

Méthodes d'études

	Page
Analyse causale	221
Amdec	230
Grille de coûts	239

Analyse causale

Notre expérience nous a conduits à distinguer 3 types de défaillances du matériel :
Défaillances extrinsèques – Défaillances dispersées – Défaillances intrinsèques

Une défaillance extrinsèque a une cause qui est spécifique à un organe, à une fonction, à un produit où elle apparaît ; cette cause n'est pas due à la dégradation normale d'un organe.

La défaillance peut survenir plusieurs fois par an.

Notre démarche consiste à analyser systématiquement le phénomène du point de vue physique.

Le chapitre « **Aides aux diagnostics de défaillances** » apporte des solutions en termes de causes et remèdes pour ce type de défaillance.

Les défaillances dispersées ont une cause qui est générale à plusieurs organes, ou plusieurs fonctions, ou plusieurs produits où elles apparaissent.

Il s'agit de trouver un point commun à des défaillances semblables. Ce point commun est **très souvent une ou plusieurs règles de l'art** non respectées.

Le chapitre « **Règles de l'art en maintenance** » présente 75 règles de l'art.

Une défaillance intrinsèque a pour cause l'usure ou dégradation normale d'un organe.

En général, elle nécessite le remplacement de l'organe et elle ne survient qu'au maximum une fois dans l'année.

On évite les pannes par la maintenance préventive.

Les chapitres « **Contrôles de maintenance préventive** » et « **Standards de maintenance préventive** » apportent les réponses d'ordre technique quant à ce besoin.

Il existe également des défaillances inopinées qui se manifestent en dehors des données habituelles. Etant causées par une variation inattendue des conditions de fabrication, il faut simplement prendre des mesures de remise en état pour revenir à l'état normal.

Si vous avez des historiques de pannes nous vous proposons de les transférer sur Excel comme le montre l'exemple de la page 36. Puis vous créez deux colonnes. Sur la première colonne vous identifiez les types de pannes :

- ✓ R : R1, R2, R3,...pour les défaillances répétitives ;
- ✓ D : D1, D2, D3,... pour les défaillances dispersées ;
- ✓ P : P1, P2, P3, ... pour les défaillances intrinsèques.

Il est conseillé de faire les classements dans cet ordre, en lisant bien les commentaires des dépanneurs et en les interprétant.

A titre d'information, concernant les défaillances dispersées les thèmes les plus courants sont les suivants.

Mécanique :

- Desserrages, vibrations
- Détériorations de mécanismes
- Problèmes de graissage, grippages de paliers, échauffements
- Fréquents remplacements de roulements
- Fuites
- Problèmes hydrauliques
- Casses et bris d'arbres notamment
- Problèmes fréquents sur pompes
- Pertes de vitesses

Electricité :

- Déclenchements de lignes automatisées ou pertes de fonctions
- Déclenchements généraux ou sur circuits
- Arrêts moteurs sans remplacements
- Arrêts moteurs avec remplacements
- Pertes partielles de fonctions
- Problèmes de détecteurs
- Défauts de câblages, connectique
- Fonctions défaillantes
- Micro-arrêts

Après classements des résultats, grâce à Excel, on obtient un véritable plan de fiabilisation.

Remarquons par ailleurs qu'une majorité des défaillances (répétitives, dispersées, intrinsèques) peuvent faire l'objet d'un suivi préventif.

C'est le cas de la majorité des défaillances mécaniques. Ce n'est pas le cas en électricité pour les défaillances dues à des parasites, micro-coupures, harmoniques, etc...

.

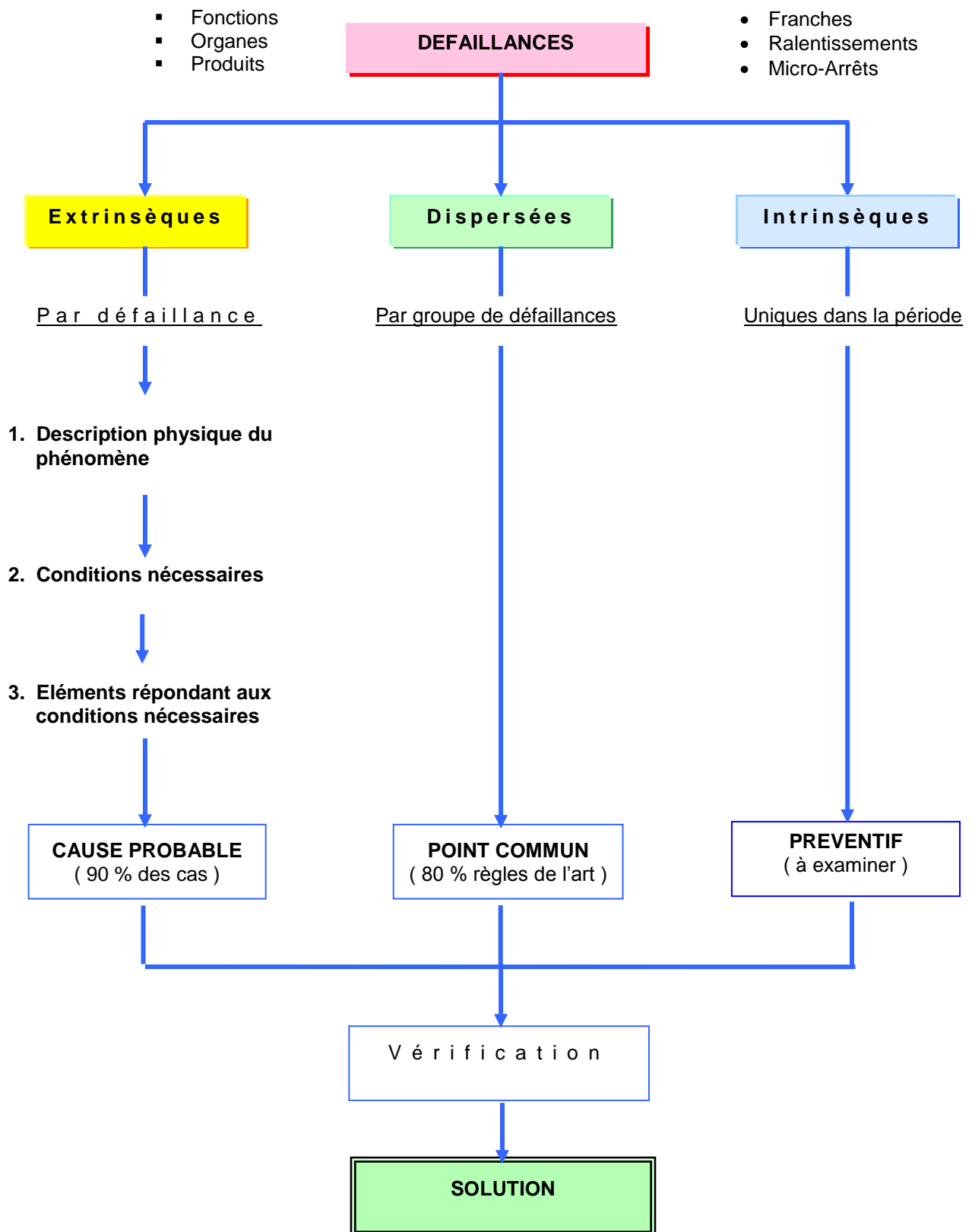
FICHIER DES DEFAILLANCES 2006						
Données ioms: listes des OT de panne 2006 sur les 5 coupeuses (03 05 09 15 34) triés par nomenclature (imputations)						
coupeuses (voir nomenclature)		date panne	durée panne	titre		observation: 1- description panne par demandeur 2- commentaire du dépanneur
Imputation	Ot	Dadpan	Durpa	Titre	Code	Observ
TEXTR34DT	27401	02/01/2006	0,5	TEXTR34ELEC	D1	DEROULEUR TISSU DISJONCTÉREARMEMENT VAR
TEXTR34EN	27458	02/01/2006	0,5	TEXTR34ELEC		FLECHE LAZER POSE BANDELETTE DISJONCTÉDEFAUT VARIATEUR REARMEMENT BF
TEXTR09EN	27735	03/01/2006	0,5	A.TEXTR09EN ELEC	D1	ENROULAGE ARRIERE DISJONCTEREARMEMENT BF
TEXTR05CO	27710	03/01/2006	0,67	A.TEXTR05CO MECA	R7-05	REGLAGE CHARIOT DE COUPEREGLE CHARIOT DE COUPE + SUIVI BF.
TEXTR09DT	28161	05/01/2006	0,5	TEXTR09DT ELEC	D1	POSTE D'ENROULAGE DISJONCTEREARMEMENT DEFAUT VARIATEUR ENROULAGE ET BF (DEFAUT FREIN HACHEUR)
TEXTR03CO	28122	05/01/2006	0,5	TEXTR03MECA	D2	VIS RESSORE HSREMISE EN ETAT BF.
TEXTR09EN	28160	05/01/2006	0,5	TEXTR09 ELEC	D3	LE PALANT NE DESCEND PLUSTROUVE 1 FILS HS DANS SERPENTIN ECHANGE FILS ET ESSAIS BF
TEXTR09EN	27983	05/01/2006	0,67	A.TEXTR9 ELEC	R23-09	PALAN HSDEBLOCAGE EN FORCAGE MANUEL,REMISE EN ETAT SERPENTIN
TEXTR34TR	28260	06/01/2006	0,02	TEXTR34MECA	R29-34	BOURRAGE ROULEAU PRESSEURFAIT MATIN
TEXTR09EN	28464	08/01/2006	0,5	*.TEXTR09ENELEC	D1	POSTE D'ENROULAGE DISJONCTE.REARM BF
TEXTR34DT	28508	08/01/2006	0,5	A.TEXTR34DELEC	D1	POSTE DEROULAGE TISSU DISJONCTEFAIT
TEXTR03DT	28482	08/01/2006	2,5	A.TEXTR03DTMECA	R13-03	ROULEAU AMBARREUR CASSE.DEMONTAGE ET REMONTAGE ROULEAU EN STOCK
TEXTR34	28620	09/01/2006	0,5	TEXTR34ELEC	D1	PLUS DE REENALISATIONCOUPURE DE L'ALIMENTATION D'UN BLOC GRIS QUI ETAIT EN DEFAUT BF
TEXTR34EN	28637	09/01/2006	0,5	TEXTR34ELEC	D1	PLUS DE FONCTION AUTOMATIQUE DU DEROULEURVU DEFAUT VARIATEUR ROULE GAUCHE TROUVE VARIATEUR PAS EN DEFAUTEFFECTUER UNE COUPURE SECTEUR ET REARMEMENT DE L ENSEMBLE DE LA MACHINE PLUS VARIATEURS SUR MACHINE REPRISE CYCLE ET BF
TEXTR03DT	28693	09/01/2006	1,17	TEXTR03	R13-03	FREIN EMBARRAGE HSCONFECTION FREIN REMISE EN ETAT SUPPORT
TEXTR03DT	28659	09/01/2006	0,02	A TEXTR03 MECA	R13-03	FREIN CUIR EMBARREUR HSFait
TEXTR09EN	28922	10/01/2006	0,42	TEXTR09 ELEC	D1	POSTE D'ENROULAGE DISJONCTEREARMEMENT VARIATEUR . ESSAI BF
TEXTR09EN	28872	10/01/2006	0,25	M.TEXTR09 ELEC	D1	PB D'ENROULAGE. FAIT.REARMEMENT DEFAUT VARIATEUR ENROULEUR ET BF
TEXTR34EN	28873	10/01/2006	0,02	A.TEXTR340 ELEC	D1	PANNE DES 3 PALANS. FAIT.FAIT VOIR AUTRE BT
TEXTR09CO	28806	10/01/2006	0,02	A.TEXTR09CO MECA	R19-09	PLAQUE LISIERE A VOIR LE TISSU BUTTE DESSUS A CHAQUE PASSAGE
TEXTR05CO	28779	10/01/2006	0,75	A.TEXTR05CO MECA	R7-05	REGLAGE CHARIOT DE COUPEDEBOURRAGE ET REGLAGE DU CHARIOT DE COUPE.
TEXTR05CO	28807	10/01/2006	1,	M.TEXTR05CO MECA	R8-05	REMETTRE FIL SUR TAPIS DE COUPE HSREMISE EN ETAT BF
TEXTR05CO	28766	10/01/2006	0,5	M.TEXTR05CO ELEC		DYSFONCTIONNEMENT DU COMPTEUR COUPEREPROGRAMATION DU COMPTEUR DE COUPE BF
TEXTR09CO	28966	11/01/2006	0,5	M.TEXTR09 MECA	R19-09	PLAQUE LISIERE COTE OPPOSE A L'OPERATEUR PROVOQUE DES BOURRAGES.REDRESSAGE PLAQUE LISIERE BF.

PLAN D'ETUDE

Données ioms: listes des OT de panne 2006 sur les 5 coupeuses (03 05 09 15 34) triés par nomenclature (imputations)

Code	Imputation	Libellé	Temps	Nb	Cumul tps	%
D1		Déclenchements électriques	221,72	421	221,72	28%
R2-05	TEXTR05CO	Problèmes de courroie sur chariot de coupe	57,29	34	279,01	35%
R9-09	TEXTR09	Dysfonctionnements Fife	45,29	49	324,3	41%
D2		Serrages et fixations	39,68	51	363,98	46%
R2-03	TEXTR03CO	Problèmes de courroie sur chariot de coupe	29,85	20	393,83	50%
R27-34	TEXTR34EN	Dysfonctionnements de crabotage	29,69	18	423,52	54%
R4-05	TEXTR05CO	Bourrages au chariot de coupe et impacts sur chariot	23,1	19	446,62	57%
R2-09	TEXTR09CO	Problèmes de courroie sur chariot de coupe	22,44	17	469,06	59%
R13-03	TEXTR03DT	Problèmes d'embarreur	21,69	8	490,75	62%
R4-03	TEXTR03CO	Bourrages au chariot de coupe et impacts sur chariot	19	23	509,75	65%
D3		Problème de connectique	18,92	26	528,67	67%
R7-09	TEXTR09CO	Réglage chariot coupe	15,94	13	544,61	69%
R31-09	TEXTR09TR	Relachement bande au transfert	15,34	14	559,95	71%
R1-03	TEXTR03CO	Problèmes de position d'arrêt du chariot de coupe	14,87	20	574,82	73%
R11-34	TEXTR34	Problème déroulage bandelettes et 1/2 gaffes	14,52	19	589,34	75%
R7-03	TEXTR03CO	Réglage chariot coupe	13,95	16	603,29	77%
R7-05	TEXTR05CO	Réglage chariot coupe	12,54	17	615,83	78%
R15-05	TEXTR05DT	Problèmes d'embarreur	12,54	11	628,37	80%
R4-09	TEXTR09CO	Bourrages au chariot de coupe et impacts sur chariot	12,45	20	640,82	81%
R22-09	TEXTR09EN	Dysfonctionnements de crabotage	11,11	16	651,93	83%
R24-15	TEXTR15DT	Problèmes d'embarreur	10,51	11	662,44	84%
R16-05	TEXTR05DT	Problèmes de déroulage : embrayage et crabotage	9,77	8	672,21	85%
R26-15	TEXTR15EN	Problèmes de centrage avant le poste d'enroulage	9,46	11	681,67	86%
R23-09	TEXTR09EN	Dysfonctionnements du palan	8,67	9	690,34	88%
R29-34	TEXTR34EN	Problèmes de presseur	6,93	9	697,27	88%
R14-05	TEXTR05CO	Problèmes de tension toile et tapis	6,92	7	704,19	89%

Examen des historiques sur une période de six à douze mois



Défaillances répétitives

Remarque importante

Pour toute analyse causale il est impératif de commencer à respecter les 2 points suivants.

Consulter l'Exploitation (Fabrication)

Le premier concerné doit être consulté : l'**opérateur**, de même que son contremaître ou chef d'équipe. En tant qu'ingénieur conseil nous avons résolu de nombreuses pannes simplement en allant voir l'opérateur (ou les opérateurs). Trop souvent on ne vient pas le voir sur son lieu de travail ; donc il garde pour lui ce qu'il sait (parfois la cause du problème). De toute manière il ne peut que donner des indications précieuses.

Il arrive parfois que la Maintenance ne voit qu'une partie du problème en fonction des enregistrements. Mais il peut y avoir des interventions de l'exploitation non renseignées alors qu'elles sont liées à la même cause.

Consulter l'exploitation permet de voir également si l'on parle d'une ou de deux pannes ayant le même effet (par exemple un problème de parasite d'une part et de connectique d'autre part).

Rechercher tous les modes opératoires

1. *Modes opératoires du constructeur*

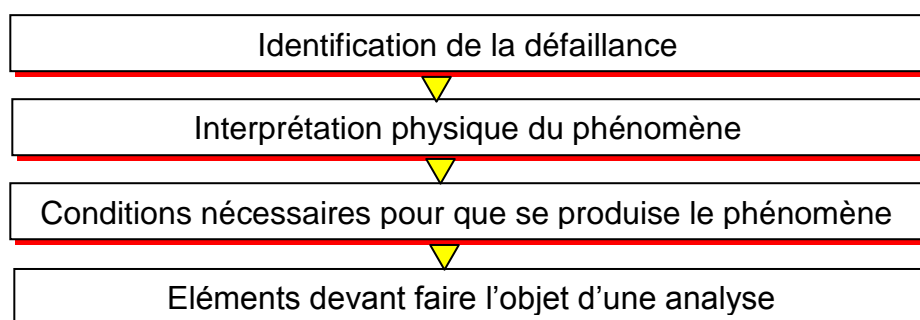
Très souvent les défaillances sont dues à des modes opératoires non respectés (réglages ou changements de pièces). Il est donc impératif de retrouver ces modes opératoires en Maintenance ou au Bureau d'Etude.

2. *Règles de l'art concernant l'équipement*

Le respect des règles de l'art est à vérifier : serrages, alignements, tension de courroie....

Trop souvent les techniciens disent : oui on sait... surtout dans les grosses entreprises. Ce n'est pas toujours vrai.

Après les vérifications précédentes, si la cause n'est pas trouvée la méthode que nous proposons est simple et expérimentée à travers de multiples applications en France et à l'Etranger :



Identification de la défaillance

Il faut décrire le problème (QQOQCC) en répondant aux questions suivantes :

QUI ?

Qui s'aperçoit de la défaillance ?

Qui intervient ?

QUOI ?

*Qu'est-ce qui est cassé, usé, corrodé ?
Avec quoi intervient-on ?*

OU ?

*Quel endroit, quel circuit, quelle zone ?
Y-a-t'il un équipement similaire sur lequel ne survient pas la défaillance ?*

QUAND ?

*Quels jours ? Quelles heures ?
Depuis quand ?
Pendant quelle opération ?*

COMMENT ?

Est-ce une fissure ? une usure asymétrique ?.....etc.

COMBIEN ?

*de jeu, de pression, d'usure... ?
Trouvez l'unité qui rend le mieux compte de l'état d'usure : tonnes ou unités produites entre 2 défaillances, mm de corrosion par an,...*

REMEDE ⇒

*Comment fait-on pour redémarrer quand la défaillance apparaît ?
Quelle réparation éventuelle fait-on ?*

Il s'agit dans cette étape de recueillir tous les éléments pour identifier le problème et de contrôler leur exactitude.

Le plus possible, on prendra en compte les constatations faites par les opérateurs d'exploitation.

Dans certains cas, il est utile de réunir un groupe de personnes concernées.

Interprétation physique du phénomène

Exemples :

- S'il y a corrosion : est-ce une corrosion chimique, atmosphérique, galvanique, par cavitation ou tout simplement une érosion ?
- S'il y a casse : est-ce une casse par torsion, par cisaillement, par fatigue, par choc... ?
- Est-ce une carbonisation due à un apport thermique excessif, etc
- ***Le plus possible, on prendra en compte les constatations faites par les réparateurs.***

Dans certains cas, on devra :

- attendre une nouvelle défaillance pour faire un relevé de l'état de l'organe,
- utiliser des moyens particuliers tels que la photographie, des relevés de pressions, de températures, etc...
- faire une analyse par un laboratoire.

Par expérience, on constate que très souvent on découvre la cause simplement par l'identification de la défaillance et l'interprétation physique du phénomène.
Dans ce cas, bien sûr il ne faut pas poursuivre l'analyse.

Conditions nécessaires pour que se produise la défaillance

On répond à cette question, en prenant en compte à la fois l'interprétation physique du phénomène et les caractéristiques propres de l'organe étudié.

Exemples :

- S'il y a carbonisation due à un apport thermique excessif, les conditions nécessaires pour que se produise la défaillance peuvent être : manque de lubrification, refroidissement insuffisant, pression trop forte,...
- Si un arbre est cassé par torsion (on le voit à l'examen) la condition nécessaire est qu'il y ait un blocage dans la chaîne cinématique.
- Si est cassé par flexion (non alternée) la condition est qu'il y ait une poussée entre deux paliers, etc...

A ce stade, on peut utiliser une « Aide au diagnostic » pour trouver plus rapidement la cause.

Eléments devant faire l'objet de l'analyse

Les réponses aux 2 questions précédentes vont guider le choix des différents éléments à prendre en considération dans l'analyse.

Une sélection est donc à faire parmi la liste exhaustive ci-après :

- L'organe défaillant lui-même.
- Les autres organes (ou sous-ensembles) en relation directe, ou indirecte dans la mesure où ils sont très proches, avec l'organe défaillant :
 - en amont,
 - conjoints,
 - en aval.
- Les fluides utilisés pour le fonctionnement de l'organe défaillant : huile, graisse, eau, produit de blocage pour garnitures mécaniques de pompes, etc...
- Les énergies utilisées pour le fonctionnement de l'organe défaillant : électricité, air comprimé, vapeur, etc...
- Les produits en relation avec l'organe défaillant, ou avec les autres organes (il convient d'avoir de bonnes connaissances technologiques pour préciser les caractéristiques des produits pouvant avoir une influence sur les organes : corrosion, érosion, encrassement, agression mécanique, etc...)
 - en fonctionnement normal,
 - lors d'opérations spéciales.
- Le système de commande et régulation.

Si nécessaire, on précisera certains points clés concernant :

L'utilisation

- La marche normale, semi-automatique, manuelle
- Les réglages pour changements de produits
- Les nettoyages
- Les redémarrages
- Les opérations particulières

Le milieu

- la température et ses variations
- le son et les vibrations
- la lumière avec ses variations
- les poussières
- l'humidité

On examinera alors si la variation d'un de ces éléments est liée à une condition nécessaire.

Défaillances dispersées

Généralement les défaillances dispersées sont faciles à résoudre.

Exemple significatif : il s'agit d'une usine de la sidérurgie où les pannes principales étaient les desserrages pour la partie mécanique, les défaillances inexpliquées pour la partie électrique.

Le Chef Maintenance prit deux décisions.

1. A côté des vis et écrous sur les lieux du self service, il fit placer les rondelles freins qui étaient en magasin. Puis il donna les bonnes instructions au personnel : toujours mettre un frein soit une rondelle frein soit un contre-écrou, et employer la clé dynamométrique ou la clé hydraulique quand cela est nécessaire.
2. Il fit acheter des pinces ampéremétriques adaptées pour chaque chef d'équipe. Il demanda alors au personnel de revenir avec une pince pour détecter la présence d'un déséquilibre de phase, après un réenclenchement de disjoncteur ou d'un relais thermique de moteur.

Un an après les deux problèmes avaient disparus.

Pour résoudre les défaillances dispersées il faut donc rechercher les modes opératoires ou les règles de l'art à respecter. Il faut parfois prendre certaines dispositions comme dans l'exemple précédent. Cela peut conduire à l'achat de matériel comme un tensiomètre, une latte de mesure de pas de chaîne, etc...

Défaillances intrinsèques

La résolution se fait bien sûr par des visites préventives.

A noter que s'il y a beaucoup de pannes, c'est que le plan de préventif est insuffisant ou non adapté, ou que les visites ne sont pas bien faites.

En effet, les contrôles permettent de détecter une très grande partie des défaillances même répétitives ou dispersées.

Quand la maintenance préventive fonctionne bien, le plan de fiabilisation se crée à partir des résultats des visites et non des historiques de pannes. De toute manière il faut chercher à éliminer des interventions même si ce ne sont plus des pannes.

Amdec

Beaucoup recommandent la méthode Amdec pour rechercher les causes de défaillances. Elle se pratique en petits groupes mixtes Exploitation/Maintenance de 3 ou 4 personnes.

Elle demande beaucoup, beaucoup de temps. Nous ne l'avons que très , très peu utilisée. De fait elle a motivé notre recherche de création de « standards » au travers de nos nombreuses expériences

Amdec : Analyse des Modes de défaillances et de leur Criticité

La présente description a pour objet la définition de la méthode d'analyse qualitative de fiabilité et de maintenabilité appelée AMDEC e Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités. (Traduit de l'anglais FMECA : Failures Modes, Effects and Criticality Analysis).

But de l'amdec principes de base

L'AMDEC contribue à l'obtention de la fiabilité ou de la maintenabilité optimale d'un dispositif ou d'un système, en mettant d'abord en évidence les points à risques pour les réduire ensuite par des mesures appropriées.

Elle permet de faire évoluer l'état d'esprit et la façon d'appréhender les problèmes de qualité-fiabilité, en imposant la rigueur d'analyse et en montrant qu'il est possible d'intervenir très tôt sur la fiabilité-maintenabilité, lorsque des mesures correctives sont encore possibles, et sans attendre les résultats d'essais ultérieurs.

Généralités

L'AMDEC est une technique d'analyse prévisionnelle rigoureuse, qui permet d'analyser et d'estimer les risques d'apparition de défaillances et leurs conséquences.

Pour qu'elle corresponde à la perception de l'utilisateur (sensibilisé à l'apparition d'une défaillance, et à la gêne qu'elle procure), chaque défaillance est caractérisée par sa probabilité d'apparition et sa gravité estimée.

L'AMDEC prend en compte chaque étape de la chaîne d'évènements conduisant à l'apparition d'une défaillance pour l'utilisateur, c'est-à-dire :

- ⇒ Cause de défaillance (défaut initial)
- ⇒ Mode de défaillance induit par cette cause
- ⇒ Non détection du défaut avant qu'il n'atteigne l'utilisateur

Elle concerne toutes les activités conduisant à l'élaboration d'un produit, d'un moyen de production, et à son utilisation : Bureau d'Etudes, Exploitation, Maintenance, Méthodes, Contrôle, Etc..

Domaine d'application

La méthode s'applique à tous les dispositifs ou systèmes qui risquent de ne pas tenir les objectifs de fiabilité ou de maintenabilité qui leur sont assignés

Les défaillances potentielles qui peuvent grever la fiabilité ou la maintenabilité sont évaluées en se référant aux fonctions de l'objet analysé.

Dans le but d'améliorer la fiabilité ou la maintenabilité de l'objet, on procède à une analyse critique de sa conception, ou de son procédé d'exploitation et non de ses fonctions.

Ces fonctions doivent être consignées dans le cahier des charges fonctionnel de l'objet analysé.
L'analyse ne peut se faire que si l'on dispose d'une représentation concrète de ces fonctions (Exemples : plans et nomenclatures des composants de l'objet, descriptif du processus d'exploitation..)

L'AMDEC est entreprise le plus tôt possible, pour disposer du temps nécessaire à la mise en œuvre des actions à entreprendre en vue d'empêcher les défaillances d'atteindre le client, ou l'utilisateur du moyen d'exploitation.

L'objet peut être :

Un produit :

- ⇒ AMDEC PROJET-PRODUIT
Analyse de la conception du produit
- ⇒ AMDEC PROCESSUS-PRODUIT
Analyse des opérations de production (Fabrication, Manutention, Contrôle...) du produit

Un moyen de production ou exploitation

- ⇒ AMDEC MOYEN D'EXPLOITATION
Analyse de la conception et de l'exploitation de la machine ou système

La méthode est identique pour ces deux objets. Seuls diffèrent les supports et les barèmes de cotation.

Méthode amdec moyen d'exploitation

Découpage de l'objet étudié

On procède à un découpage en sous-ensembles et éléments dont on précise les fonctions et les liaisons. Un élément peut comporter plusieurs composants identiques travaillant dans les mêmes conditions, et dont les défaillances ont les mêmes conséquences. La connaissance de ces fonctions est nécessaire à l'explication du mécanisme de défaillance.

Evaluation des défaillances potentielles

Détermination des critères qualificatifs

Pour chaque élément du dispositif ou système, on détermine et énumère les critères ci-après, en remplissant la grille-support.

⇒ Mode de défaillance

Un mode de défaillance est la manière dont le dispositif ou le système peut s'arrêter de fonctionner ou fonctionner anormalement.

Le mode de défaillance est relatif à chaque fonction de chaque élément.

Il s'exprime en termes physiques.

Exemple : rupture – desserrage – coincement – fuite – court circuit..

⇒ Cause de défaillance

On recherche et on décrit les événements susceptibles de conduire au mode de défaillance.

Une cause de défaillance est l'anomalie initiale pouvant conduire à la défaillance, par l'intermédiaire du mode de défaillance.

Exemple : sous-dimensionnement – absence de frein d'écrou – manque de lubrifiant..

Note : à un mode de défaillance peut correspondre plusieurs causes, et réciproquement.

⇒ Effet de la défaillance

Pour chaque élément et pour chaque mode de défaillance, on décrit les conséquences subies par l'utilisateur.

Pour l'AMDEC Moyen d'exploitation, les conséquences sont relatives à l'utilisateur du moyen.

Exemple : arrêt de production – sécurité machine..

⇒ Détection

Une cause (et/ou un mode) de défaillance étant supposée apparue, on analyse et on dresse la liste de tout ce qui empêche cette cause et/ou le mode de défaillance d'arriver à l'utilisateur.

Exemple : non-visibilité – capotage – mesure inexistante ..

Chiffrage des risques

Le chiffrage est basé sur la chaîne d'événements conduisant à la perception d'une défaillance par l'utilisateur.

Le chiffrage permet :

- de mettre en évidence l'importance de chaque cause de défaillance en tenant compte de la fréquence potentielle d'apparition de celle-ci, de sa gravité et de sa non-détection,
- de hiérarchiser les causes afin de mettre en évidence celles qui devront faire l'objet d'une action prioritaire,
- à l'aide de barèmes de rendre la cotation homogène.

DEFINITIONS

⇒ Indice de gravité G

On se réfère uniquement à l'effet de chaque défaillance ressenti par l'utilisateur.
La cotation varie de 1 à 4.

⇒ Indice de fréquence F (ou occurrence)

Il représente le risque que la cause potentielle de défaillance survienne et qu'elle entraîne le mode potentiel de défaillance considéré.

La cotation varie de 1 à 4.

⇒ Indice de non-détection D

C'est la probabilité que la cause (et/ou le mode) de défaillance supposée apparue atteigne l'utilisateur.

CALCUL DE CRITICITE

Pour chaque cause de défaillance, on effectue le produit des 3 indices : Gravité, Fréquence, Non-détection.

Le résultat donne L'INDICE DE PRIORITE DE RISQUE (IPR) : $IPR = G \times F \times D$

L'IPR varie de 1 à 64

HIERARCHISATION

Pour avoir une image globale de la fiabilité et de la maintenabilité potentielle du dispositif ou système, on représente les IPR sous la forme d'un histogramme. Les classes d'IPR sont représentées en abscisse ; en ordonnée on porte le nombre de causes correspondant. Cette représentation facilite le suivi des améliorations ultérieures.

Actions correctives

Après la mise en évidence des risques de défaillances critiques,
IL EST IMPERATIF QUE DES ACTIONS CORRECTIVES SOIENT PRISES.

Les actions correctives sont engagées pour les causes de défaillance dont l'IPR dépasse un seuil fixé à l'avance.

On choisit habituellement un seuil supérieur ou égal à 16.

Ces valeurs peuvent être modifiées en fonction des exigences liées aux objectifs.

Une diminution de l'IPR pourra être obtenue en jouant sur un (ou plusieurs) terme (s) du produit $G \times F \times D$.

On pourra donc :

- ⇒ Agir en priorité sur les causes (diminution de l'indice de fréquence F) en intervenant sur un des paramètres suivants :
 - modifications de la définition des plans, fiabilité des organes,
 - maintenance préventive,
 - etc..
- ⇒ Agir sur la conception (diminution de l'indice de gravité G)
Pour le moyen de production ou d'exploitation, dans la mesure où la gravité s'exprime en termes d'arrêt machine, on peut intervenir sur l'accessibilité, la démontabilité, l'aide au diagnostic, la standardisation..
- ⇒ Améliorer ou mettre en œuvre des détections (diminution de l'indice de non-détection D)

L'objectif « COUT » n'intervient qu'à ce stade de l'analyse.

Suivi

Le suivi est un aspect primordial pour le succès de cet outil analytique. Pour toutes les mesures prises, il faut désigner des responsables et établir un plan d'actions.

Un nouveau calcul des criticités (IPR) est effectué après chaque modification.

La correction des défaillances reste engagée jusqu'à ce que le dispositif soit jugé satisfaisant.

Exemples

RESUME DE LA METHODE AMDEC

- 1^{ère} étape Décomposition du dispositif ou système en sous-ensembles et éléments ou décomposition des opérations d'exploitation.
- 2^{ème} étape Evaluation qualitative des défaillances : MODE – EFFET – CAUSE – DETECTION
- Evaluation quantitative des défaillances : GRAVITE – FREQUENCE – NON-DETECTION
- Criticité d'une défaillance.
- Hiérarchisation
- 3^{ème} étape Actions correctives.
Choix.
Organisation, coordination et contrôle
- de l'essai des actions proposées,
 - de leur application.
- 4^{ème} étape Suivi

AMDEC MOYEN D'EXPLOITATION

1. SUPPORT (Format A3)

1. Désignation du système
2. Désignation du sous-système
3. N° de plan du système et sous système
4. Utilisation du moyen
5. Numéro d'édition et date
6. Numéro de folio
7. N° de repère dans le plan du sous-système
8. Identification de l'élément ou du composant étudié
9. Fonction(s) de l'élément ou du composant étudié
10. De quelle manière l'élément ou le composant risque-t-il de ne plus fonctionner ?
11. Anomalies initiales pouvant conduire au mode de défaillance
12. Effets pour l'utilisateur de la défaillance sur le système et/ou le sous-système
13. Détection (signe avant-coureur, alerte automatique..)

14. Chiffrage des risques pour chaque cause de défaillance
 - F ⇒ Indice de fréquence de la défaillance
 - G ⇒ Indice de gravité de la défaillance
 - D ⇒ Indice de non-détection de la défaillance
 - IPR ⇒ Indice de priorité de risque : $F \times G \times D$
15. Temps nécessaire à l'échange de l'élément ou du composant défaillant
16. Mesures à prendre pour réduire l'IPR en jouant sur la conception
17. Mesures à prendre pour réduire l'IPR en jouant sur la maintenance (préventif, outillage..)
18. Calcul du nouvel IPR
19. Responsable des mesures correctives et délais

ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET CRITICITE – A.M.D.E.C.															
Système : (1)		N° Plan : (3)					Phase opérationnelle (4)			Dates des analyses (5)			Folio(6)		
S/Système : (2)		N° Plan :													
N°	Elément ou Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur syst. s/syst.	Défect .	F	G	D	IP R	Mesures correctives			Nouv IPR	Resp
											Modifications à réaliser	Maintenance préventive	P.d.R		
(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)			(15)	(16)	(17)		(18)	(19)

2. **TABLEAUX DE CRICITE** (Exemples)**GRAVITE**

1	Non critique	Ne remet pas en cause la mission
2	Peu critique	Interruption partielle de la mission (ralentissement)
3	Critique	Interruption de la mission
4	Très critique	Risque d'accident de personnes Durée d'arrêt importante

ARRET

Inférieur 5 min



Supérieur 8 h

FREQUENCES

1	Quasi impossible	Intervalle sans défaillance supérieur à 1 an
2	Possible	Intervalle sans défaillance compris entre 6 mois et 1 an
3	Certaine	Intervalle sans défaillance compris entre 1 mois et 6 mois
4	Fréquente	Intervalle sans défaillance inférieur à 1 mois

DETECTION

1	Signe avant coureur (bruit, vibrations, jeu anormal, échauffement..) de la défaillance que l'opérateur pourra éviter par une action préventive, ou alerte automatique d'incident.
2	Il existe un signe avant coureur de la défaillance mais il y a risque que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur. Détection par inspection visuelle.
3	Le signe avant coureur de la défaillance n'est pas facilement décelable. Détection par mesure ou démontage.
4	Il n'existe aucun signe avant coureur de la défaillance. Aucune détection possible.

EXEMPLES**Quelques exemples de causes de défaillances**

	Electronique / Electromécanique	Hydraulique	Mécanique
Causes internes au matériel	<ul style="list-style-type: none"> - Vieillessement - Composant MS (mort subite) 	<ul style="list-style-type: none"> - Vieillessement - Composant MS - Colmatage - Fuite 	<ul style="list-style-type: none"> - Contraintes - Fatigue - Colmatage
Causes liées au milieu, à l'exploitation, à l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> - Poussières, huile, eau - Chocs, vibrations - Echauffement local - Parasites, arc 	<ul style="list-style-type: none"> - Température - Eau, huile, poussières - Echauffement local - Chocs, vibrations 	<ul style="list-style-type: none"> - Température - Eau, huile, poussières - Echauffement local - Chocs, vibrations
Causes liées à la main d'œuvre, aux outils	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication, montage, réglage - Contrôle - Manque énergie - Utilisation, outils 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication, montage réglage - Contrôle - Manque énergie - Utilisation, outils 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication, montage réglage - Contrôle - Manque énergie - Utilisation, outils

Exemples de modes de défaillance fonctionnelle et causes associées

	Electronique / Electromécanique	Hydraulique	Mécanique
Pas de fonction	<ul style="list-style-type: none"> - Circuit ouvert - Court-circuit - Pas de réponse à la sollicitation - Connexion/ fil desserré 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuite - Circuit bouché 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de jeu
Pertes de fonction	<ul style="list-style-type: none"> - Coupure ou court-circuit - Composant défectueux 	<ul style="list-style-type: none"> - Obstruction ou coupure circuit - Composant défectueux 	<ul style="list-style-type: none"> - Rupture - Blocage - Grippage
Fonction dégradée	<ul style="list-style-type: none"> - Dérive des caractéristiques - Perturbations - Parasites 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise étanchéité - Usure - Perturbations 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise portée - Désolidarisation - Jeu
Fonction intempestive	<ul style="list-style-type: none"> - Déclenchement intempestif 	<ul style="list-style-type: none"> - Coup de bélier 	

Grille des coûts

ACTIONS	REDUCTIONS DES COUTS				
	M.O.	S/Trait.	Pièces	Arrêts	Stock
REDUCTION DES BESOINS EN INTERVENTIONS					
1. Analyse et résolution des défaillances					
L'impact est double : <ul style="list-style-type: none"> - amélioration de la disponibilité des équipements, - réduction du coût de maintenance : <ul style="list-style-type: none"> - heures, - pièces, - sous-traitance. <p>Notre méthode D.R.D.I est particulièrement performante. Elle distingue défaillances répétitives, défaillances dispersées et défaillances intrinsèques. Sa force est la rigueur de l'analyse soutenue par une documentation en règles de l'art qui est unique</p>					
2. Rigueur de l'opérationnel de maintenance					
Les coûts de maintenance dépendent, pour une bonne part, des manières de pratiquer De mauvaises pratiques entraînent : <ul style="list-style-type: none"> - des prestations de durées anormales, - des risques de défaillances du matériel. Il faut introduire de la rigueur par : <ul style="list-style-type: none"> - des modes opératoires et règles de l'art à formaliser, - des accès à la documentation technique à organiser, - des contrôles (ou tests) en cours et après réparations, avec l'autorité de la maîtrise. 					
3. Consignes de fabrication définies et appliquées					
Au niveau de la Fabrication, le constat est identique à celui fait pour la Maintenance en ce qui concerne les risques de défaillances. Il faut mettre en place et faire respecter des modes opératoires appropriés.					
4. Eliminer des organes					
Le progrès technologique permet, dans certains cas, d'éliminer des organes. Exemples : l'emploi de pompes avec moteurs à vitesse variable ne nécessite plus l'utilisation de vannes de régulation; il n'y a plus de vis platinées dans les voitures automobiles, etc. Parfois, des modifications ont éliminé l'usage d'un matériel sur lequel on intervient encore en maintenance.					
5. Eliminer des besoins en prévention permanente					
Exemples : roulements étanches – graisseurs automatiques – filtres auto-nettoyants – etc.					
6. Eliminer des besoins en détection d'anomalies					
Exemple : contrôle à distance des vigiles-ohms des TGBT, etc.					
7. Qualité des pièces de rechange					
<ul style="list-style-type: none"> • Pièces neuves, avec des modalités de réception qualitative. • Pièces réparables : assurance qualité avec des contrôles et tests lors des réparations + une garantie vis-à-vis des défauts cachés. 					

8. Qualité de la sous-traitance

Des modalités d'Assurance Qualité sont nécessaires tant dans les contrats, que dans les contrôles et réception des différents travaux.

9. Analyser les consommations de pièces de rechange

Il est toujours intéressant de faire des analyses Pareto sur les consommations de pièces, puis d'analyser le pourquoi de ces consommations. On a parfois des surprises qui conduisent à réduire des achats et réparations

ACTIONS	REDUCTIONS DES COUTS				
	M.O.	S/Trait.	Pièces	Arrêts	Stock
REDUCTION DES TEMPS DE MAIN D'OEUVRE					
10. Gestion des travaux et de l'activité, planification <ul style="list-style-type: none"> - Urgences U1, U2, U3 - Préparation des travaux : elle permet de gagner 25% des heures des travaux préparables - Ordonnancement et lancement (ou distribution du travail) - Coordination différents corps de métier. - Travaux prévus confiés aux postés (notamment des visites préventives). <pre> graph TD Demandes --> OT[O.T.] OT -- 3 --> Preparation[Préparation] OT -- 2 --> Planning[Planning journalier/hebdo.] Preparation --> Tableau[Tableau de charge] Tableau --> Planning Planning --> Realisation[Réalisation] Realisation --> Enregistrement[Enregistrement] </pre>					
11. Faciliter l'accès aux pièces de rechange					
Catalogue des pièces – localisation et ouverture des magasins – self-services – livraisons sur chantiers, etc.					
12. Développer la polyvalence					
<ul style="list-style-type: none"> - Polyvalence capacitive : il faut veiller à ce que chaque homme utilise sa compétence technique et ses capacités physiques. - Polyvalence technique et polyvalence géographique <ul style="list-style-type: none"> - polyvalence technique : dans la technologie et des technologies parallèles - polyvalence géographique : sur plusieurs matériels d'un même site. - Equipes polyvalentes soit en permanence, soit temporairement 					

13. Liaisons formalisées avec la fabrication Tous les jours pour les problèmes immédiats. Chaque semaine pour la planification de la semaine suivante (ou la quinzaine) Chaque trimestre pour l'examen du tableau de bord et les études d'améliorations. Chaque année pour le budget.				
14. Structure optimisée La structure ne doit être ni trop lourde ni trop légère. Généralement on vise un ratio indirects / directs de 4,5. Par ailleurs elle doit être bien adaptée à la fonction maintenance qui n'est pas de l'entretien.				
15. Regroupement de la sous-traitance Lorsqu'il y a de petites prestations les temps sont toujours majorés en raison de temps de déplacements, ou de sous-activité. Il y a toujours intérêt à regrouper avec peu de sous-traitants pour des raisons de coûts et de qualité des travaux (sauf le cas de travaux très spécialisés)				

ACTIONS	REDUCTIONS DES COUTS				
	M.O.	S/Trait.	Pièces	Arrêts	Stock
DIMINUTION DES TEMPS D'ARRETS					
16. Maintenance préventive On ne pratique plus la maintenance préventive d'il y a 10 ou 15 ans, avec beaucoup de remplacements systématiques. Aujourd'hui, la maintenance préventive est prédictive. De ce fait : - elle n'augmente pas le coût direct de maintenance; bien souvent, elle le réduit car elle permet la programmation. - elle est très efficace sur le plan de la prévision. On utilise de plus en plus des moyens de Contrôles Non Destructifs (CND).					
17. Auto-maintenance L'assistance des opérateurs permet : de résoudre directement de petites pannes, de faciliter des diagnostics, d'aider les dépanneurs.					
18. Diminution des fréquences d'arrêts programmés Les arrêts programmés entraînent bien sûr des pertes de temps. Différents moyens existent pour diminuer à la fois leur fréquence et leur durée : plus grande prévision, plus grande préparation, plus de moyens humains sur chaque arrêt (sous-traitance au forfait ou en régie contrôlée)					

REDUCTION DU COUT DES PIECES					
19. Connaître les fabricants de pièces					
Acheter une pièce chez le constructeur de la machine coûte souvent 3 à 5 fois le prix de vente chez le fabricant de cette pièce. Il faut utiliser toutes les formules possibles pour trouver les noms et coordonnées des fabricants de pièces non spécifiques.					
20. Etablir des contrats cadres					
La négociation de contrats cadres avec les fournisseurs permet toujours d'obtenir des réductions de prix intéressants. Par ailleurs, des formules de « commandes ouvertes » réduisent les coûts de passation de commandes. Enfin, l'obtention de stocks en consignation permet de réduire le coût des stocks					
21. Réparer plutôt qu'acheter					
Il s'agit de déterminer les critères de choix puis adapter la gestion des travaux en conséquence.					
REDUCTION DU COUT DE GESTION DU STOCK					
22. Révision des paramètres de gestion du stock					
Point de commande – quantité économique					
23. Peignage technique des pièces					
Avoir en stock que des pièces pour les urgences					
24. Amélioration du magasinage					
Vérifier si le nombre de magasiniers est bien adapté, et si des moyens modernes peuvent améliorer (self-services, codes barres..)					
CONNAISSANCE DES COUTS ET HISTORIQUES					