

Module: MECA 301

MODÉLISATION ET DIAGNOSTIC

DES SYSTÈMES MÉCATRONIQUE

Spécialité Mécatronique

**INTRODUCTION**

**INTRODUCTION GÉNÉRALE  
ET  
PHILOSOPHIE DU MODULE**

LABORATOIRE D' AUTOMATIQUE ET PRODUCTIQUE

# SOMMAIRE

I.-. BREF HISTORIQUE: QU'EST CE QUE LA MÉCATRONIQUE?

II.-. LES OBJECTIFS DE LA MÉCATRONIQUE

III.-. LES DOMAINES DE LA MÉCATRONIQUE

IV.-. DÉFINITION DE SYSTÈME

V.-. DÉFINITION DE MODÈLE

VI.-. QU'EST CE QUE LA MODÉLISATION?

VII.-. DIAGNOSTIC: CONCEPTS ET TERMINOLOGIES

VIII.-. MÉTHODES DE DIAGNOSTIC

# I.-. BREF HISTORIQUE: QU'EST CE QUE LA MÉCATRONIQUE



Le mot MÉCATRONIQUE (mechatronics en anglais) a été inventé au Japon en 1969 par les ingénieurs Etsuro Mori et Er. Jiveshwar Sharma de la compagnie Yaskawa.



## Vecteurs clés porteurs de mécatronique et d'innovation



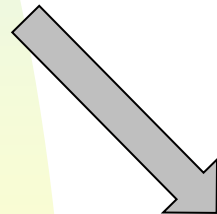
# QU'EST-CE QUE LA MÉCATRONIQUE ? 1/5

**LA MÉCATRONIQUE = LA CONJUGAISON DE DEUX MONDES**

Le monde de la  
mécanique et ses outils



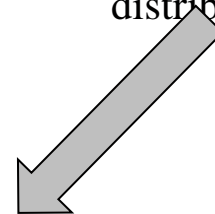
La mécanique devient  
packaging de l'électronique



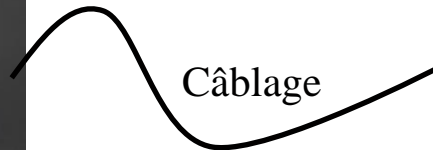
Le monde de l'électronique  
embarqué et ses outils



l'électronique embarqué est  
distribué dans la mécanique.



Câblage



## QU'EST-CE QUE LA MÉCATRONIQUE ? 2/5

La mécatronique est, par définition, un domaine à la croisée de la **MÉCANIQUE**, de **L'ÉLECTRONIQUE** et de **L'INFORMATIQUE** temps réel.

Le but de cette action de synergie est d'améliorer les fonctionnalités d'un produit.

Les dispositifs mécatroniques sont utilisés pour piloter des systèmes et rétroagir pour s'adapter aux conditions variables de fonctionnement.

# QU'EST-CE QUE LA MÉCATRONIQUE ? 3/5

Plus qu'une discipline, la mécatronique est une approche de l'ingénierie qui intègre plusieurs domaines

Typiquement on regroupe sous ce terme : LA **MÉCANIQUE**, **L'ÉLECTRONIQUE**, **L'INFORMATIQUE** et **UNE PARTIE CONTRÔLE**.



## QU'EST-CE QUE LA MÉCATRONIQUE ? 4/5

Technologie transverse par excellence, la mécatronique ne consiste pas uniquement dans le remplacement de certaines fonctions mécaniques par de l'électronique mais *c'est une **nouvelle approche de conception PLURIDISCIPLINAIRE***

*La mécatronique est le fruit de l'intégration intime des technologies primordiales, telles que la **MÉCANIQUE,** **L'ÉLECTRONIQUE** et **L'INFORMATIQUE,** en vue de piloter un ou plusieurs actionneurs, en temps réel.*

# QU'EST-CE QUE LA MÉCATRONIQUE ? 5/5

La norme NF E 01-010 (2008) définit la mécatronique comme une « démarche visant l'intégration en synergie de la mécanique, l'électronique, l'automatique et l'informatique dans la conception et la fabrication d'un produit en vue d'augmenter et/ou d'optimiser sa fonctionnalité »

Le terme *mécatronique* est apparu officiellement en France dans le *Larousse 2005*.

On peut constater que le dénominateur commun de ces définitions est **l'interdisciplinarité.**

***IL FAUT BIEN PRÉCISER QUE  
MÉCATRONIQUE NE VIENT PAS DE LA  
CONTRACTION DE MÉCANIQUE ET  
ÉLECTRONIQUE MAIS DE MÉCANISME ET  
ÉLECTRONIQUE***

INGÉNIEUR EN MÉCATRONIQUE

$\neq$

UN INGÉNIEUR MÉCANICIEN

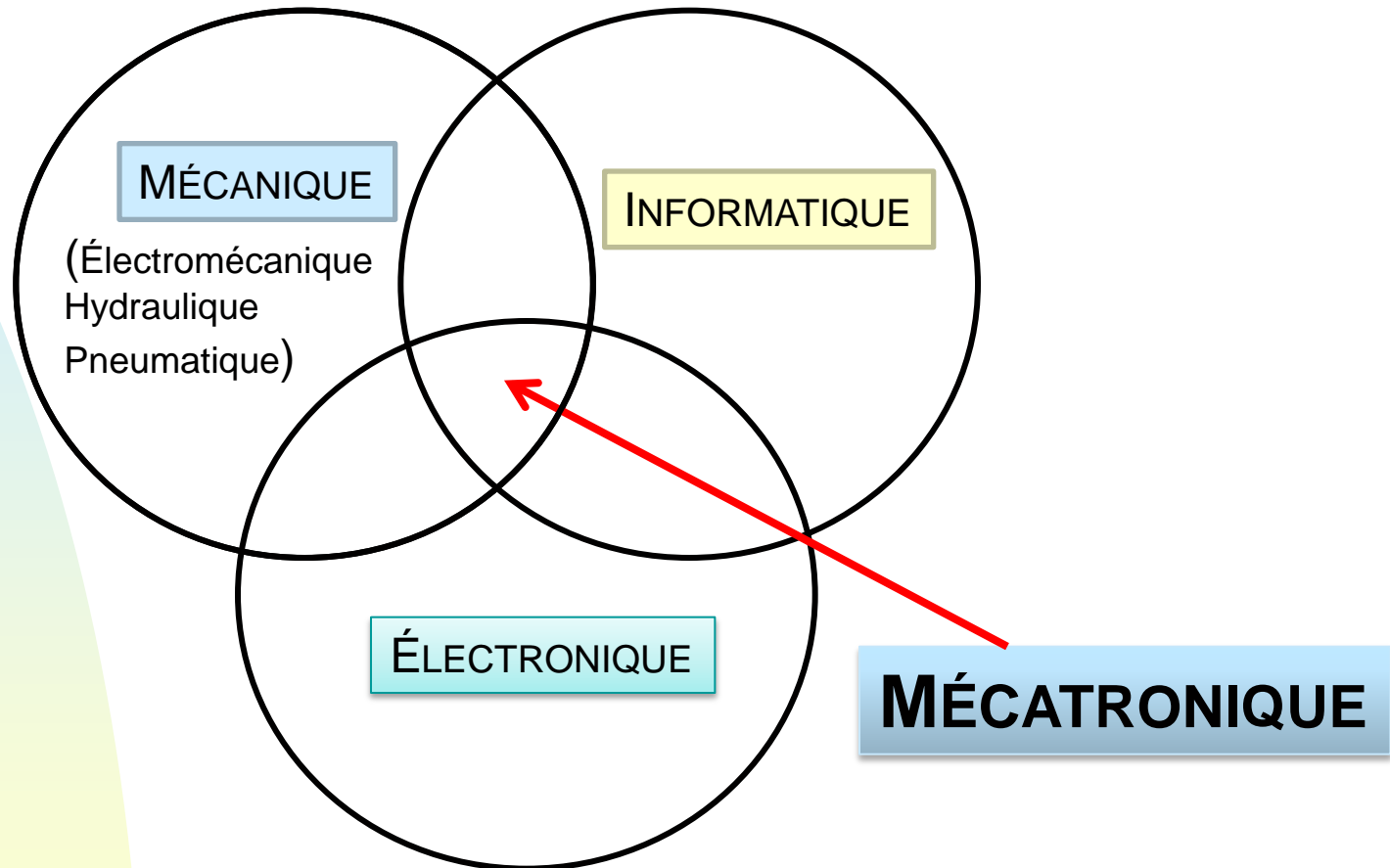
+

ET UN INGÉNIEUR ÉLECTRONICIEN

C'est une erreur fondamentale car le domaine de compétence d'un professionnel de la mécatronique ne représente qu'une partie des compétences de chacun de ces experts. Par exemple,

une personne avec une formation en mécatronique n'est en général pas compétente dans le domaine du transport de l'énergie électrique ou de la mécanique des fluides.

# SYMBOLISATION DE LA MÉCATRONIQUE



## II.-. OBJECTIFS CLÉS DE LA MÉCATRONIQUE

1. *Réduction du coût,*

2. *Réduction de poids,*

3. *Réduction de volume extérieur,*

4. *Réduction de la consommation d'énergie ,*

5. *Réduction des volumes internes non utilisés,*

6. *Réduction du nombre d'interfaces,*

7. *Réduction du nombre de composants,*

8. *Réduction du nombre de systèmes d'interconnexion,*

9. Capacité de gérer un grand nombre de fonctionnalités

10. Facilité de mise en œuvre,

11. Facilité de commande,

12. Facilité de montage,

13. Facilité de maintenance,

14. Facilité des échanges thermique,

15. Sécurité de fonctionnement,

16. Souplesse du système de fabrication.

### III.-. LES DOMAINES DE LA MÉCATRONIQUE

La robotique peut être considérée comme le père, de la mécatronique. Cependant aujourd'hui la mécatronique dépasse largement le cadre de la robotique et englobe de nombreuses applications dans des domaines aussi divers et variés que :

**L'ÂÉROSPATIAL** (par exemple les systèmes de régulations antivibratoires des avions),

**L'AUTOMOBILE** (exemple avec la direction assistée, l'ABS, l'EPS),



**LA PRODUCTION** (machines-outils, robots industriels),

**LE MÉDICAL** (aussi bien dans le matériel que dans l'assistance ou le remplacement d'organes humains, on parle alors de biomécatronique),

**L'ÉLECTROMÉNAGER** avec les machines à laver dites « intelligentes » etc.

## IV.-. DÉFINITION DE SYSTÈME

Le mot "système" en latin et en grec, le mot système veut dire combiner, établir, rassembler.

Un système fait référence à un assemblage d'éléments fonctionnant de manière unitaire et en interaction permanente.

Un **système** est un ensemble d'éléments interagissant entre eux selon certains principes ou règles.

## Un système est déterminé par :

↳ **SA FRONTIÈRE**: c'est-à-dire le critère d'appartenance au système (déterminant si une entité appartient au système ou fait au contraire partie de son environnement) ;

↳ **SA MISSION** (ses objectifs et sa raison d'être) ;

↳ **SES INTERACTIONS** avec son environnement ;

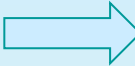
↳ **SES FONCTIONS** (i.e. qui définissent ce qu'ont le droit de faire ou non les entités faisant partie du système), leur organisation et leurs interactions

↳ **SES RESSOURCES** qui peuvent être de nature différente (humaine, naturelle, matérielle, immatérielle, ...), leur organisation et leurs interactions.

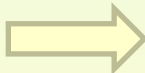
Des variables, générées par l'environnement, agissent sur le comportement du système qui, à son tour, réagit sur cet environnement.



## EXEMPLES DE SYSTÈME



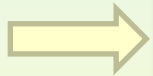
Ensemble de propositions, d'axiomes, de principes et de conclusions qui forment une discipline (ex en philosophie : le système d'Aristote, ex en physique : le système newtonien).



Ensemble de méthodes, de procédés organisés ou institutionnalisés pour assurer une fonction (ex: système d'éducation, système de production, système de défense).



Ensemble d'éléments qui se coordonnent pour concourir à un résultat (ex: système nerveux)



Appareillage, dispositif, machine assurant une fonction déterminée (ex: système d'éclairage, système automobile,

# SYSTÈME DYNAMIQUE

Un système dynamique est:

→ une entité physique dont la caractéristique principale est d'évoluer dans le temps.

→ une entité sur laquelle une certaine action est exercée par le biais d'une entrée  $u$  et qui fournit comme réaction une certaine sortie  $y$ .

Notons que :

l'attribut dynamique met l'accent sur le fait que les phénomènes concernant le système ont lieu dans le temps.

l'entrée est normalement associée à une cause (par exemple une force) et la sortie à un effet (par exemple une accélération).

les entrées sont typiquement des quantités qui peuvent être contrôlées (par exemple la position de la pédale de l'accélérateur) et les sorties sont des quantités qui peuvent être observées (par exemple la position de la voiture).



Presque tous les phénomènes observés quotidiennement ont des aspects dynamiques importants et peuvent être décrits par un ensemble d'entrées et sorties.

## Exemples

le degré d'ouverture des  
vannes des radiateurs

le nombre de  
personnes

**UN LOCAL CHAUFFÉ**

la température dans  
la pièce

courant

**UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE**

tension



Notons que les grandeurs caractéristiques changent avec le temps.

## V.-. DÉFINITION D'UN MODÈLE

L'être humain est habitué à construire et à utiliser des modèles mentaux de la réalité qui l'entoure. A chaque fois que nous :

↳ conduisons une voiture,

↳ traversons la rue,

↳ prévoyons qu'il va pleuvoir,

↳ attrapons un objet au vol,

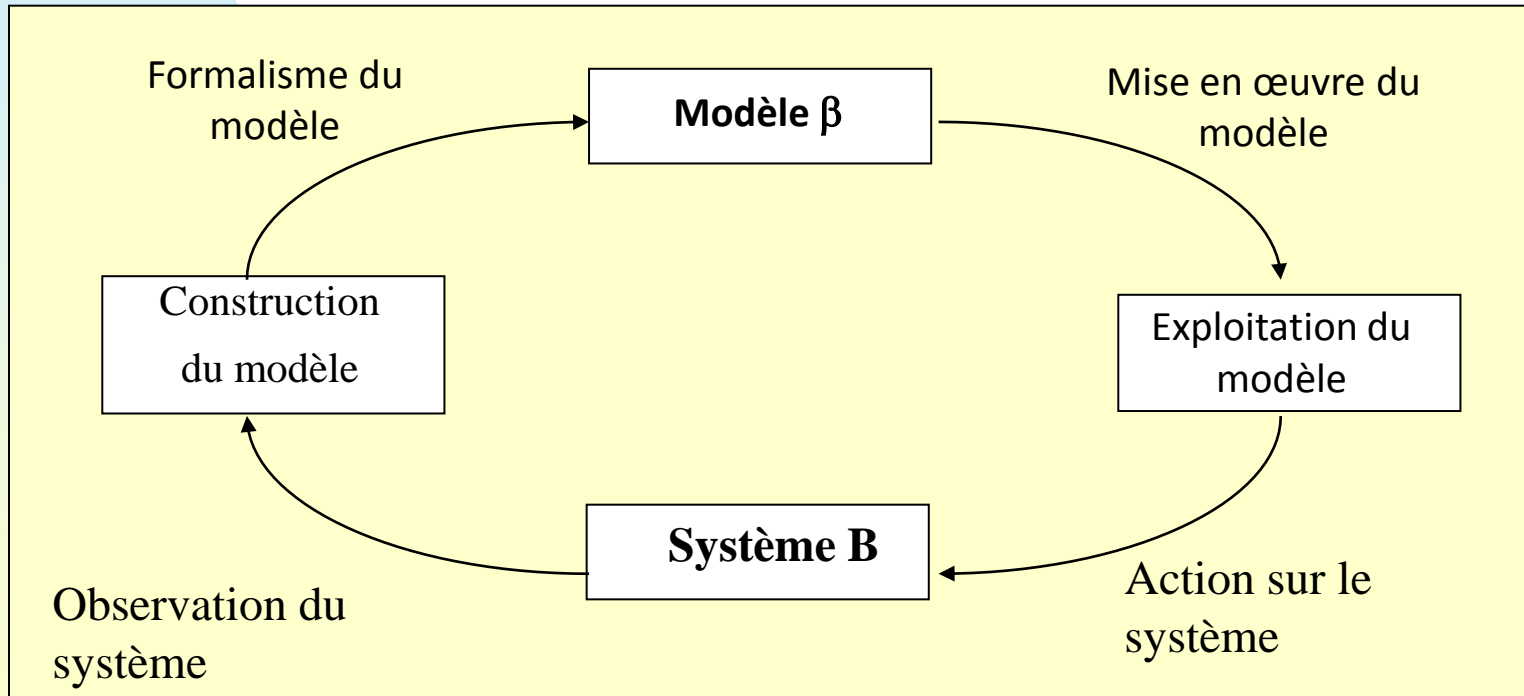
nous utilisons des modèles prédictifs que nous avons construit sur la base de nos expériences et nos erreurs passées.

Le modèle est "**quelque chose**" (objet concret, représentation imagée, système d'équations...) qui se substitue au réel trop complexe, ou inaccessible à l'expérience, et qui permet de comprendre ce réel par un intermédiaire plus connu ou plus accessible à la connaissance.»

Un modèle est une image simplifiée de la réalité servant à comprendre le fonctionnement d'un système selon un point de vue donné.

## INTÉRÊT D'UN MODÈLE

MINSKY définit un modèle comme suit : « pour un observateur A ;  $\beta$  est un modèle de B si A peut à partir de  $\beta$  apprendre quelque chose d'utile sur le fonctionnement de B »,



Tout modèle est constitué

d'une part

de la description de la structure du système étudié

MODELE DESCRIPTIF

d'autre part

de la description des fonctionnements réguliers (ou non) du système au cours du temps.

MODELE EXPLICATIF

## VI.-.QU'EST-CE QUE LA MODÉLISATION?

La modélisation consiste à traduire les phénomènes qui se produisent dans des systèmes technologiques par des représentations mathématiques ou graphiques. Cette discipline se situe au cœur du métier de l'ingénierie



La modélisation est la **REPRÉSENTATION** d'un système par un autre, plus facile à comprendre.

## A quoi sert la modélisation?

**Compréhension de la réalité:** le modèle pourrait apporter une connaissance additionnelle sur les mécanismes de fonctionnement d'un phénomène (comportements oscillatoires, états d'équilibre, stabilité, instabilité).

**Génération de solutions:** les solutions du modèle fournissent des exemples de comportement du système. Parfois une solution peut être obtenue de manière analytique mais dans les cas les plus généraux il faut avoir recours à la simulation numérique.

## A quoi sert la modélisation?

**Étude de dépendances structurelles:** il est intéressant étudier et analyser le comportement de solutions en fonction des paramètres ou de la structure du modèle (analyse de la stabilité, sensibilité et robustesse).

**Contrôle:** conception de règles ou d'un système de contrôle capable d'amener le système vers un état désiré.

# SIMULATION

Une fois qu'un modèle a été développé et validé il peut être utilisé pour répondre à toute une série de questions "what if":

→ qu'est-ce que il va se produire si j'applique telle action ou tel changement au système?

→ comment le système va se comporter d'ici un an?

→ si je veux améliorer la performance, est-ce que je dois apporter la modification 1 ou plutôt la modification 2?

Toutefois, très souvent, la plupart des systèmes réels sont trop complexes pour être évalués analytiquement.

Il est nécessaire donc de procéder de manière numérique via une simulation afin d'estimer les caractéristiques du modèle.

Par simulation, nous entendons l'imitation du comportement d'un procédé ou d'un système réel au cours du temps.

## VII.-. DIAGNOSTIC: CONCEPTS ET TERMINOLOGIES

DIA : par

***DIAGNOSTIC***

GNOSIS:  
connaissances

**Action de déterminer la  
cause d'une défaillance**

"Le diagnostic est l'identification de la cause probable de la (ou des ) défaillances(s) à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'information provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test."

**La défaillance**

**Etat de  
dysfonctionnement**

**Un système**

**Etat de  
fonctionnement**

**L' action de  
maintenance**



Le service maintenance est informé de la défaillance



La défaillance est corrigée

## Action de maintenance

Le technicien de maintenance intervient

Réactivité de la maintenance

L'élément défaillant est identifié

La cause de défaillance est connue

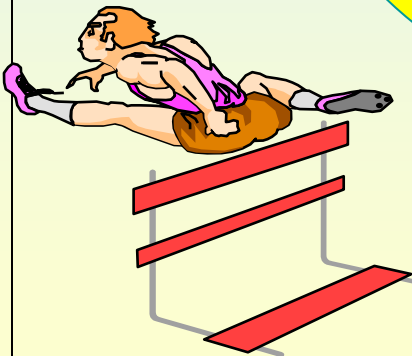
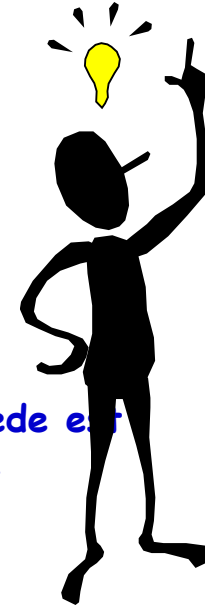
Localiser

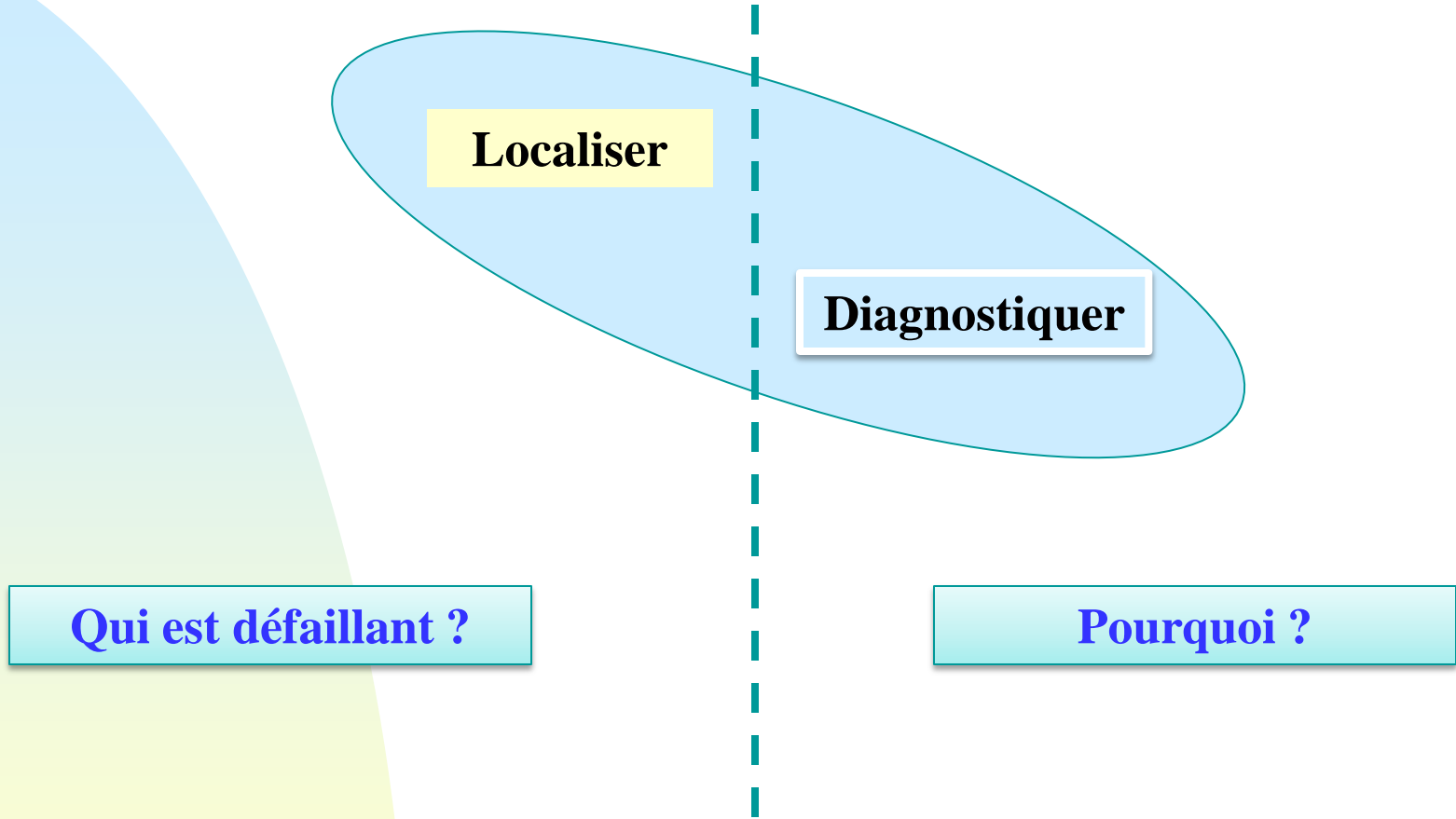
Diagnostiquer

Le remède est appliqué

Corriger

Essayer





## Définitions AFNOR NFX 60 010.

### **LOCALISATION**

Action conduisant à rechercher précisément la ou les pièces par la ou lesquelles, la défaillance se manifeste. Autre terme employé « dépistage ».

### **DIAGNOSTIC**

Action conduisant à identifier la ou les causes probables de la ou des défaillances ou de l'évolution d'un ou plusieurs paramètres significatifs de dégradation à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations.

**Note :**

Le diagnostic permet de confirmer, de compléter ou de modifier les hypothèses faites sur l'origine et la cause des défaillances, et de préciser les opérations de maintenance corrective.

**Cause de défaillance :** Ensemble des circonstances associées à la conception, l'utilisation et la maintenance, qui ont entraîné une défaillance.

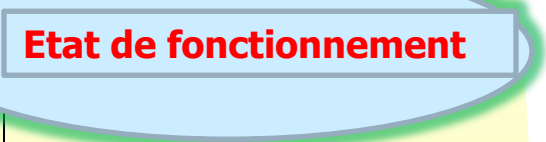
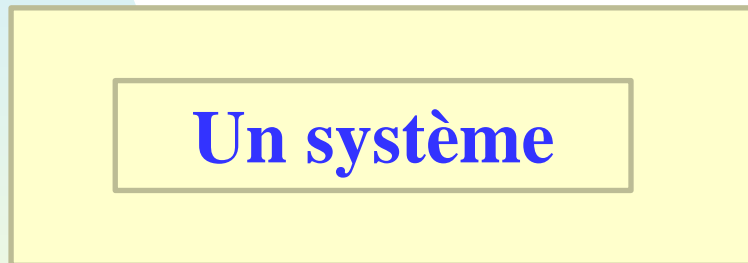
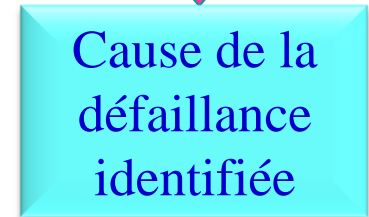
# L'action de la maintenance



Localiser



Diagnostiquer



**Exemple**

**Symptôme** : J'ai  
mal à la tête

**Action palliative** : Je prend un  
cachet d'aspirine

**Diagnostic**

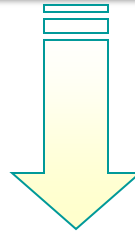
**Cause**: Le prof de  
Méca parle trop fort

**Action corrective** : demander au  
prof de parler moins fort ou quitter  
le cours

**Objectif de la fonction  
maintenance**



**RÉDUIRE le temps d' indisponibilité  
après défaillance**



**RÉDUIRE les temps de  
Localisation et de Diagnostic**

**Comment REDUIRE  
les temps de Localisation et de Diagnostic**

**Améliorer la  
MAINTENABILITE**

**Structure du système.  
Accessibilité.  
Visibilité.  
Testabilité.  
Aides en ligne.**

**Améliorer la  
LOGISTIQUE**

**Préparation :**  
**Procédures  
d'aide à la  
localisation et au  
diagnostic.**

**Réalisation :**  
**Moyens humains  
(compétences, rigueur,  
méthodologie).  
Matériels (outillages,  
appareils de tests).  
Documentation.**



La diminution des temps de Localisation et de Diagnostic

Coût de main  
d'œuvre ↘

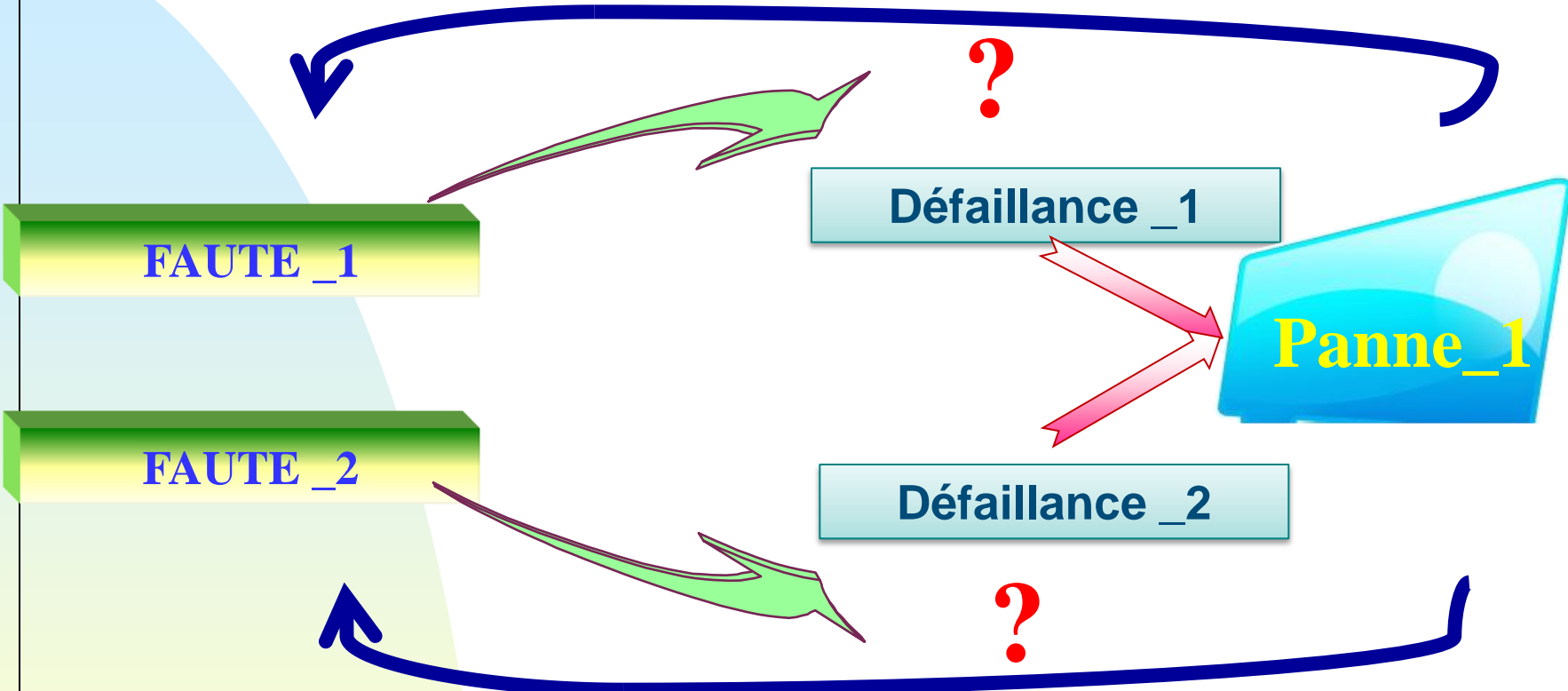
Coût  
d'indisponibilité  
↘

Formation  
Procédures  
Améliorations

Coût de  
maintenance ↘

Coût de défaillance ↘

Investissement ↗



A partir de l'observation d'un état de panne, la fonction diagnostic est chargée de retrouver la faute qui en est à l'origine.

Une faute donnée



Prédire la panne résultante

**Difficulté**

Identifier la faute à partir de ses effets

Une défaillance peut généralement être expliquée par plusieurs fautes.

## VIII.-. MÉTHODES DE DIAGNOSTIC

**Un premier regroupement des techniques se fait suivant les points suivants:**

**Méthode statistique:** utilisée quand on possède des données historiques sur le système( catalogue causes / symptômes)

**Méthodes estimative:** basée sur l'estimation de paramètre et sur l'identification

**Elle est dite déterministe** quand on surveille certains paramètres

**Elle est dite statistique** quand on estime des paramètres aléatoires

❑ **Méthode taxinomique: C'est la classification automatique des pannes. (reconnaissance des formes, réseau neuronaux...**

❑ **Méthode topologique: On décrit la structure physique du processus (systèmes experts)**

❑ **Méthode heuristique: On exploite dans ce cas les connaissances expertes empiriques**