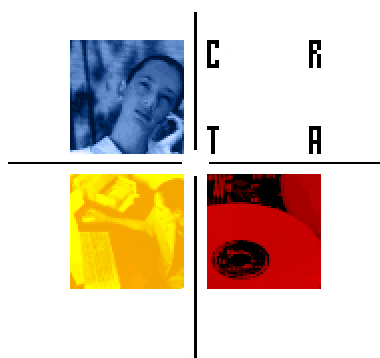


# Dossier technique du CRTA



## Dossier n° 3 La méthodologie AMDEC



## SOMMAIRE

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 1. LE BUT DE L'AMDEC          | 3  |
| 2. LA METHODOLOGIE            | 4  |
| 3. LE GROUPE DE TRAVAIL       | 5  |
| 4. L'ANALYSE FONCTIONNELLE    | 6  |
| 5. L'ANALYSE DES DEFAILLANCES | 9  |
| 6. L'EVALUATION               | 11 |
| 7. LES ACTIONS                | 13 |
| 8. EXEMPLE D'APPLICATION      | 14 |

Auteur : Jean-Pierre GRAFF  
CRTA - novembre 2004



Que l'on soit créateur ou exploitant d'une machine, il est normal de s'interroger sur sa fiabilité. Quels sont les problèmes auxquels on doit s'attendre de la part de cette machine ? La réponse à cette question passe par la mise en œuvre de méthodes de maintenance. L'une de ces méthodes - l'AMDEC - est parfaitement justifiée lorsque aucun historique concernant l'installation n'est disponible (en particulier pour les machines neuves ou de conception récente). Il faut alors pouvoir prédire les pannes susceptibles d'affecter le fonctionnement de la machine.

## 1. LE BUT DE L'AMDEC

### AMDEC

**Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité**

La méthode AMDEC a pour objectif :

- d'identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production,
- d'identifier les actions pouvant éliminer (ou du moins réduire) l'échec potentiel.

### Potentiel

La méthode consiste à imaginer les dysfonctionnements menant à l'échec avant même que ceux-ci ne se produisent. C'est donc essentiellement une méthode prédictive.

### Points de vue

Il existe plusieurs types d'AMDEC dont les deux suivantes :

AMDEC procédé : on identifie les défaillances du procédé de fabrication dont les effets agissent directement sur la qualité du produit fabriqué (les pannes ne sont pas prises en compte).

AMDEC moyen : on identifie les défaillances du moyen de production dont les effets agissent directement sur la productivité de l'entreprise. Il s'agit donc de l'analyse des pannes et de l'optimisation de la maintenance.

Citons également l'AMDEC sécurité dont le but est de réduire les risques liés à l'utilisation d'un moyen de production, l'AMDEC conception qu'on réalise au cours de la conception d'un outil de production, et l'AMDEC produit qui analyse l'impact des défaillances d'un produit sur l'utilisation qui en est faite.

## 2. LA METHODOLOGIE

La réalisation d'une AMDEC suppose le déroulement de la méthode comme suit :

- La constitution d'un groupe de travail,
- L'analyse fonctionnelle du procédé (ou de la machine),
- L'analyse des défaillances potentielles,
- L'évaluation de ces défaillances et la détermination de leur criticité,
- La définition et la planification des actions.

La méthode est identique pour l'AMDEC procédé et l'AMDEC moyen de production.

Les différences, lorsqu'elles sont significatives, seront mises en évidence dans la suite de ce document.

### 3. LE GROUPE DE TRAVAIL

L'AMDEC étant une méthode prédictive, elle repose fortement sur l'expérience.

Il est donc nécessaire de faire appel à des expériences d'horizons divers afin de neutraliser l'aspect subjectif des analyses.

**Un groupe de travail doit nécessairement être constitué.**

Ce groupe, est composé de 4 à 8 personnes issus de divers services de l'entreprise :

- service production,
- service maintenance,
- service qualité,
- service méthodes,
- ...

Ces personnes ont toutes un rapport avec l'objet de l'analyse (machine, procédé) et en ont une expérience significative qui leur permet d'argumenter au cours des réunions.

De plus, l'une des personnes du groupe occupe la fonction d'animateur. Elle a pour rôle de conduire et d'orienter les débats, de veiller au respect des limites du sujet, de désigner la personne qui doit trancher en cas de litige, de rédiger l'AMDEC et de planifier les réunions. Cette personne ne connaît pas forcément l'objet de l'analyse - et il est même préférable qu'elle ne le connaisse pas pour introduire une certaine objectivité dans le déroulement - et elle est souvent extérieure à l'entreprise (consultant).

Les réunions durent au maximum une demi-journée et sont planifiées au rythme d'environ une tous les 15 jours. Comme il n'est pas aisé de réunir toutes les personnes, l'effort de présence consenti par chacun doit se concrétiser par de la discipline et de l'efficacité.

Même si d'apparence l'AMDEC ressemble à une discussion où s'opposent des points de vue différents, elle n'en reste pas moins une méthode empreinte de rigueur et devant déboucher sur des actions très concrètes.

## 4. L'ANALYSE FONCTIONNELLE

### Définition

Le système dont on étudie les défaillances doit d'abord être "décortiqué".

A quoi sert-il ? Quelles fonctions doit-il remplir ? Comment fonctionne-t-il ?

L'analyse fonctionnelle doit répondre à ces questions de façon rigoureuse.

Le système est analysé sous ses aspects :

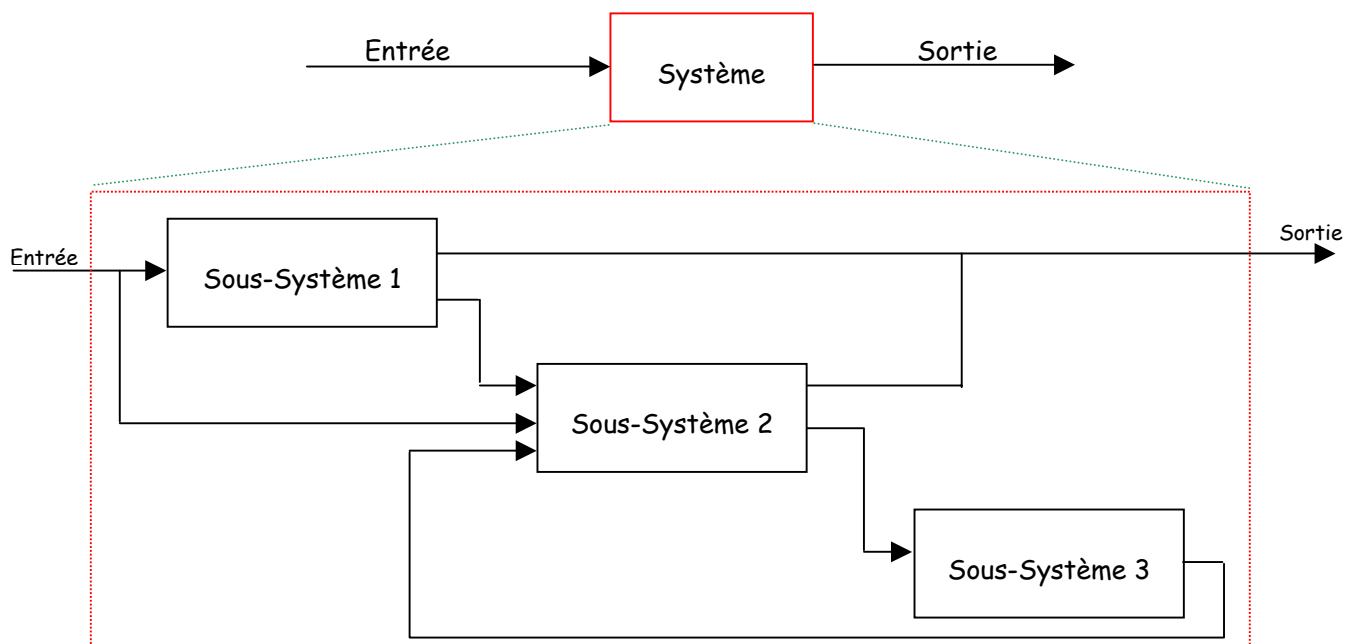
- externes : relations avec le milieu extérieur (qu'est ce qui rentre, qu'est ce qui sort, ...),
- internes : analyse des flux et des activités au sein du procédé ou de la machine.

Les différentes techniques d'analyse fonctionnelle sont citées mais non développées dans la suite de ce document.

### Outils

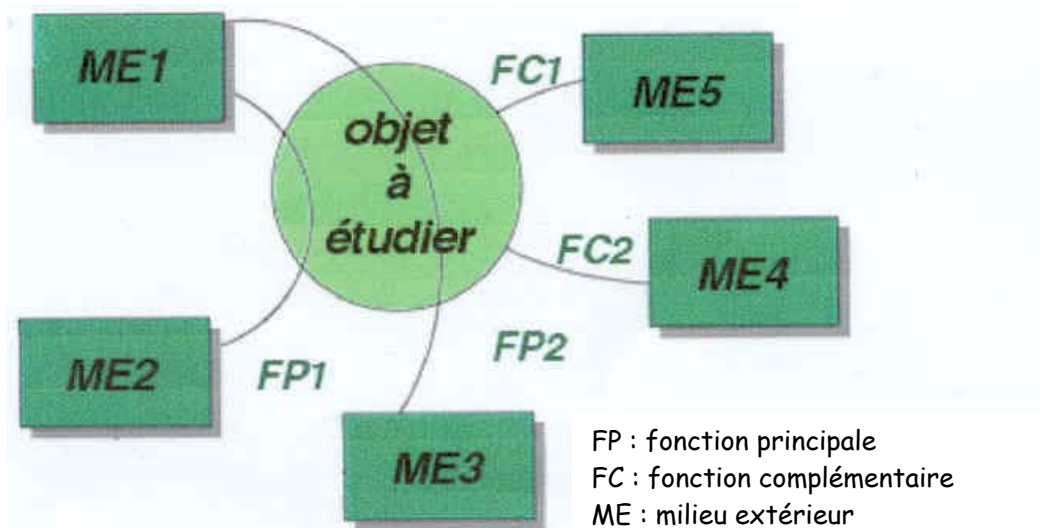
- l'analyse descendante

Tout problème peut être décomposé en sous-problèmes plus simples : on résout plusieurs petits problèmes plutôt qu'un gros.



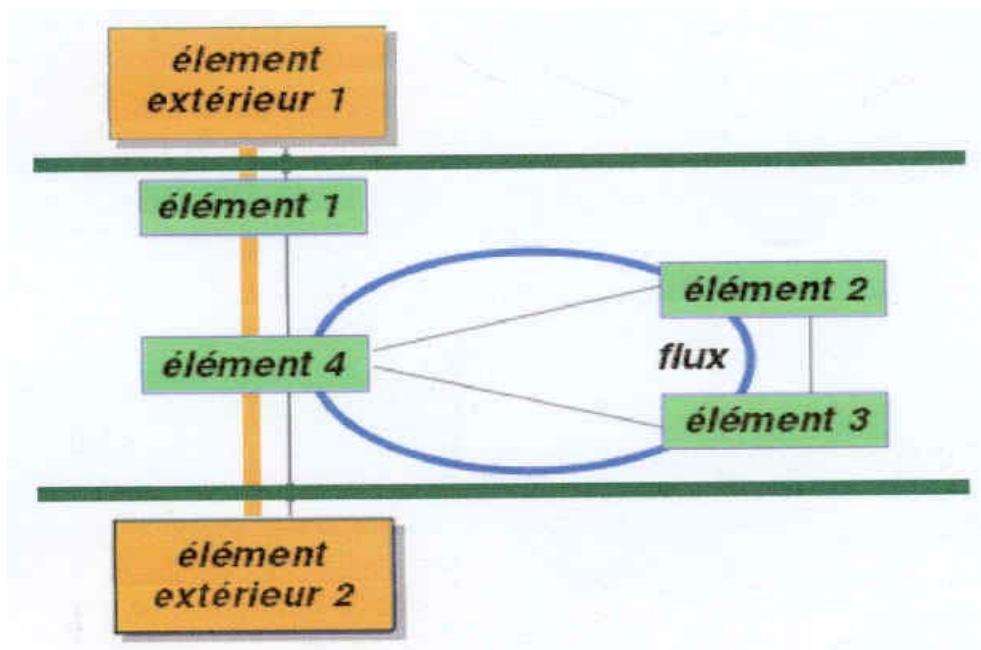
- la méthode de la pieuvre

Elle est utilisée principalement pour décrire les relations du système avec le milieu extérieur.



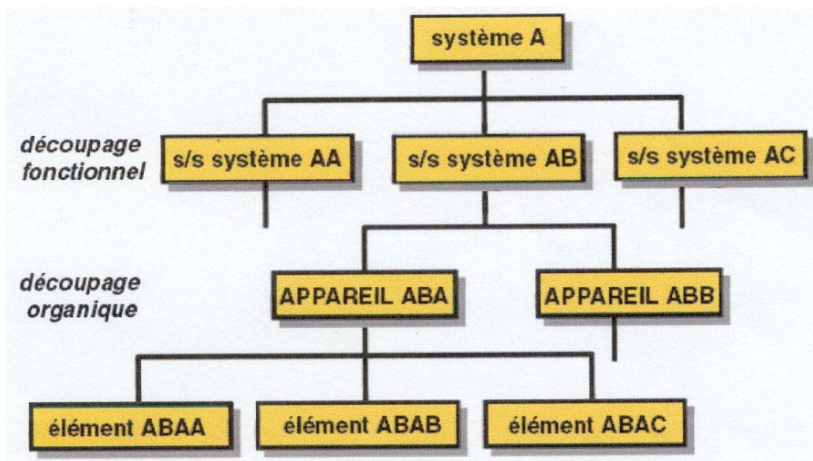
- les diagrammes de flux

Cette méthode est plus appropriée pour l'analyse interne.



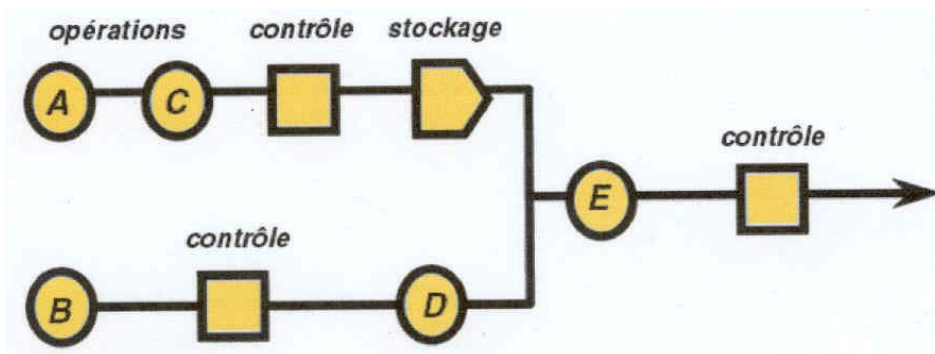
- l'arborescence

Cette méthode est utilisée pour décrire la structure matérielle d'une machine (analyse structurelle).



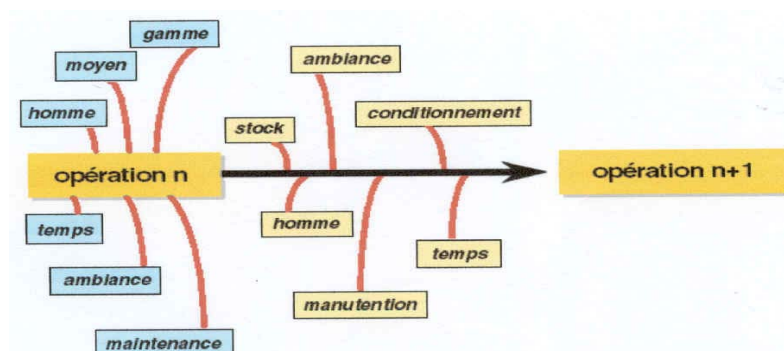
- le diagramme processus

La méthode est utilisée pour décrire la structure séquentielle d'un procédé.



- influence de l'environnement sur le procédé

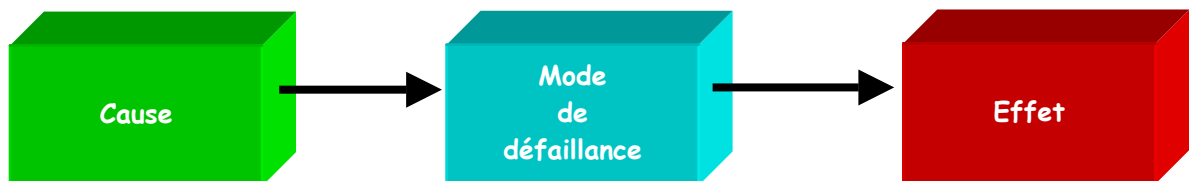
Reprise détaillée du diagramme précédent, en indiquant entre 2 étapes l'influence du moyen de production, de l'homme, de l'ambiance, de la maintenance, des gammes de fabrication, ...





## 5. L'ANALYSE DES DEFAILLANCES

Il s'agit d'identifier les schémas du type :



### Le mode de défaillance

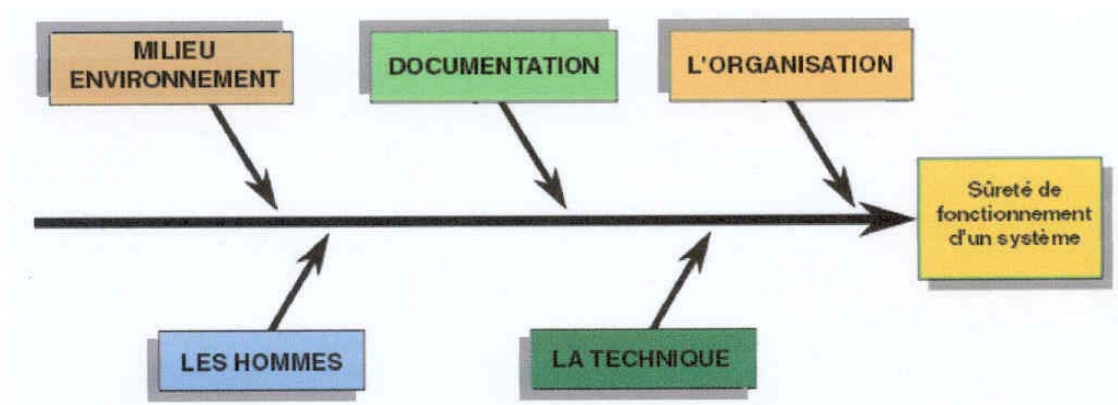
Il concerne la fonction et exprime de quelle manière cette fonction ne fait plus ce qu'elle est sensée faire. L'analyse fonctionnelle recense les fonctions, l'AMDEC envisage pour chacune d'entre-elles sa façon (ou ses façons car il peut y en avoir plusieurs) de ne plus se comporter correctement.

### La cause

C'est l'anomalie qui conduit au mode de défaillance.

La défaillance est un écart par rapport à la norme de fonctionnement.

Les causes trouvent leurs sources dans cinq grandes familles. On en fait l'inventaire dans des diagrammes dits "diagrammes de causes à effets"



Chaque famille peut à son tour être décomposée en sous-familles.

Un mode de défaillance peut résulter de la combinaison de plusieurs causes.

Une cause peut être à l'origine de plusieurs modes de défaillances.

### L'effet

L'effet concrétise la conséquence du mode de défaillance.

Il dépend du point de vue AMDEC que l'on adopte :

- effets sur la qualité du produit (AMDEC procédé),
- effets sur la productivité (AMDEC machine),
- effets sur la sécurité (AMDEC sécurité).

Un effet peut lui-même devenir la cause d'un autre mode de défaillance.

### La synthèse (grille AMDEC)

La grille est le support de discussion du groupe ainsi que le document rédigé par l'animateur.

| Elément | Fonction | Mode | Cause | Effet | Evaluation | Détection | Action |
|---------|----------|------|-------|-------|------------|-----------|--------|
|         |          |      |       |       |            |           |        |
|         |          |      |       |       |            |           |        |

L'élément indique la partie du procédé (ou de la machine) qui est concerné.

La fonction est celle à laquelle cet élément participe.

L'évaluation consiste à noter et hiérarchiser les chaînes mode / cause / effet (voir chapitre 6).

La détection explique comment on prend conscience du problème.

L'action est la solution envisagée pour remédier au problème.

## 6. L'EVALUATION

L'évaluation se fait selon 3 critères principaux :

- la gravité,
- la fréquence,
- la non-détection.

Ces critères ne sont pas limitatifs, le groupe de travail peut en définir d'autres plus judicieux par rapport au problème traité.

Chaque critère est évalué dans une plage de notes.

Cette plage est déterminée par le groupe de travail.

Exemples : de 1 à 4  
de 1 à 10

Plus la note est élevée, plus sa sévérité est grande.

Une plage d'évaluation large oblige à plus de finesse dans l'analyse, ce qui peut donner lieu à des controverses au sein du groupe.

Le nombre de niveaux d'évaluation doit être pair pour éviter le compromis moyen systématique sur une note centrale (exemple : éviter les plages telles que 1 à 5 car la note 3 aura tendance à être adoptée trop souvent au titre du compromis).

### La gravité

Elle exprime l'importance de l'effet sur la qualité du produit (AMDEC procédé) ou sur la productivité (AMDEC machine) ou sur la sécurité (AMDEC sécurité).

Le groupe doit décider de la manière de mesurer l'effet.

Exemples :

#### Effet sur la dimension d'un produit :

|          |                        |
|----------|------------------------|
| note 1 : | écart inférieur à 0,5% |
| note 2 : | écart inférieur à 1%   |
| note 3 : | écart inférieur à 5%   |
| note 4 : | écart supérieur à 5%   |

#### Effet sur le temps d'arrêt de production :

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| note 1 : | inférieur à 4 heures    |
| note 2 : | inférieur à 24 heures   |
| note 3 : | inférieur à 1 semaine   |
| note 4 : | supérieur à une semaine |

### La fréquence

On estime la période à laquelle la défaillance est susceptible de se reproduire.

Exemple :

- note 1 : moins d'une fois par an
- note 2 : moins d'une fois par mois
- note 3 : moins d'une fois par semaine
- note 4 : plus d'une fois par semaine

### La non-détection

Elle exprime l'efficacité du système permettant de détecter le problème.

Exemple :

- note 1 : détection efficace permettant une action préventive
- note 2 : système présentant des risques de non-détection dans certains cas
- note 3 : système de détection peu fiable
- note 4 : aucune détection

### La criticité

Lorsque les 3 critères ont été évalués dans une ligne de la synthèse AMDEC, on fait le produit des 3 notes obtenues pour calculer la criticité.

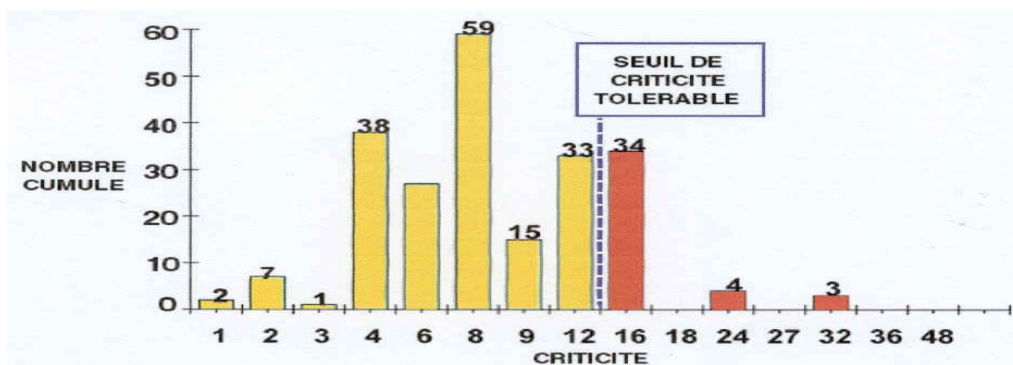
$$C = G * F * N$$

criticité
gravité
fréquence
non-détection

Le groupe de travail doit alors décider d'un seuil de criticité.

Au delà de ce seuil, l'effet de la défaillance n'est pas supportable. Une action est nécessaire.

Un histogramme permet de visualiser les résultats.



## 7. LES ACTIONS

La finalité de l'analyse AMDEC, après la mise en évidence des défaillances critiques, est de définir des actions de nature à traiter le problème identifié.

Les actions sont de 3 types :

Actions préventives : on agit pour prévenir la défaillance avant qu'elle ne se produise, pour l'empêcher de se produire. Ces actions sont planifiées. La période d'application d'une action résulte de l'évaluation de la fréquence.

Actions correctives : lorsque le problème n'est pas considéré comme critique, on agit au moment où il se présente. L'action doit alors être la plus courte possible pour une remise aux normes rapide.

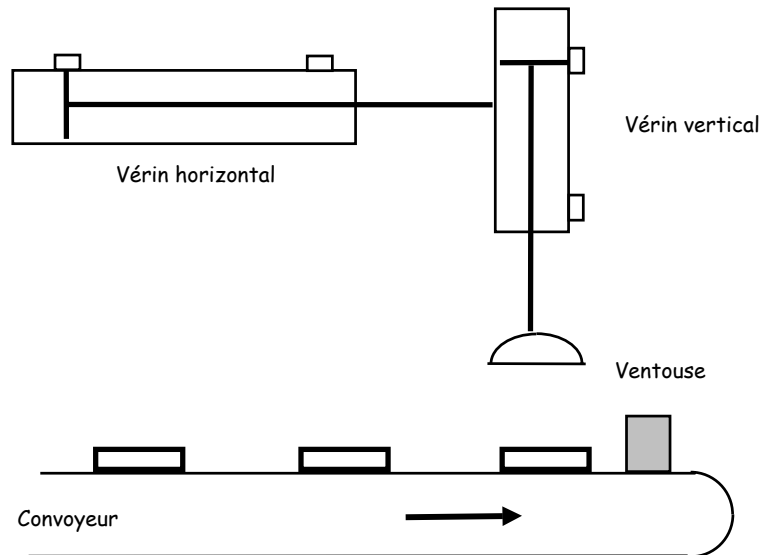
Actions amélioratives : il s'agit en général de modifications de procédé ou de modifications technologiques du moyen de production destinées à faire disparaître totalement le problème. Le coût de ce type d'action n'est pas négligeable et on le traite comme un investissement.

Les actions, pour être efficaces, doivent faire l'objet d'un suivi :

- plan d'action,
- désignation d'un responsable de l'action,
- détermination d'un délai,
- détermination d'un budget,
- révision de l'évaluation après mise en place de l'action et retour des résultats.

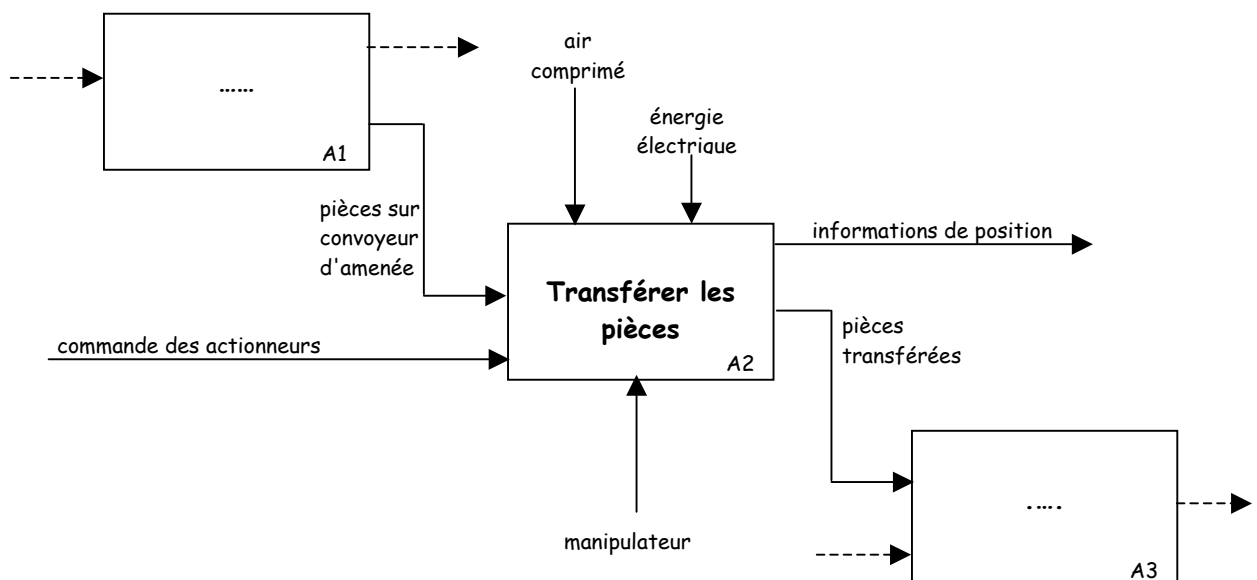
## 8. EXEMPLE D'APPLICATION

On considère une fonction de transfert de pièces réalisée par un manipulateur pneumatique. Cette fonction est elle-même intégrée dans une fonction de production. Elle est représentée par le schéma suivant :



### Analyse fonctionnelle descendante

Analyse globale (également appelée « niveau 0 », ou fonction A0) :



La fonction A2, "Transférer les pièces", peut elle-même être décomposée en sous fonctions.

### Analyse structurelle

La référence à un dossier technique (électrique, pneumatique, mécanique) est nécessaire.

|              |  |  |
|--------------|--|--|
| Manipulateur | Unité verticale                          | Distributeur électropneumatique de montée<br>Tubes<br>Vérin<br>Limiteurs de débit<br>Capteur vérin haut<br>Capteur vérin bas   |
|              | (la commande de ce vérin est monostable) |  |
|              | Unité horizontale                        | Distributeur électropneumatique de sortie<br>Distributeur électropneumatique de rentrée<br>Tubes<br>Vérin<br>Limiteurs de débit<br>Capteur vérin rentré<br>Capteur vérin sorti |
|              | (la commande de ce vérin est bistable)   |  |
|              | Aspiration                               | Distributeur électropneumatique d'aspiration<br>Tubes<br>Venturi<br>Ventouse   |
|              | (l'aspiration n'est pas contrôlée)       |  |

Remarque : pour que l'analyse soit complète, il faudrait y intégrer toute l'interface électrique entre le manipulateur et l'automate programmable : entrées et sorties automate, liaisons filaires, bornes, relais de commande.

Dans l'exemple on se limitera aux matériels listés ci-dessus.

On peut imaginer que l'automate sache détecter un dysfonctionnement des capteurs et que l'opérateur puisse alors passer en mode dégradé en basculant un commutateur. Dans ce mode dégradé, l'état des capteurs est ignoré et ce sont des temporisations qui gouvernent le cycle.

### Définition des critères

Les critères ci-après répondent à une AMDEC de type machine (ou « AMDEC moyen »), orientée maintenance.

La gravité :

- note 1 : arrêt de production inférieur à 1 heure
- note 2 : arrêt de production inférieur à 4 heures
- note 3 : arrêt de production inférieur à 1 jour
- note 4 : arrêt de production supérieur à 1 jour

La fréquence :

- note 1 : moins d'une fois par an
- note 2 : moins d'une fois par mois
- note 3 : moins d'une fois par semaine
- note 4 : plus d'une fois par semaine

La non-détection :

- note 1 : détection efficace permettant une action préventive
- note 2 : système présentant des risques de non-détection dans certains cas
- note 3 : système de détection peu fiable
- note 4 : aucune détection

La criticité :

$$C = G * F * N$$

Le seuil de criticité est fixé à **8**

L'analyse AMDEC du système est présentée dans le tableau qui suit.

Pour les défaillances qui présentent une criticité supérieure à 8, le groupe de travail a décidé de l'action à entreprendre :

- dans 3 cas : contrôle périodique,
- dans 1 cas (criticité la plus élevée) : contrôle par automate.





| Fonction              | Matériel ou sous-ensemble         | Mode de défaillance                                  | Cause                          | Effet                           | G | F | D | C  | Détection       | Action                |
|-----------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|---|---|---|----|-----------------|-----------------------|
| Transférer les pièces | Distributeurs électropneumatiques | Le distributeur ne bascule pas quand il est commandé | Bobine grillée                 | Cycle bloqué                    | 1 | 2 | 3 | 6  | Alarme automate |                       |
|                       |                                   |  | Mauvaise connexion             |                                 | 1 | 1 | 3 | 6  | Alarme automate |                       |
|                       |                                   |  | Tiroir bloqué                  |                                 | 1 | 1 | 3 | 3  | Alarme automate |                       |
|                       | Tubes                             | L'air passe mal                                      | Rupture ou pliure              | Cycle ralenti                   | 1 | 1 | 4 | 4  | Visuel          |                       |
|                       | Vérins (vertical et horizontal)   | Le vérin ne bouge pas ou très lentement              | Vérin grippé                   | Cycle ralenti                   | 2 | 2 | 4 | 16 | Visuel          | Contrôle périodique   |
|                       |                                   |  | Vérin usé (perte d'étanchéité) |                                 | 2 | 2 | 4 | 16 | Visuel          | Contrôle périodique   |
|                       | Limiteurs de débit                | L'air passe mal                                      | Limiteur bouché ou mal réglé   | Cycle ralenti                   | 1 | 1 | 4 | 4  | Visuel          |                       |
|                       |                                   | Le débit n'est pas réduit                            | Mal réglé                      | Course du vérin trop rapide     | 1 | 1 | 4 | 4  | Visuel          |                       |
|                       | Capteurs                          | Non détection de la position                         | Mauvais réglage                | Cycle bloqué<br>Marche dégradée | 1 | 3 | 2 | 6  | Alarme automate |                       |
|                       |                                   |  | Capteur grillé                 |                                 | 1 | 3 | 2 | 6  | Alarme automate |                       |
|                       |                                   |  | Mauvaise connexion             |                                 | 1 | 1 | 2 | 2  | Alarme automate |                       |
|                       |                                   | Détection permanente                                 | Capteur en court-circuit       | Cycle désordonné                | 3 | 2 | 4 | 24 | Visuel          | Contrôle par automate |
|                       | Ventouse                          | Pas d'aspiration                                     | Vent. bouchée                  | Pas de transfert                | 1 | 3 | 4 | 12 | Visuel          | Contrôle périodique   |
|                       |                                   |  | Vent. usée                     | Pas de transfert                | 1 | 1 | 4 | 4  | Visuel          |                       |
|                       | Venturi                           | Pas d'aspiration                                     | Encrassement                   | Pas de transfert                | 1 | 2 | 4 | 8  | Visuel          |                       |