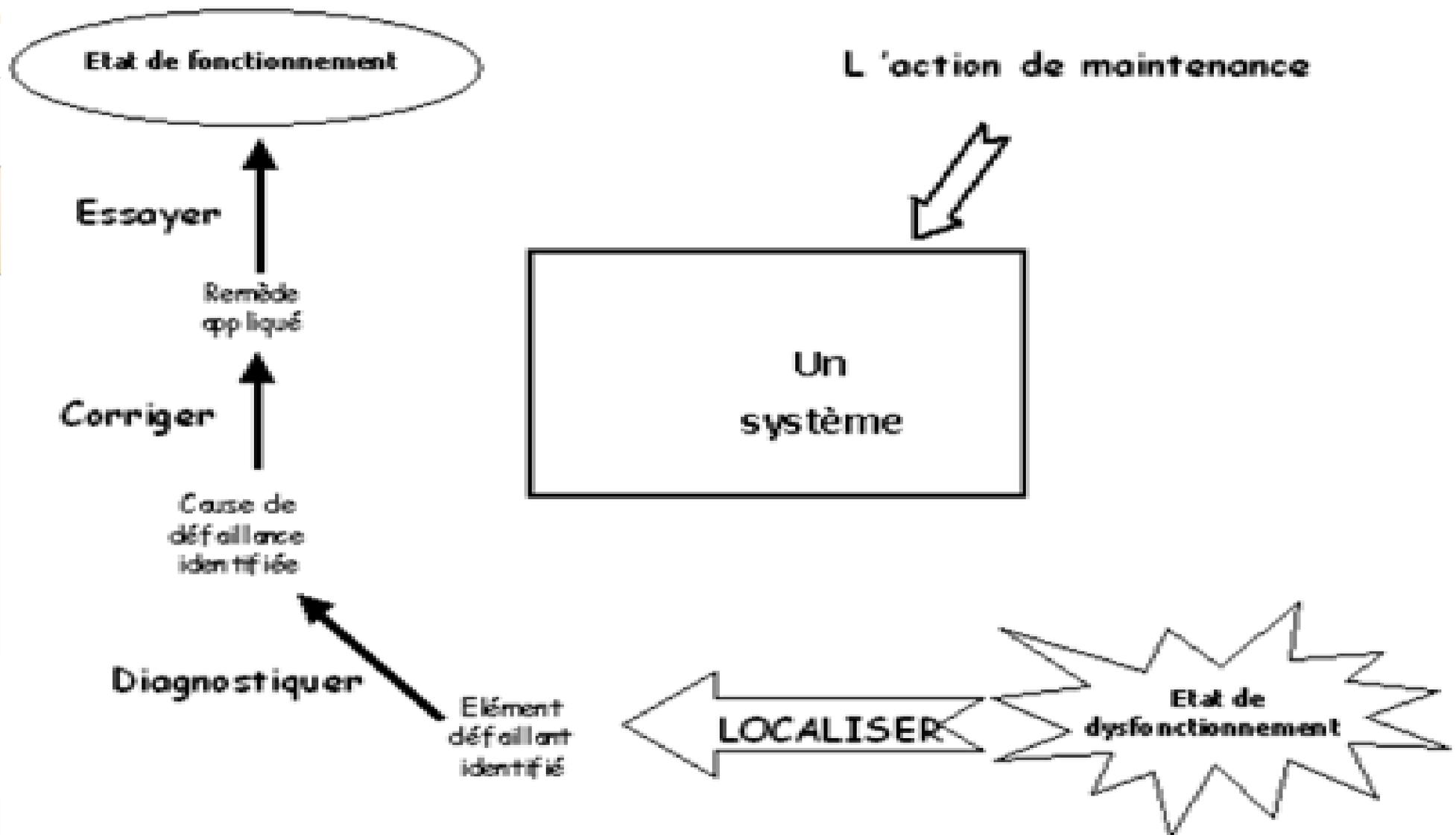
La défaillance désigne tout ce qui est anormal, tout ce qui s'écarte d'une norme de bon fonctionnement (alarme, arrêt intempestif, produit défectueux, etc.). Le défaut qui apparaît s'appelle le symptôme.

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 :

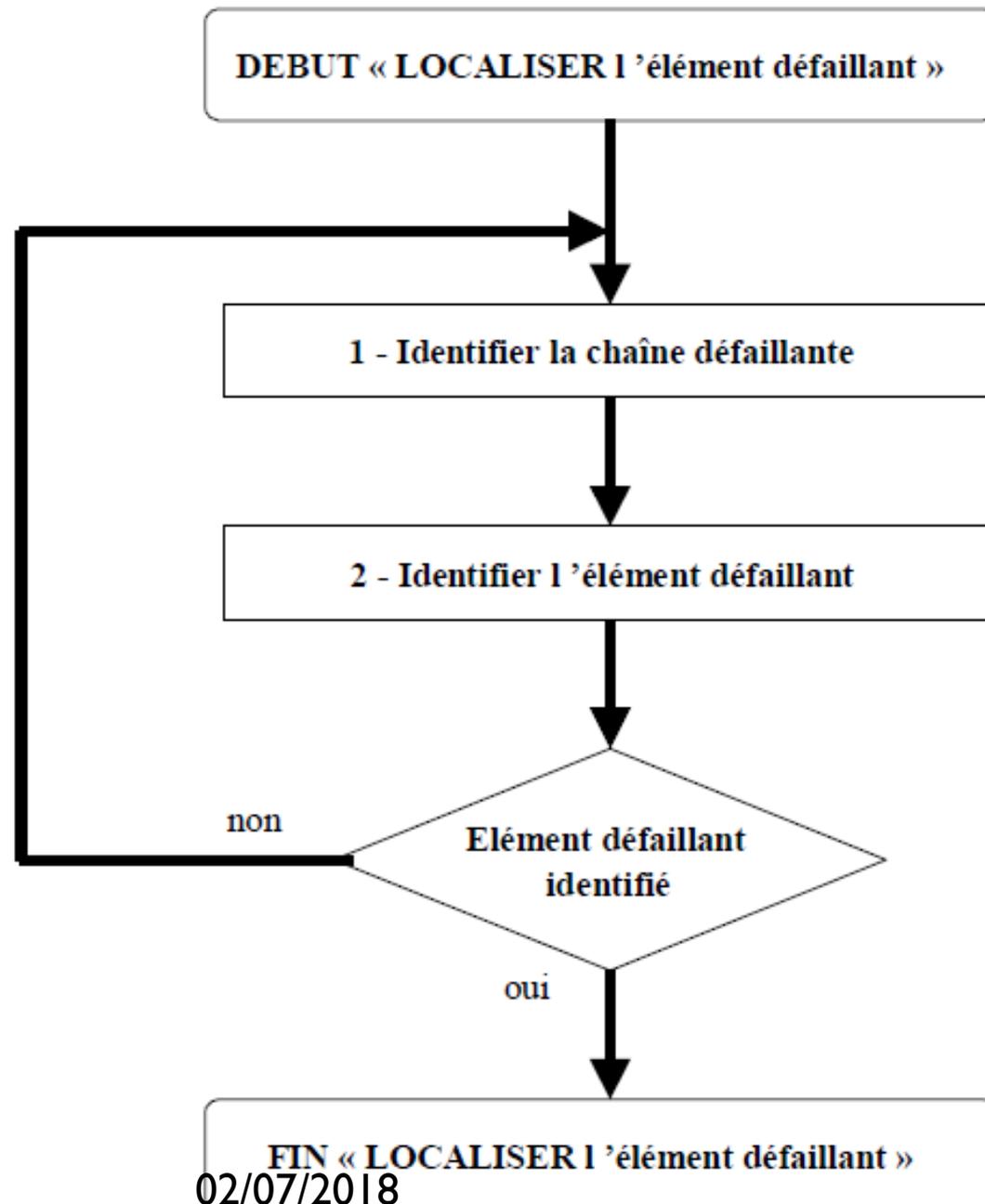
- Un moteur qui s'arrête brutalement ;
- Un bruit sourd et fort (localisation difficile) ;
- Une odeur de frein brûlé.

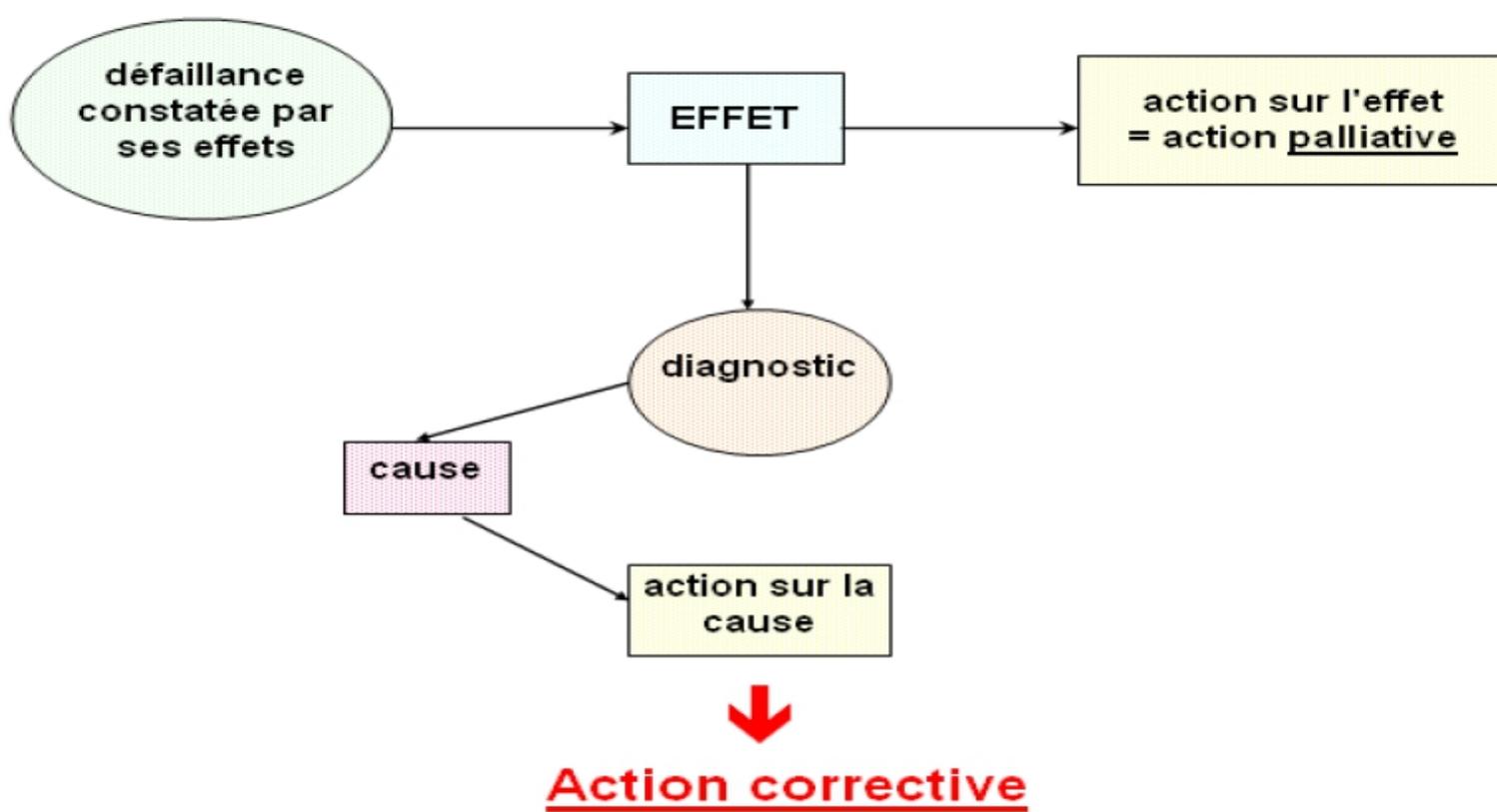
Le diagnostic est une phase importante de la maintenance corrective. De sa pertinence et de sa rapidité dépend l'efficacité de l'intervention entreprise.



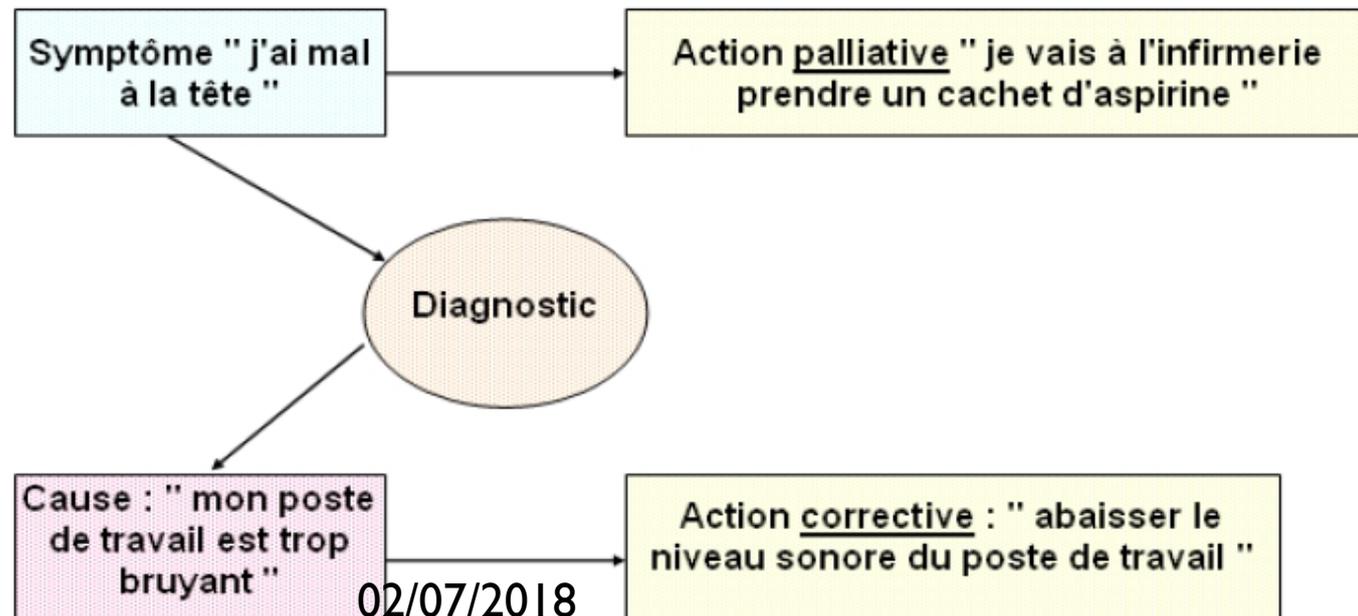
Le diagnostic contient et dépasse la localisation, et lui seul contient une potentialité de progrès par des actions sur les causes. Il permet d'aboutir à des actions correctives qui doivent éviter que la même défaillance se reproduise à nouveau.

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





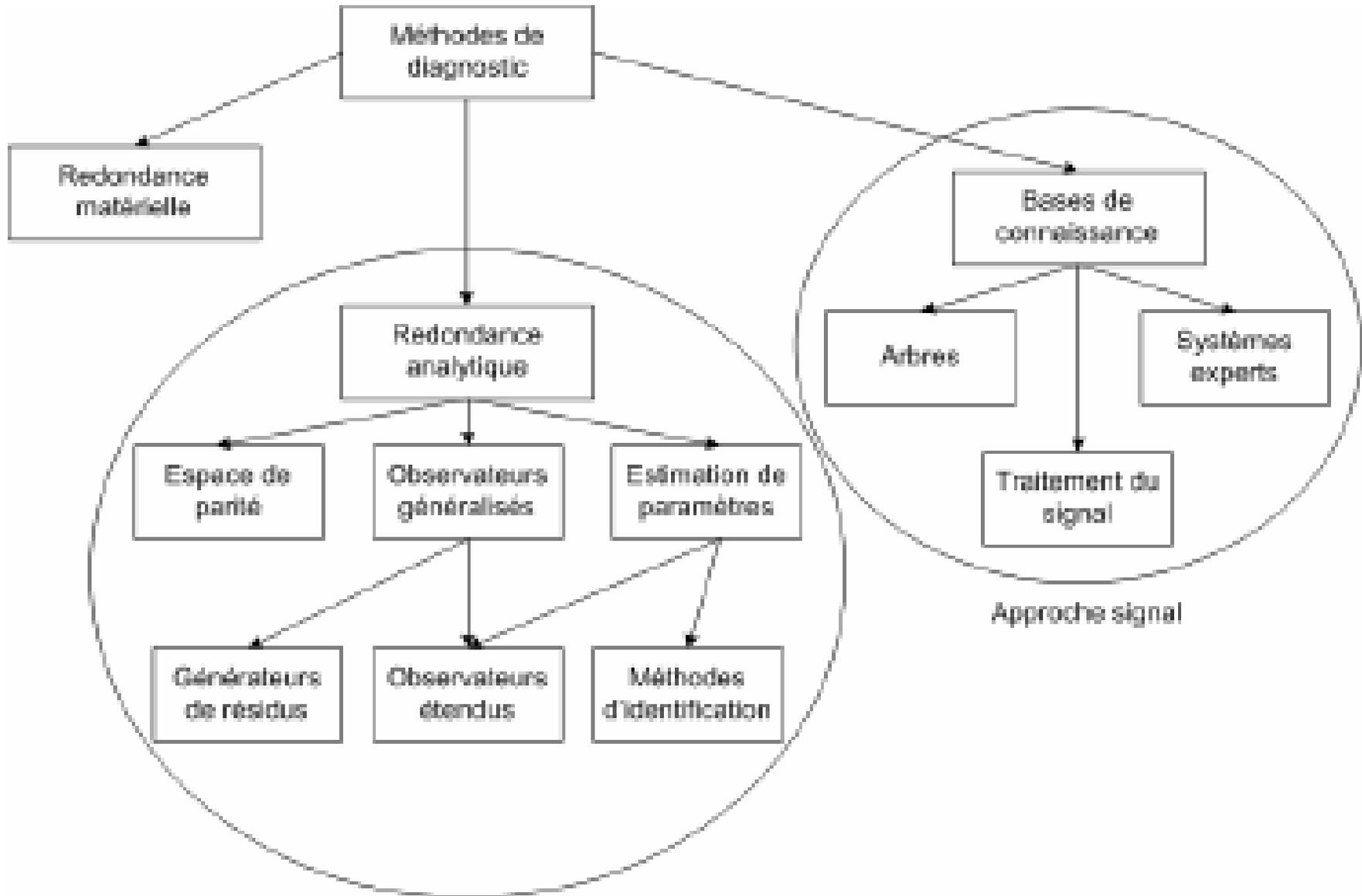
Exemple



02/07/2018

II.2 Méthodes de diagnostic

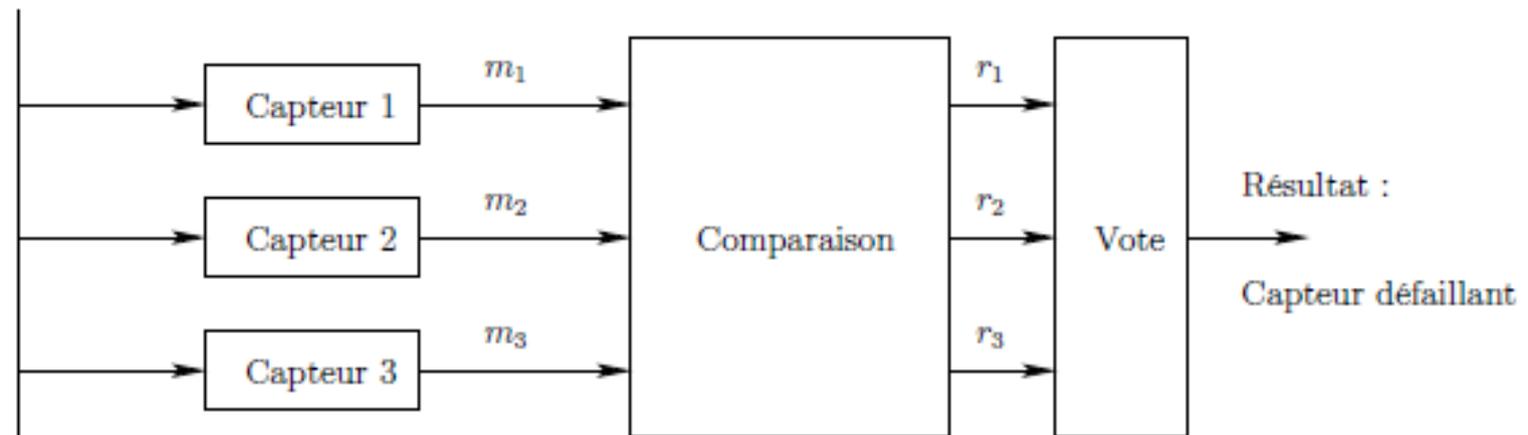
Les méthodes de diagnostic sont nombreuses mais on peut les classer en trois grandes familles



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.

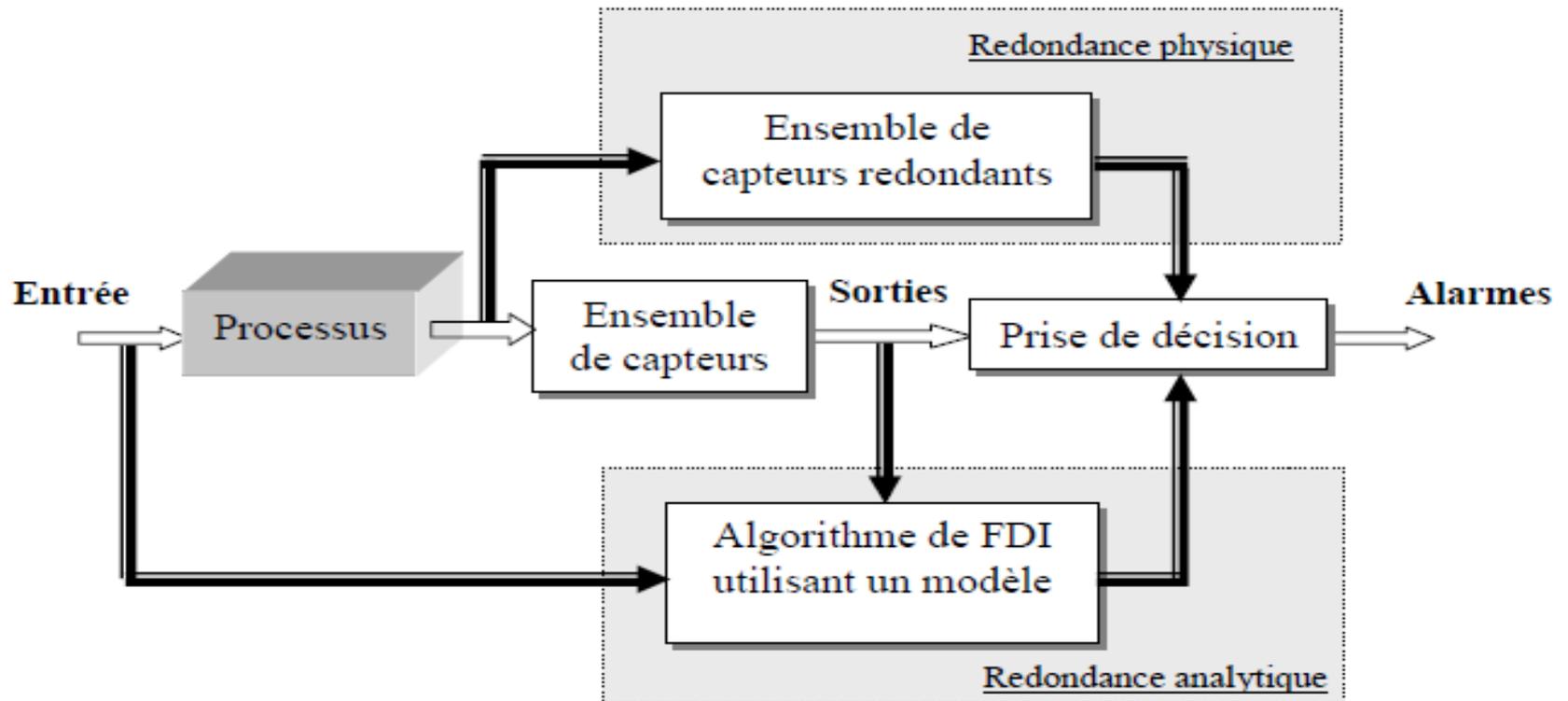
Variable X



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.

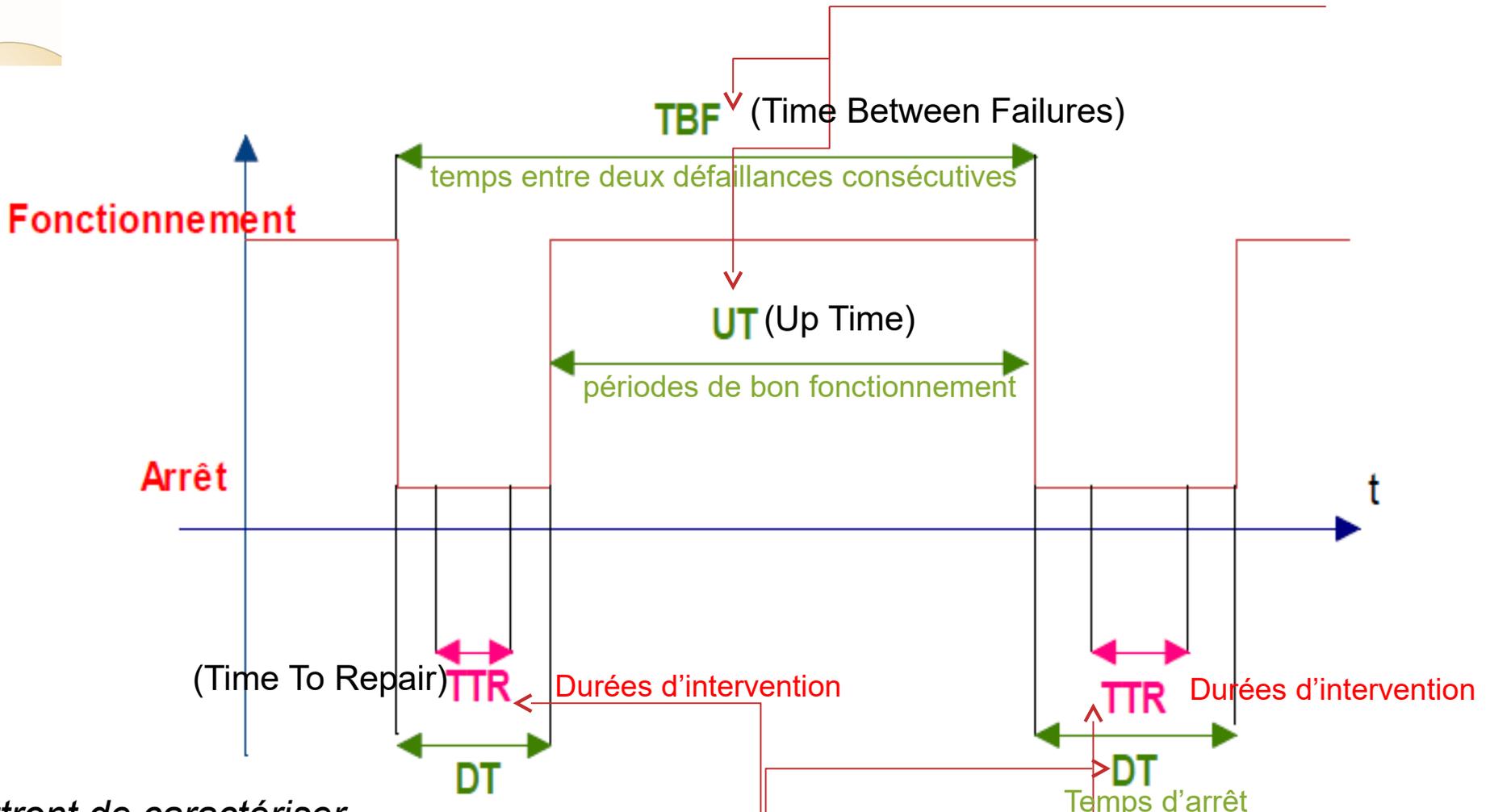
A. Analyse quantitative des défaillances

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.

*permettront de caractériser
la fiabilité des équipements*



*permettront de caractériser
la disponibilité des
équipements*

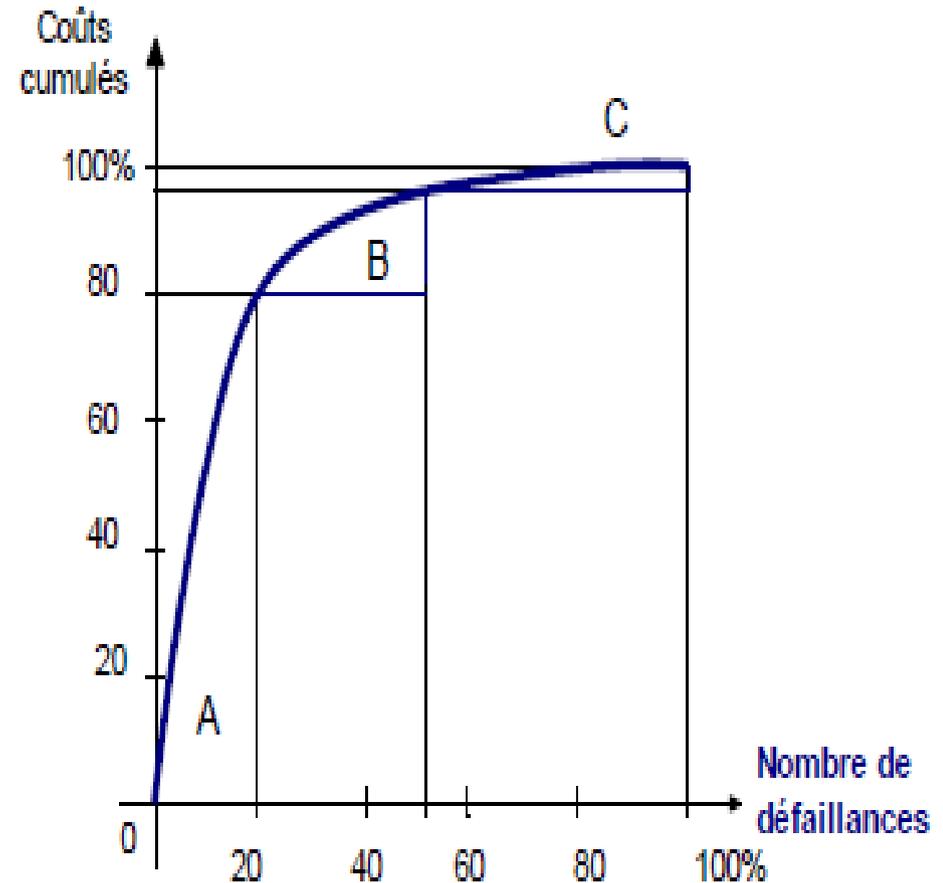
*permettront de caractériser
la maintenabilité des
équipements*

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.

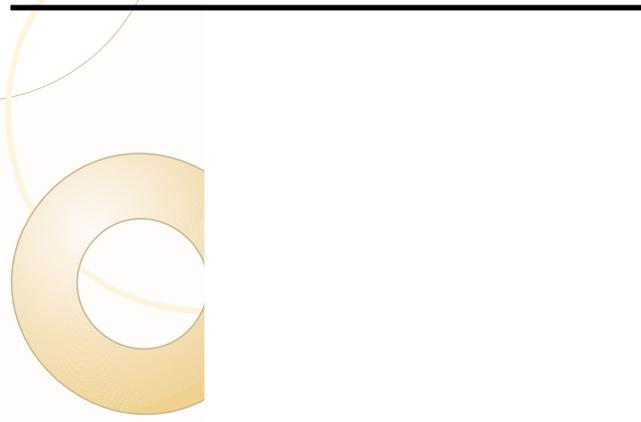


L'analyse ABC permet d'effectuer un classement des coûts par rapport au type de panne.

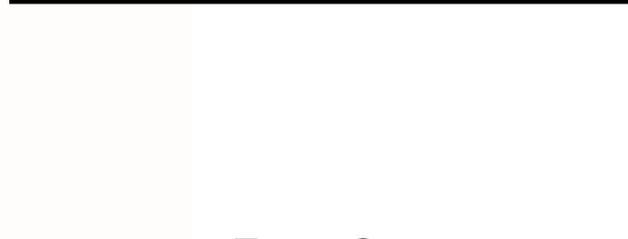


Priorités d'intervention.

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.

02/07/2018

de

15

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

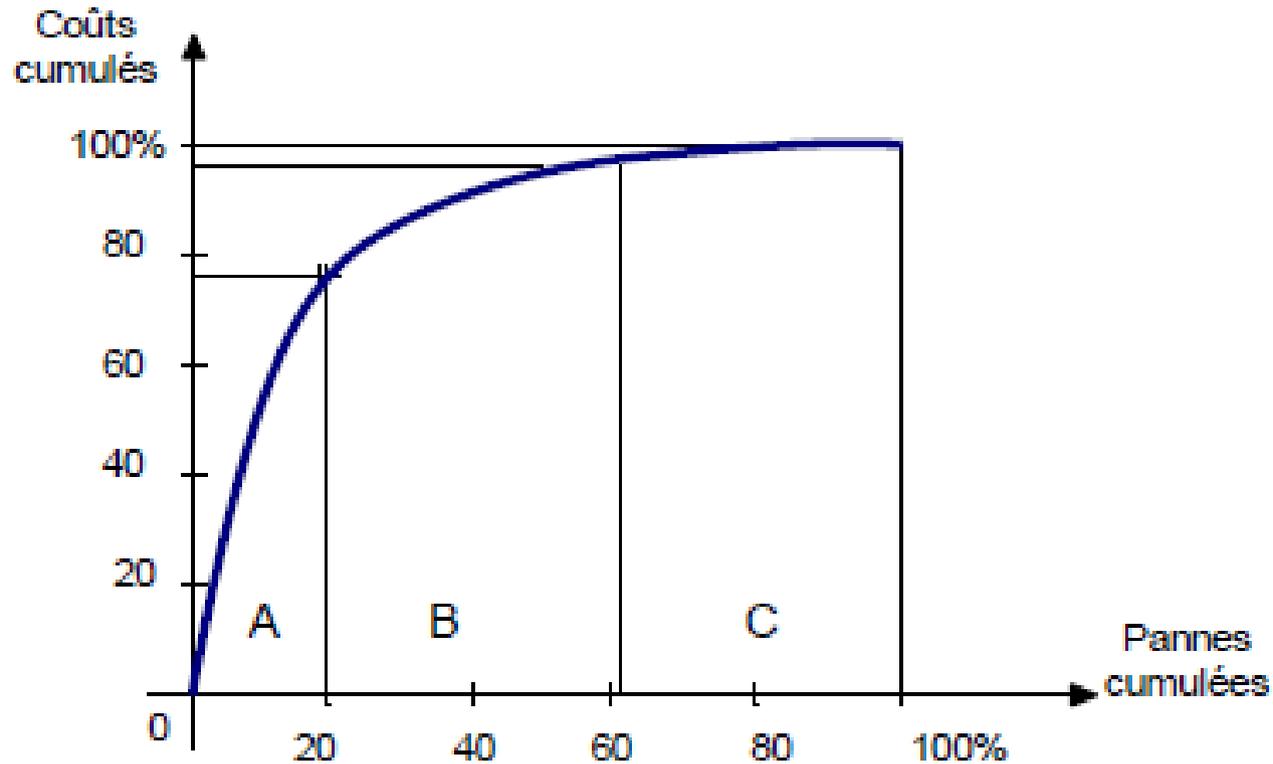
Méthodologie

- 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.



Diagrammes de Pareto en N, Nt et \bar{t} :

Le service maintenance peut exploiter cette méthode en allant beaucoup plus loin :

- On dresse un tableau regroupant les sous-ensembles, le nombre de défaillances N, les temps d'arrêt par sous-ensemble Nt et la moyenne des temps d'arrêt \bar{t} ;
- On élabore les diagrammes en bâtons N, Nt et \bar{t} ; ils permettront de déterminer la priorité de prise en charge des sous-ensembles par le service maintenance,
- Le graphe en N oriente vers l'amélioration de la fiabilité ;
- Le graphe en Nt est un indicateur de disponibilité, car Nt estime la perte de disponibilité de chaque sous-ensemble ;
- Le graphe en \bar{t} oriente vers la maintenabilité, c'est à dire l'amélioration de l'aptitude à la maintenance.

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 :

- Au près 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

