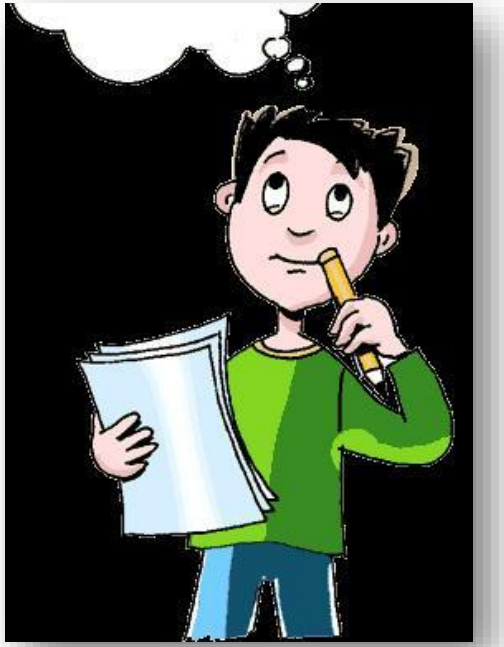
ATELIER 1 (PARTICIPATIF)

Vous sortez de chez vous à 7h45 pour arriver à l'heure à votre examen de 8h30 ?



- **Qu'est ce qui pourrait aller mal ?**
- **Quels seraient les effets (conséquences) ?**
- **Quelles seraient les causes ?**
- **Comment faire pour éviter ça ?**

Université de Tlemcen
Année universitaire 2024/2025
L3 Génie industriel

Chapitre 6 :

L'AMDEC

Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité

KAHOUADJI H.A
MCB
Département GEE
Faculté de Technologie
Université ABBT

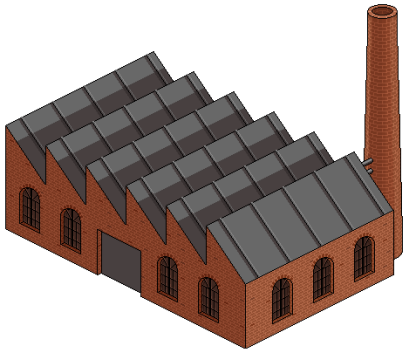
Qu'est ce l'AMDEC ? (1/2)

EN FRANÇAIS :

✓ **AMDEC :** Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité

IN ENGLISH

✓ **FMEA :** Failure Mode and Effects Analysis



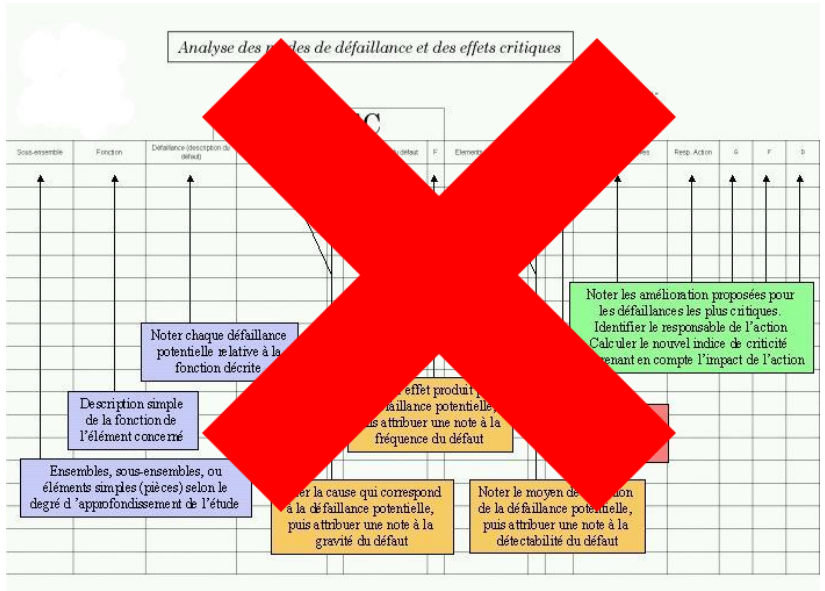
L'AMDEC est utilisée dans le secteur industriel pour :

- l'analyse prévisionnelle de la fiabilité des produits
- l'optimisation de la fiabilité des équipements de production
- la prise en compte de la maintenabilité dès la conception
- la maîtrise de la disponibilité opérationnelle des machines

Qu'est ce l'AMDEC ? (2/2)

CE N'EST PAS

Un formulaire à remplir



C'EST

Est une façon de penser, une méthode de travail

Les 4 questions de base de l'AMDEC (1/2)

Modes de défaillance potentielle	Effets possibles	Causes possibles	Plan de surveillance
Qu'est-ce qui pourrait aller mal ?	Quels pourraient être les effets ?	Quelles pourraient être les causes ?	Comment faire pour voir ça ?
Ex : RETARD	Avoir un Zéro	•Pas de bus •Accident qui bloque la route •Neige •Pluies torrentielles	• Vérifier la météo • S'assurer de l'heure du dernier bus • etc.

Les 4 questions de base de l'AMDEC (2/2)

l'AMDEC commence avec ces quatre questions qui doivent être partagées par tous, lors de sa mise en œuvre dans une organisation.

L'AMDEC est une démarche répétitive

Ce que l'AMDEC ne peut pas apporter

L'AMDEC n'est pas une méthode de résolution de problèmes. Elle aide à poser les « bonnes » questions, pour rechercher les problèmes potentiels

« Faites moi une AMDEC pour résoudre ce problème ! »

C'est FAUX → L'AMDEC ne peut pas être utilisée à cette fin

Ce que l'AMDEC peut apporter

L'AMDEC EST FAITE POUR ANTICIPER LES PROBLÈMES, AVANT QU'ILS NE SE PRODUISENT.

En cas de problème sur un sujet traité par une AMDEC

« Qu'avions-nous prévu dans ce cas-là ? »

Domaines d'application

L'INTÉRÊT DE LA MÉTHODE TEND À EN GÉNÉRALISER L'EMPLOI À TOUT TYPE DE RISQUE. ON PEUT DONC L'ADAPTER SANS GRANDE DIFFICULTÉ POUR TRAITER DES RISQUES DANS DES DOMAINES TELS QUE :

- Le projet de conception d'un produit : il ne s'agit plus du tout du produit lui-même mais bien du projet de conception d'un produit ;
- La mise en place d'un processus ;
- Le plan d'achat lors de la conception d'un nouveau produit ;
- La sécurité dans l'entreprise ;
- Une démarche de protection de l'environnement.

Pourquoi faire des AMDEC ?

MINIMISER LA PRISE DE RISQUE !

Vocabulaire AMDEC…

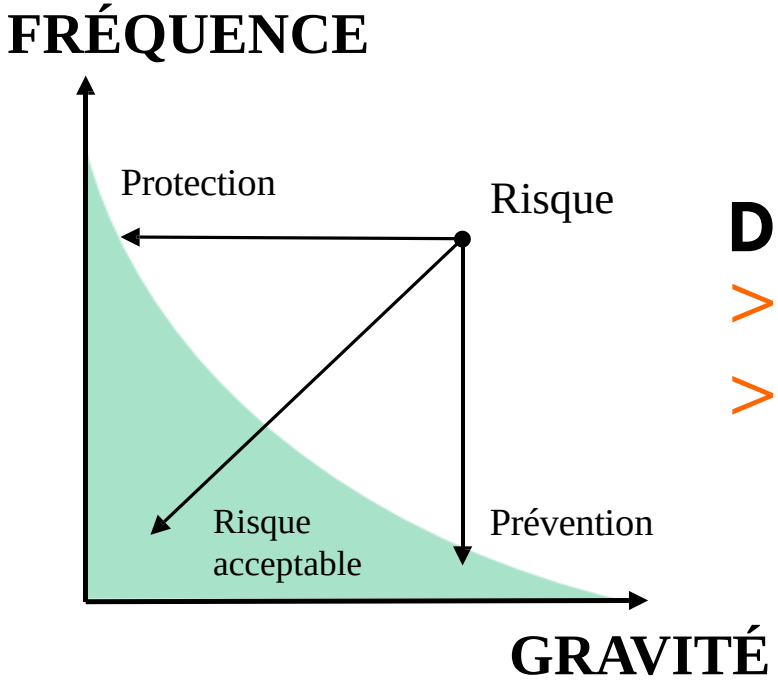
Le problème potentiel est appelé :
MODE DE DÉFAILLANCE POTENTIEL

- Il doit être identifié pour pouvoir penser à des **mesures de secours**, ou **préventives.**

- La recherche des modes de défaillance potentiels est une des premières justifications de l'AMDEC.

Comment anticiper les risques …

A PARTIR D'UN RISQUE IDENTIFIÉ



DEUX STRATÉGIES DE MAITRISE :

> Réduire sa **gravité :** Protection

> Réduire sa **fréquence :** Prévention

… **MIEUX : LES DEUX À LA FOIS…**

Les mesures de secours

- **Elles visent à diminuer les conséquences d'un accident (ou d'une panne)!**
- N'ont aucune incidence sur la probabilité d'apparition du problème.

Exemple :
Les airbags ou les renforts latéraux de portières ne vous permettront pas d'éviter un accident.

Nous dirons, avec notre vocabulaire AMDEC, que les mesures de secours **diminuent la gravité** des effets lorsqu'un problème est apparu.

Les mesures préventives

- **Elles visent à éviter l'accident**
- Elles agissent sur les causes des accidents

Exemple : le système de freinage avec antiblocage des roues, type ABS, qui pourra vous aider à éviter les obstacles, lors d'un freinage d'urgence, en vous permettant de conserver la possibilité de diriger le véhicule…

Nous dirons avec notre vocabulaire AMDEC que les mesures préventives **diminuent la probabilité d'apparition**, ou bien encore l'occurrence du problème potentiel, en agissant sur les causes.

ATELIER 2 : Prévention vs Secours (Participatif 5 minutes)

CLASSER LES ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ ILLUSTRÉS PAR LE TABLEAU CI-DESSOUS EN DEUX CATÉGORIES :

- Secours
- Prévention

Airbags frontaux
Airbags latéraux
Ceintures de sécurité
Renforts latéraux de portières
Système antiblocage des roues (type ABS)
Troisième feu stop

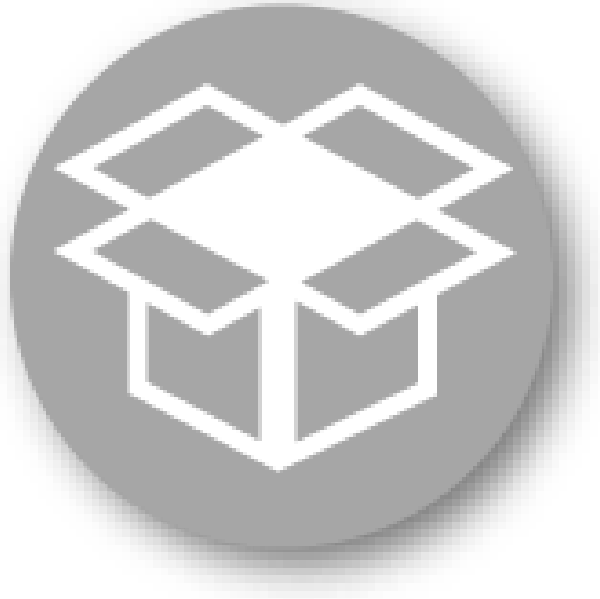
Différents types d'AMDEC

LA MÉTHODE A ÉTÉ DÉVELOPPÉE POUR TRAITER LE RISQUE DE DÉFAILLANCES DANS TROIS DOMAINES :

Produit	Moyen de production (ou machine)	Procédé de fabrication (ou process)

L'AMDEC Produit

- S'intéresse aux risques de défaillances d'un produit.



Elle est donc essentiellement orientée vers la fiabilité du produit et elle se fait dans le cadre du processus de conception.

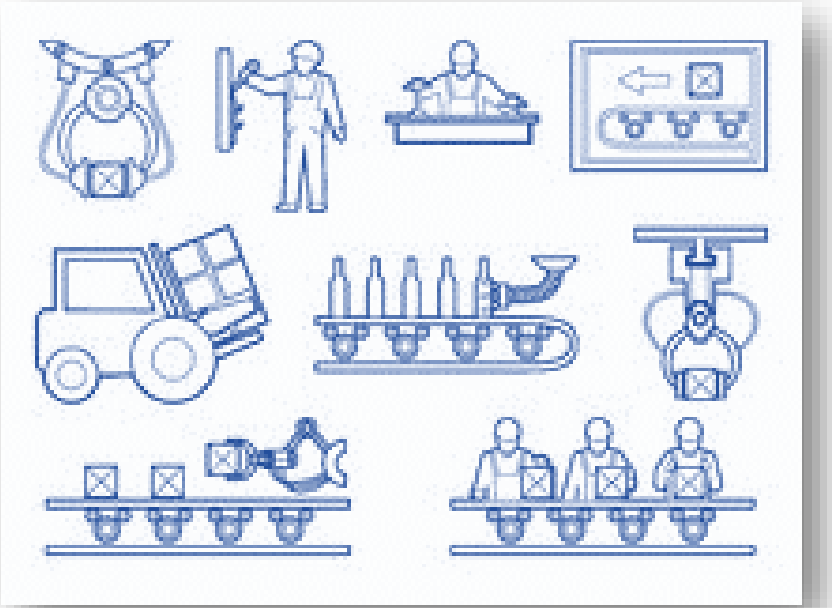
L'AMDEC Moyen de production (ou machine)

Permet d'anticiper les risques de non-fonctionnement ou de fonctionnement anormal d'un équipement, d'une machine.

ON PARLE ICI DE MAINTENANCE PRÉDICTIVE

L'AMDEC Procédé de fabrication (ou process)

S'intéresse aux risques qui conduiraient un procédé de fabrication à ne pas fonctionner ou donner des produits non conformes.



Synthèse

- L'AMDEC est une démarche répétitive
- C'est une méthode qui sert à anticiper les problèmes
- On cherche les mode de défaillances potentiels et on prend des mesures préventives ou de secours

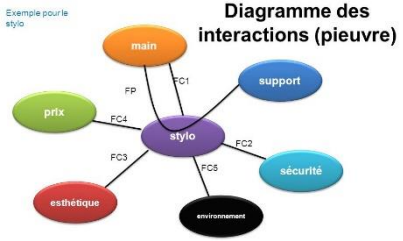
PLUSIEURS TYPES D'AMDEC

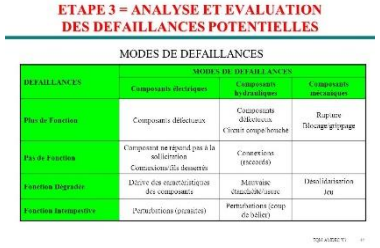
- Produit
- Moyen
- Process

AMDEC

une démarche, une méthodologie

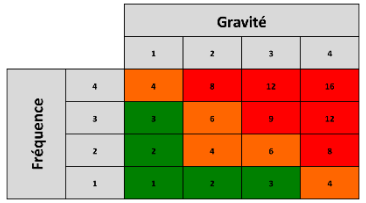
1. **Constitution d'un groupe de travail**
2. **Analyse fonctionnelle du procédé (ou de la machine)**
3. **Analyse des défaillances potentielles**
4. **Evaluation de ces défaillances et la détermination de leur criticité**
5. **Définition et la planification des actions**




ETAPE 3 = ANALYSE ET EVALUATION DES DEFAILLANCES POTENTIELLES

MODES DE DEFAILLANCES

DEFAILLANCES	MODES DE DEFAILLANCES		
	Composants électriques	Composants hydrauliques	Composants mécaniques
Plus de Fonction	Composants défectueux	Composants défectueux Circuit coupé/bouché	Rupture Blocage/grippage
Pas de Fonction	Composant ne répond pas à la sollicitation Connexions/fils desserrés	Connexions (raccords)	
Fonction Dégradée	Dérive des caractéristiques des composants	Matériaux détériorés/usés	Désolidarisation jeu
Fonction Intempestive	(Perturbations (pramées)	Perturbations (coup de bélier)	



Fréquence \ Gravité	1	2	3	4
4	4	8	12	16
3	3	6	9	12
2	2	4	6	8
1	1	2	3	4

Constitution d'un groupe de travail (1/3)

- 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 individus issus de divers services de l'entreprise :

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

Constitution d'un groupe de travail (2/3)

Membres du groupe

- Ont un rapport avec l'objet de l'analyse (machine, procédé)
- Ont une expérience significative qui leur permet d'argumenter au cours des réunions.

Animateur

- N'est pas forcé de connaitre l'objet de l'analyse,
- Doit être neutre, doit orienter le débat et trancher en cas de litige
- Veiller au respect des limites du sujet
- Chargé de rédiger les AMDEC et de planifier les réunions

Constitution d'un groupe de travail (3/3)

LES RÉUNIONS

Durent au maximum une demi-journée et sont planifiées au rythme d'environ une tous les 15 jours

- TOUTES LES PERSONNES DOIVENT FAIRE UN EFFORT **DE PRÉSENCE** ET DOIVENT FAIRE PREUVE DE **DISCIPLINE** ET DE **RIGUEUR.**
- **LE BUT ÉTANT DE DÉBOUCHER SUR DES ACTIONS TRÈS CONCRÈTES.**

ANALYSE FONCTIONNELLE (1/5)

LE SYSTÈME DONT ON ÉTUDIE LES DÉFAILLANCES DOIT D'ABORD ÊTRE "DÉCORTIQUÉ".

L'ANALYSE FONCTIONNELLE DOIT RÉPONDRE À CES QUESTIONS, DE FAÇON RIGOUREUSE.

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

LE SYSTÈME EST ANALYSÉ SOUS SES ASPECTS :

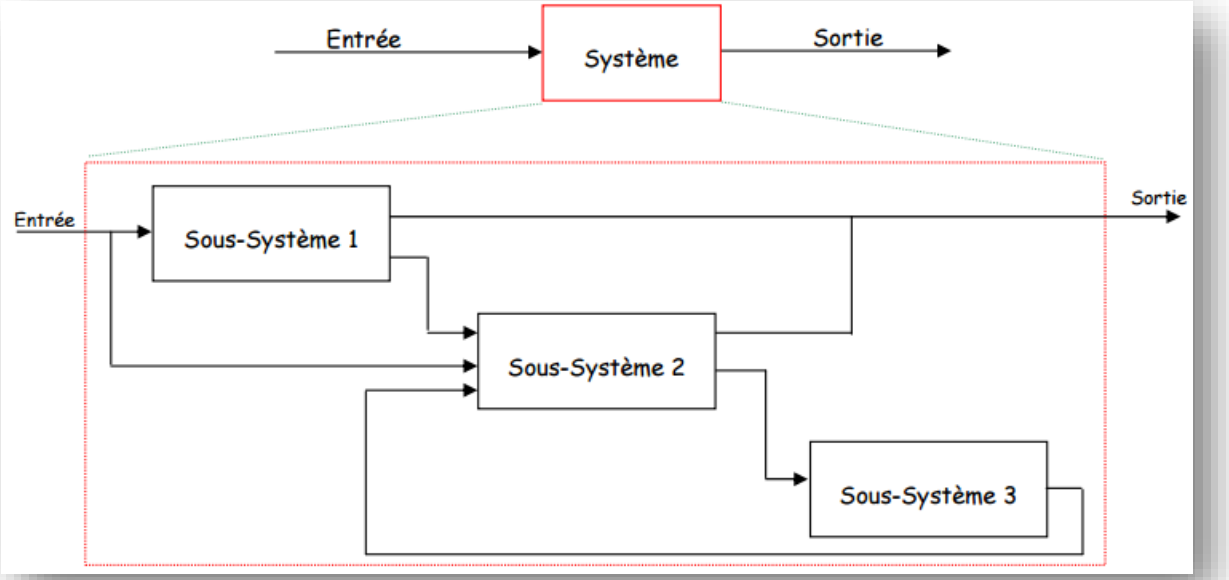
- externes : relations avec le milieu extérieur (qu'est ce qui rentre, qu'est ce qui sort, …)
- internes : analyse des flux et des activités au sein du procédé ou de la machine

ANALYSE FONCTIONNELLE

Outils existants (2/5)

L'ANALYSE DESCENDANTE

Décomposer le systèmes en sous-problèmes plus simples : on résout plusieurs petits problèmes plutôt qu'un gros.

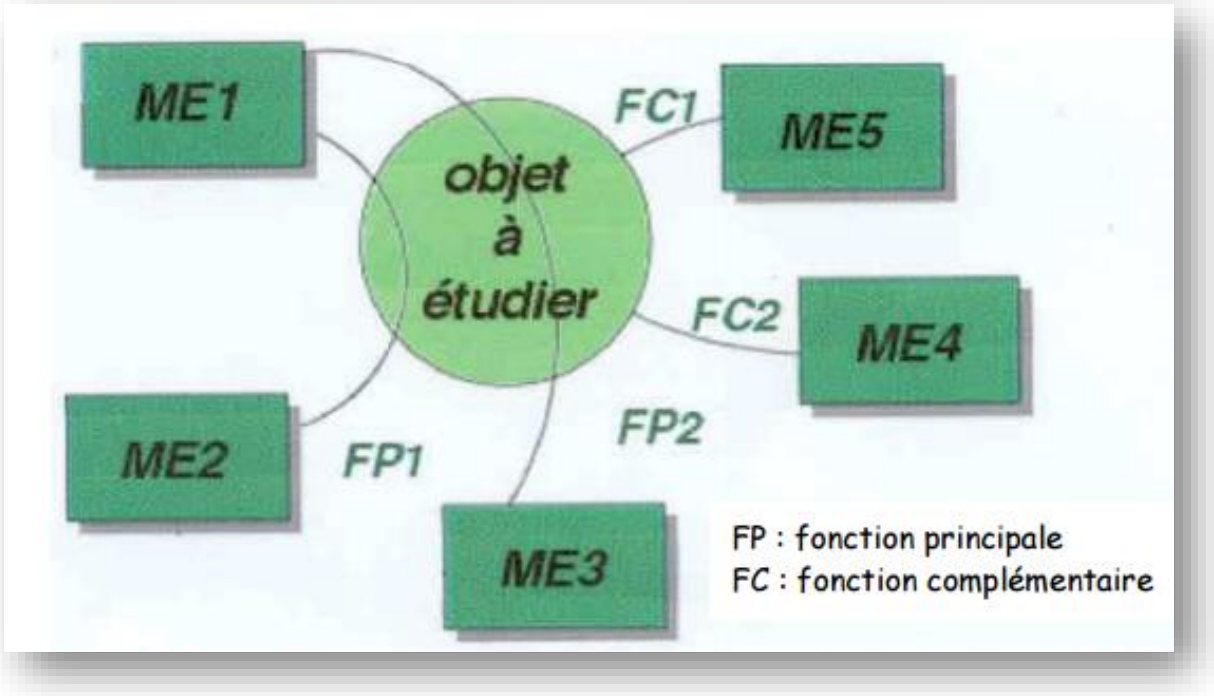


ANALYSE FONCTIONNELLE

Outils existants (3/5)

LA MÉTHODE DE LA PIEUVRE

Méthode plus appropriée pour l'analyse interne

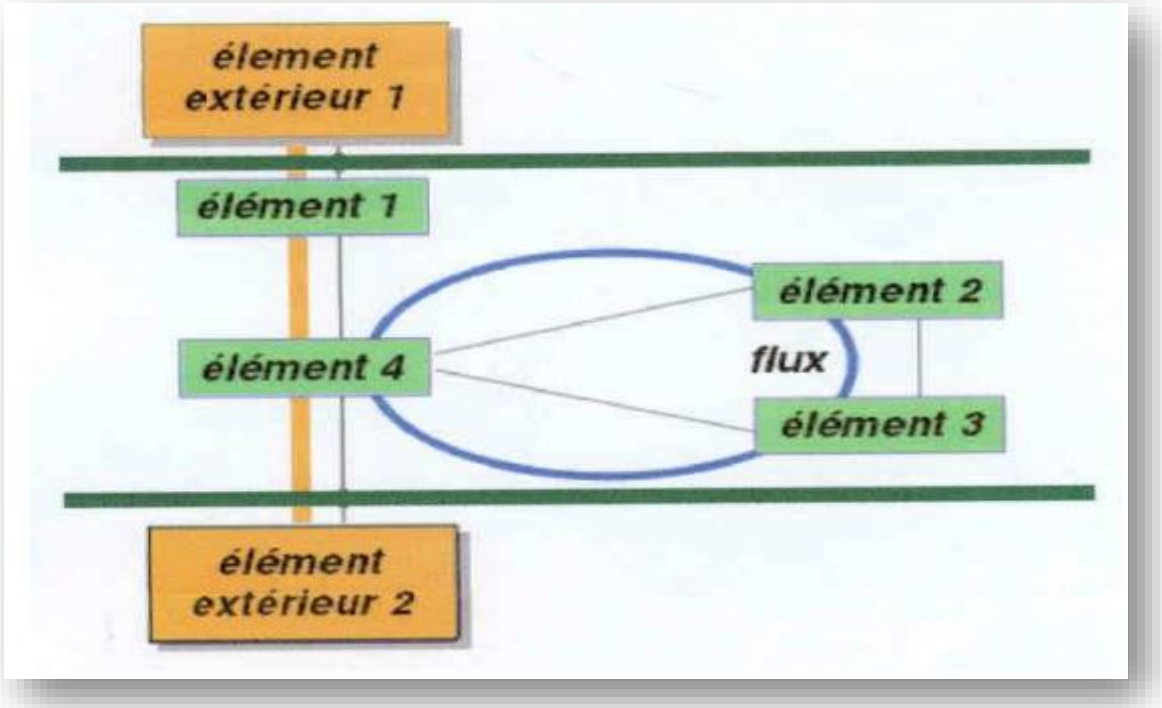


ANALYSE FONCTIONNELLE

Outils existants (4/5)

LES DIAGRAMMES DE FLUX

Méthode plus appropriée pour l'analyse interne

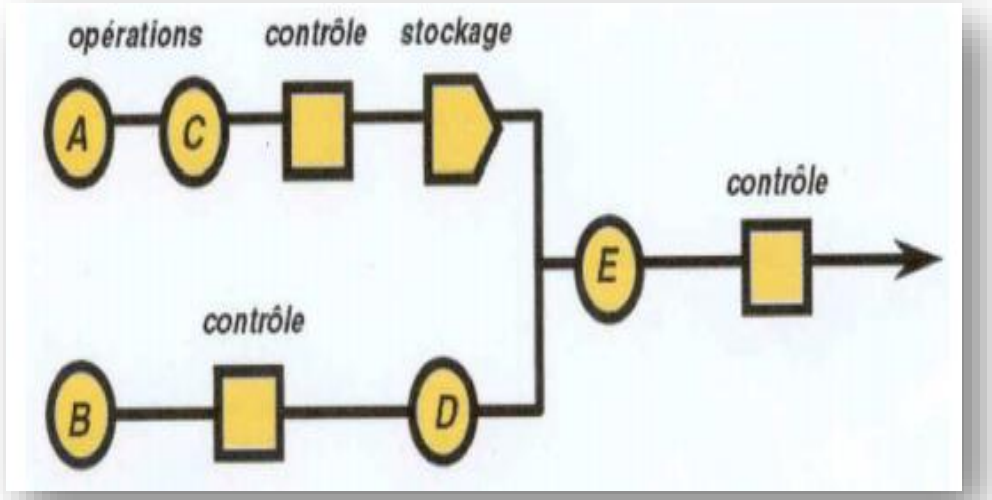


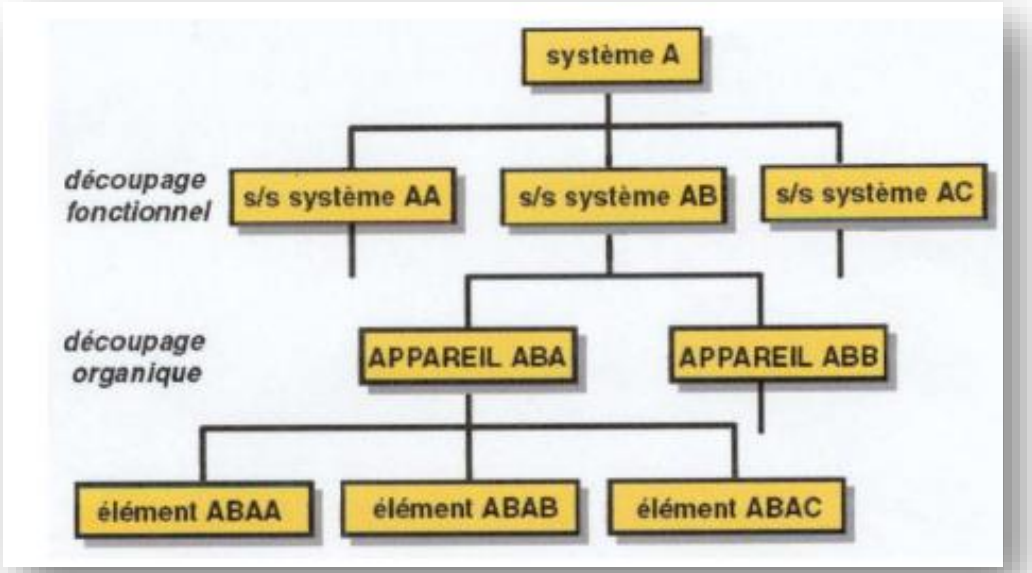
ANALYSE FONCTIONNELLE

Outils existants (5/5)

D'AUTRES OUTILS EXISTENT COMME :

- l'arborescence
- le diagramme processus





Analyse des défaillances (1/2)

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

Le mode de défaillance
Il concerne la fonction et exprime de quelle manière cette fonction ne fait plus ce qu'elle est censée 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.

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

Analyse des défaillances (2/2)

LA GRILLE EST LE SUPPORT DE DISCUSSION DU GROUPE AINSI QUE LE DOCUMENT RÉDIGÉ PAR L'ANIMATEUR.

Elément	Fonction	Mode	Cause	Effet	Evaluation	Détection

a) **L'élément** indique la partie du procédé (ou de la machine) qui est concerné
b) **La fonction** est celle à laquelle cet élément participe
c) **L'évaluation** consiste à noter et hiérarchiser les chaînes cause / mode / effet
d) **La détection** explique comment on prend conscience du problème

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

a)
b)
c)
d)

EVALUATION des risques (1/5)

L'ÉVALUATION SE FAIT SELON 3 CRITÈRES PRINCIPAUX :

La gravité :

Exprime l'importance de l'effet sur la qualité du produit

La fréquence

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

la non-détection

Exprime l'efficacité du système permettant de détecter le problème

EVALUATION des risques (2/5)

LA GRAVITÉ : notée sur une plage de 1 à 4

EXEMPLE :

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

EVALUATION des risques (3/5)

LA FRÉQUENCE : notée sur une plage de 1 à 4

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

EVALUATION des risques (4/5)

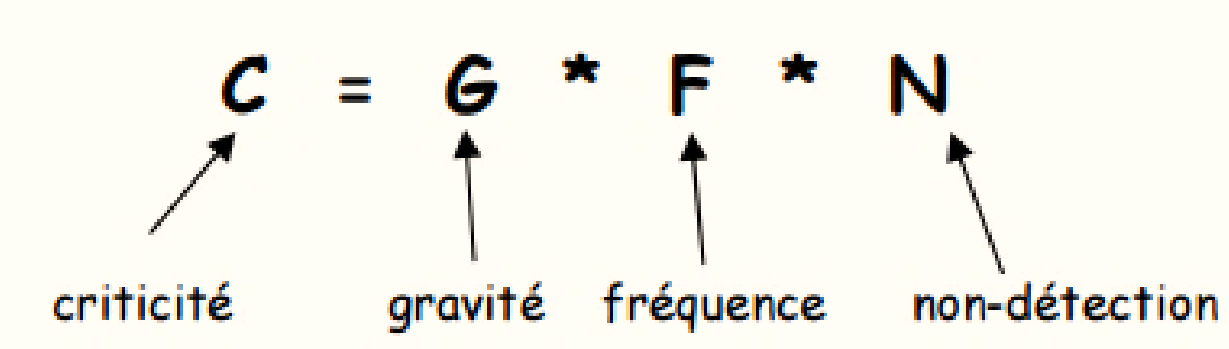
LA NON DETECTION : notée sur une plage de 1 à 4

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

EVALUATION des risques (5/5)

LA CRITICITE :

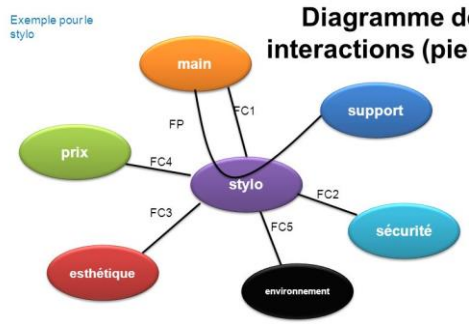


- Le groupe de travail doit alors décider d'un seuil de criticité.
- Au delà de ce seuil, l'effet de la défaillance n'est pas supportable.
- Une **action** est nécessaire.

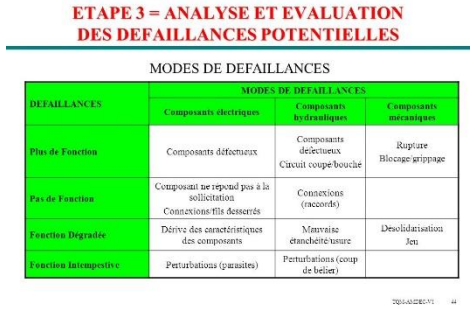
Fonction	Matériel ou sous-ensemble	Mode de défaillance	Cause	Effet	G	F	D	C	Détection	Action
Transférer les pièces	Distributeurs électropneumatiques	Le distributeur ne bascule pas quand il est commandé	Bobine grillée	Cycle bloqué	1	2	3	6	Alarme automate	
			Mauvaise connexion		1	1	3	6	Alarme automate	
			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 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
			Vent. usée	Pas de transfert	1	1	4	4	Visuel	
	Venturi	Pas d'aspiration	Encrassement	Pas de transfert	1	2	4	8	Visuel	périodique

Synthèse

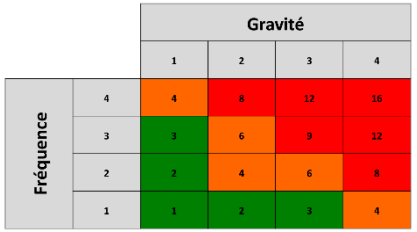
1- La constitution d'un groupe de travail



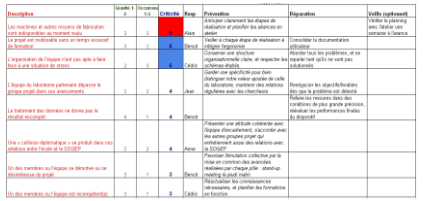
2- L'analyse fonctionnelle du procédé (ou de la machine)



3- L'analyse des défaillances potentielles



4- L'évaluation de ces défaillances et la détermination de leur criticité



5- La définition et la planification des actions

Question (participative)

Est-ce qu'on traite en priorité les modes de défaillance qui ont une grande gravité ou une grande fréquence ?

Atelier 3 (1/2 participatif)

Vous êtes producteur de pain industriel conditionné dans des sacs sous vide.

Sachant que :

- Le pain est fait à base de farine, de sel, d'eau, levure;

Pour faire du pain il faut :

1. Réaliser la pâte à partir des ingrédients cités plus haut (à l'aide d'un pétrin) ;
2. Faire reposer la pâte ;
3. diviser de la pâte ;
4. Faire reposer encore une fois (repos intermédiaire) ;
5. Façonner la pâte pour donner la forme définitive au pain ;
6. Faire cuire la pâte (dans un four) ;
7. Conditionner le pain (à l'aide d'une conditionneuse).

Atelier 3 (2/2 participatif)

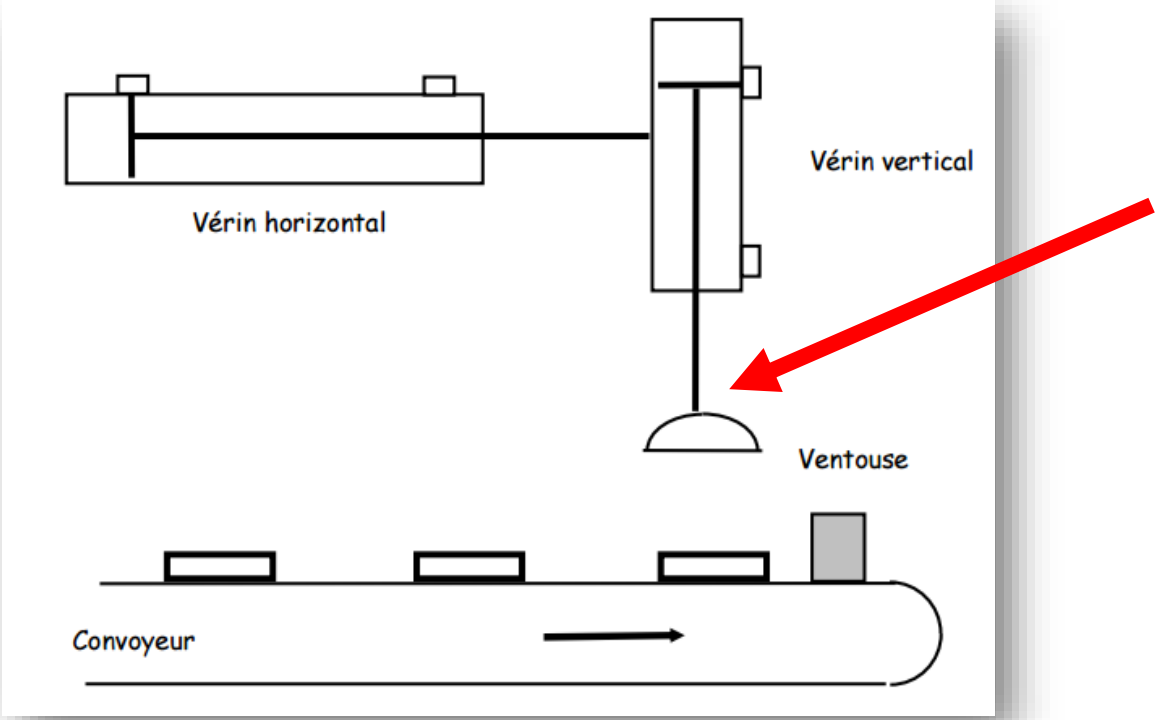
Quel sera :

- **L'AMDEC PRODUIT**
- **L'AMDEC PROCESS**
- **L'AMDEC MOYEN DE PRODUCTION**

FIN DU COURS :
Merci pour votre aimable attention

EXEMPLE (1/6)

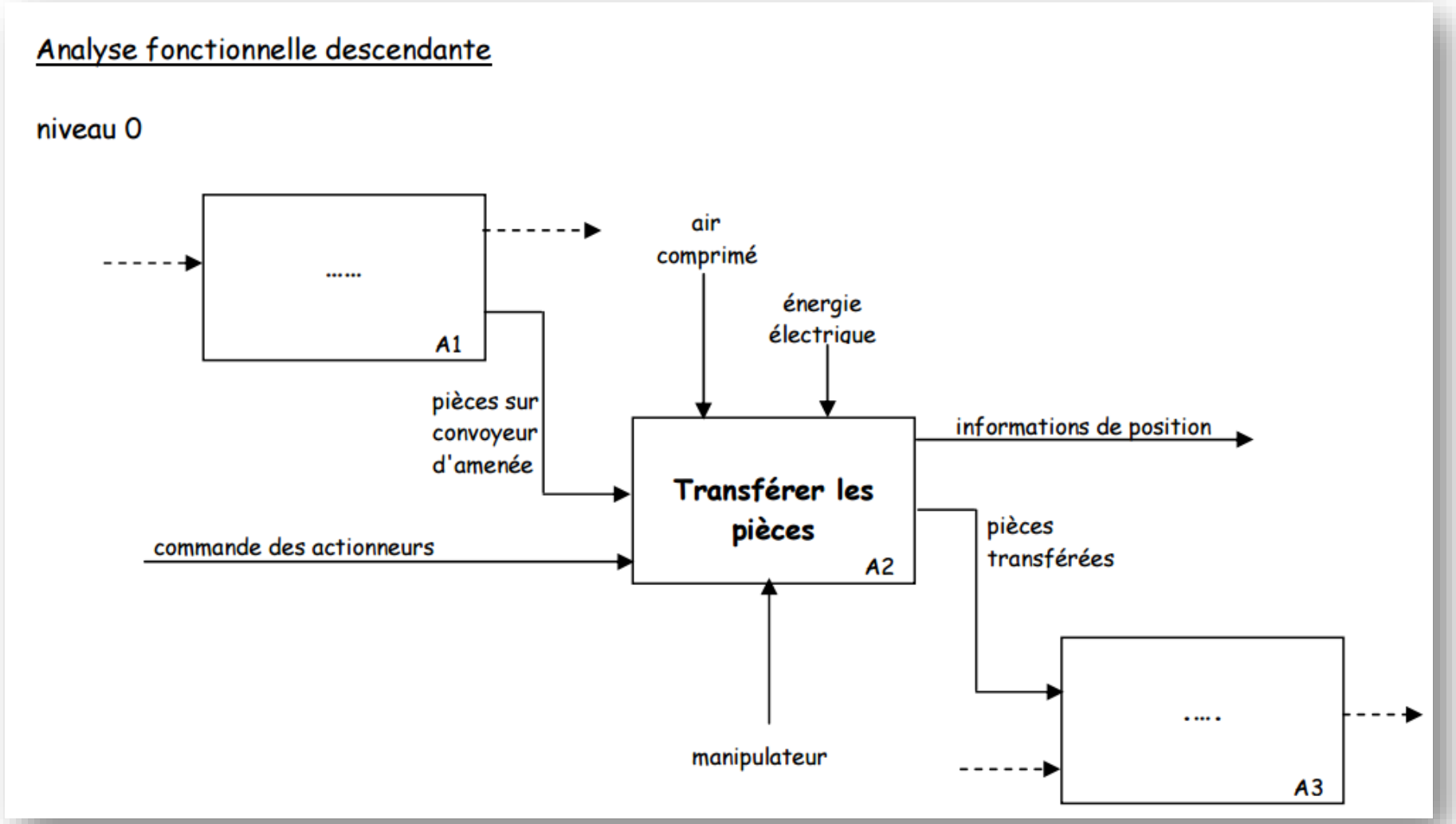
ON CONSIDÈRE UNE FONCTION DE TRANSFERT DE PIÈCES RÉALISÉE PAR UN MANIPULATEUR PNEUMATIQUE. CETTE FONCTION EST ELLE-MÊME INTÉGRÉE DANS UNE FONCTION DE PRODUCTION.



EXEMPLE

1- Analyse fonctionnelle

(2/6)



EXEMPLE

1 - Analyse fonctionnelle

(3/6)

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

EXEMPLE

2- Analyse des défaillances potentielles (4/6)

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

EXEMPLE

3 - Calcul de la criticité

(5/6)

La gravité

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

EXEMPLE

4 - Plan d'action

(6/6)

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 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
			Vent. usée	Pas de transfert	1	1	4	4	Visuel	
	Venturi	Pas d'aspiration	Encrassement	Pas de transfert	1	2	4	8	Visuel	périodique