**2.1. DEFINITION**

L’AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leur Effets et de leur Criticité) est un outil méthodologique permettant l’analyse systématique des dysfonctionnements potentiels d’un produit, d’un procédé ou d’une installation. Cette démarche offre un cadre de travail rigoureux en groupe associant les compétences et expériences de l’ensemble des acteurs concernés par l’amélioration de performance de l’entreprise. L’AMDEC permet de mobiliser les ressources de l’entreprise autour d’une préoccupation commune à tous : l’amélioration de la disponibilité de production.

**2.2. DOMAINES D’UTILISATION**

Le souci permanent des responsables de maintenance est de fournir, à leurs clients internes, des heures de bon fonctionnement de l’outil de production. Passé le constat de l’écart de performance (non-disponibilité, non-qualité), le responsable de maintenance doit envisager des actions visant à éradiquer les dysfonctionnements.

La méthode AMDEC a été utilisée originellement dans le traitement des risques potentiels inhérents aux activités de production de l’armement nucléaire. Progressivement elle a été adaptée a l’ensemble des activités a risques (domaine aéronautique, spatial, grands travaux), puis a été intégrée dans les projets industriels. De nos jours, son emploi est très répandu dans le monde industriel soit pour améliorer l’existant, soit pour traiter préventivement les causes potentielles de non-performance des nouveaux produits, procédés ou moyens de production.

L’utilisation de l’AMDEC peut paraitre fastidieuse : cependant, les gains qu’elle permet de réaliser sont très souvent bien plus importants que les efforts de mise en œuvre qu’elle suggère. La mise en œuvre de l’AMDEC offre une garantie supplémentaire pour l’entreprise industrielle de l’amélioration de ses performances. Son utilisation très tôt en phase de conception (du produit, du procédé ou de l’outil de production) révèle la volonté de l’entreprise d’anticiper les problèmes potentiels plutôt que d’en subir les conséquences à terme.

**2.3. HISTORIQUE**

L’analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode d’analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser systématiquement les défaillances potentielles d’un dispositif puis d’estimer les risques liés a l’apparition de ces défaillances, afin d’engager les actions correctives à apporter au dispositif. L’AMDEC a fait son apparition en France dans le domaine aéronautique (Concorde puis Airbus) au cours des années 1960. Introduite dans l’industrie manufacturière de série depuis les années 1980, son application y reste, encore aujourd’hui, très répandue. L’industrie de procès pour sa part met en œuvre plus facilement la méthode HAZOP dont les fondements s’inspirent de l’AMDEC.

* **Années** **1950 :** la méthode FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) est introduite aux Etats-Unis dans les domaines des armes nucléaires.
* **Années 1960 :** cette méthode est mise en application en France sous le nom d’AMDEC pour les programmes spatiaux et aéronautiques.
* **Années 1970 :** son application est étendue au domaine du nucléaire civil, des transports terrestres et des grands travaux.
* **Années 1980 :** l’AMDEC est appliquée aux industries de produits et de biens d’équipement de production.

L’AMDEC, par l’évaluation de la criticité des conséquences des défaillances, permet de les classer par importance et de préparer un plan d’action visant à optimiser le moyen de production et, ainsi, à réduire la criticité (action sur la probabilité d’application de la défaillance et/ou sur la gravité de la conséquence). **[03]**

**2.4. BUT DE L’AMDEC**

L’AMDEC est une technique qui conduit à l’examen critique de la conception dans un but d’évaluer et de garantir la sureté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d’un moyen de production. L’AMDEC doit analyser la conception du moyen de production pour préparer son exploitation, afin qu’il soit **fiable** et **maintenable** dans son environnement opérationnel. Pour parvenir à ce but, le propriétaire de l’installation exige :

* Qu’elle soit intrinsèquement fiable ;
* De disposer des pièces de rechange et des outillages adaptés ;
* De disposer des procédures ou aide minimisant les temps d’immobilisation du moyen par la diminution du temps d’intervention (diagnostic, réparation ou échange et remise en service) ;
* Que les personnels (d’exploitation et de maintenance) soient formés ;
* Qu’une maintenance préventive adaptée soit réalisée, afin de réduire la probabilité d’apparition de la panne.

L’AMDEC va permettre d’attendre ces objectifs en traitant systématiquement les paramètres suivant :

**2.4.1. Recensement et définition des fonctions**

* Du moyen de production ;
* Des sous-systèmes ;
* Des composants.

**2.4.2. Analyse des défaillances**

* Le recensement des modes de défaillance ;
* L’identification des causes de défaillance ;
* L’évaluation des risques ;
* La recherche des modes de détection.

**2.5. TYPES D’AMDEC**

 Il existe globalement trois types d’AMDEC suivant que le système analysé est :

* Le produit fabriqué par l’entreprise ;
* Le processus de fabrication du produit de l’entreprise ;
* Le moyen de production intervenant dans la production du produit de l’entreprise.

**2.5.1. AMDEC-Produit**

-Produit est utilisée pour l’aide à la validation des études de définition d’un nouveau produit fabriqué par l’entrepris. Elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels d’un produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d’y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d’actions correctives sur la conception et préventives sur l’industrialisation.

**2.5.2. AMDEC-Process**

L’AMDEC-Process est utilisée pour étudier les défauts potentiels d’un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication. Elle est mise en œuvre pour évaluer et hiérarchiser les défauts potentiels d’un produit dont les causes proviennent de son processus de fabrication. S’il s’agit d’un nouveau procédé, l’AMDEC-Process en permettra l’optimisation, en visant la suppression des causes de défaut pouvant agir négativement sur le produit. S’il s’agit d’un procédé existant, l’AMDEC-Process en permettra l’amélioration.

**2.5.3. AMDEC-Moyen de production**

L’AMDEC-Moyen de production, plus souvent appelée AMDEC-Moyen, permet de réaliser l’étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d’exploitation. A la conception du moyen de production, la réalisation d’une AMDEC, la réalisation d’une AMDEC permet de faire le recensement et l’analyse des risques potentiels de défaillance qui auraient pour conséquence d’altérer la performance globale du dispositif de production, l’altération de performance pouvant se mesurer par une disponibilité faible du moyen de production. Dans ce cas de figure, l’analyse est conduite sur la base des plans et/ou prototypes du moyen de production.

L’objectif général ici est de :

* Modifier la conception ;
* Lister les pièces de rechange ;
* Prévoir la maintenance préventive.

Pour un moyen de production en cours d’exploitation, la réalisation d’une AMDEC permet l’analyse de causes réelles de défaillance ayant pour conséquence l’altération de la performance du dispositif de production. Cette altération de performance se mesure par une disponibilité faible du moyen de production. Dans ce cas de figure, l’analyse est conduite sur le site, avec des récapitulatifs des pannes, les plans, les schémas, etc. L’objectif général ici est de :

* Connaitre l’existant ;
* Améliorer ;
* Optimiser la maintenance (gamme, procédure, etc.) ;
* Optimiser la conduite (procédures, modes dégradés, etc.).

**Remarque**

Il d’autre types d’AMDEC comme :

* **L’AMDEC-organisation**, s’applique aux différents niveaux du processus d’affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion, d’information, production, personnel, marketing et le système finance, jusqu’au dernier niveau comme l’organisation d’une tache de travail.
* **L’AMDEC-service**, s’applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service correspond aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n’engendre pas de défaillances.
* **L’AMDEC-sécurité**, s’applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés ou il existe des risques.

**2.6. METHODE AMDEC**

**2.6.1. Principes de la méthode AMDEC**

Comme presque toutes les méthodes de construction de la qualité, l’efficacité de l’AMDEC repose sur deux principes, la créativité et la rigueur :

1. La créativité, en travaillant sur le fond du sujet étudié au sein d’un groupe pluridisciplinaire réunissant toutes les compétences de l’entreprise.
2. La rigueur qui est garantie par l’animateur du groupe de travail en étant directive sur la forme.

Démarche de l’AMDEC consiste à réunir toutes les compétences de l’entreprise autour d’un animateur, visant ensemble, à identifier et évaluer les défaillances d’un système, en vue d’apporter les solutions préventives ou correctives pour répondre pleinement à la satisfaction du client, en utilisant une méthode rationnelle de qualité. Initialisées très en amont dans le cycle de vie d’un produit industriel, cette méthode rigoureuse permet de construire pas à pas la fiabilité prévisionnelle de celui-ci en le décrivant fonction par fonction (démarche top-down), et pour chacune d’elles, en étudiant leurs modes de défaillance potentielle, leurs effets conséquents pour le client, les causes génératrices de mode et les moyens de détection associés. On parlera d’AMDEC préventive ou d’AMDEC potentielle. Elle permet de même de valider les objectifs de sureté de fonctionnement pour les produits dont la définition est très avancée ; dans ce cas, les connaissances du produit l’emportent sur les connaissances fonctionnelles, et on pourra décrire celui-ci par la nomenclature, composant par composant (démarche Botton up), et leur associer leurs modes de défaillance réelle et/ou potentielle, leurs effets, les causes et les moyens de détection. On parlera alors d’AMDEC corrective ou d’AMDEC réelle. La Hiérarchisation des défaillances avec la cotation de la criticité qui va permettre d’estimer, pour chaque défaillance, trois critères de définition :

* La fréquence d’apparition de défaillance (indice F) ;
* La gravité des conséquences que la défaillance génère (indice G) ;
* La non-détection de l’apparition de la défaillance, avant que cette dernière ne produise les conséquences non désirées (indice D).

Chacun de ces critères sera évalué avec une table de cotation établie sur 5 niveaux, pour le critère de gravité, et sur 4 niveaux, pour présenter un exemple de barème de cotation de la criticité.

L’**indice de criticité** est calculé pour chaque défaillance, à partir de la combinaison des trois critères précédents, par la multiplication de leurs notes respectives :

|  |
| --- |
|   **Tableau 2-1 – Indice de fréquence F** (1) |
| Valeur de F |  Fréquence d’application de la défaillance |
|  1 | **Défaillance pratiquement inexistante** sur des installations similaires en exploitation, au plus un défaut sur la durée de vie de l’installation.  |
|  2 | **Défaillance rarement apparue** sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple : un défaut par un)Ou **Composant d’une technologie nouvelle** pour lequel toutes les conditions sont théoriquement réunies pour prévenir la défaillance, mais il n’y a pas d’expérience sur du matériel similaire.  |
|  3 | **Défaillance occasionnellement apparue** sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple ; un défaut par trimestre). |
|   4 | **Défaillance fréquemment apparue** sur un composant connu ou sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple : un défaut par mois)Ou **Composant d’une technologie nouvelle** pour lequel toutes les conditions ne sont pas réunies pour prévenir la défaillance, et il n’a as d’expérience sur du matériel similaire. |
| 1. L’indice de fréquence F est établi pour chaque association, composant, mode et cause.
 |

|  |
| --- |
|   **Tableau 2-2 – Indice de non-détection D** |
| Valeur D |   Non-détection de la défaillance (1) |
|  1 | Les dispositions prises assurent une **détection totale** de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d’éviter l’effet le plus grave provoqué par la défaillance pendant la production. |
|  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. La **détection est exploitable**.  |
|   3  | La cause et/ou le mode de défaillance sont difficilement décelable ou les éléments de détection sont peux exploitable. La **détection est faible**. |
|   4  | Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l’effet ne se produise : il s’agit du cas **sans détection**.  |
| 1. Signes avant-coureurs : bruit, vibration, accélération, jeu anormal, échauffement, visuel…
 |

**2.6.2 .Définition des actions correctives**

* Description des actions correctives à mettre en œuvre pour remédier définitivement aux défaillances. La description de l’action corrective intègre la responsabilité de mise en œuvre ainsi le délai ;
* Estimation de la criticité après application des actions correctives.

Les tables d’évaluation de la criticité présentée dans les tableaux **1**,**2** et **3** constituent un exemple et sont données à titre indicatif. Si le nombre de niveau d’évaluation de la criticité est normalisé, et reste toujours le même, la signification de chacun des indices est toujours spécifique à chaque application. Par exemple, pour la notion de gravité, le temps d’arrêt d’une installation qui représente une défaillance majeure n’aura pas la même amplitude d’un site de production à un autre.

Cependant il est important que les grilles d’évaluation restent identiques pour une même étude AMDEC, pendant toute sa durée.

2.7. AMDEC MACHINE

**2.7.1. Définition**

L’AMDEC machine est une technique d’analyse des modes de défaillance des éléments matériels (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques; électroniques...) qui constituent une machine.

**2.7.2. Principe de base de l'AMDEC machine**

Il s'agit d'une méthode préventive basée sur une analyse critique qui consiste à :

1. Identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement des machines
2. Rechercher les origines et les conséquences des dysfonctionnements des machines.
3. Mettre en évidence les points critiques.
4. Proposer des actions correctives adaptées qui peuvent concerner la conception, la fabrication, l'exploitation ou la maintenance des machines étudiées.
* **Rôle**

Le rôle l’AMDEC machine est d’analyser dans quelle mesure les fonctions de la machine ne peuvent plus être assurées correctement et cela sans les remettre en cause.

* **Objectif**

L’AMDEC machine a pour objectif final l’obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et équipements industriels. L’étude de l’AMDEC machine vise à :

1. **Réduire le nombre de défaillances**
	* Prévention des pannes
	* Fiabilisation de la conception
	* Amélioration de la fabrication, du montage, de l’installation
	* Optimisation de l’utilisation et de la conduite
	* Amélioration de la surveillance et des tests
	* Amélioration de la maintenance préventive
	* Détection précoce des dégradations
2. **Réduire le temps d’indisponibilité après défaillance**
* Prise en compte de la maintenabilité dès la conception
* Amélioration de la testabilité
* Aide au diagnostic
* Amélioration de la maintenance corrective
1. **Améliorer la sécurité**
* **But**

L'AMDEC machine a pour but d’évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement des machines par la maîtrise des défaillances.

2.8. DEMARCHE PRATIQUE DE L’AMDEC MACHINE [04]

Une étude AMDEC comporte 4 étapes successives, soit un total de 21 opérations. Elle peut être prolongée par des travaux complémentaires tels que les calculs de fiabilité et disponibilité, l’élaboration de plans de maintenance et des aides au diagnostic, etc.



# 2.9. LE MOUILLEUR MELANGEUR [05]

# Parmi les équipements de la briqueterie SPRK nous avons choisi dans ce chapitre de présenté brièvement une machine assez importante dans la production de la brique qui est le mouilleur mélangeur pour appliquer sur celui-ci une AMDEC Machine (Chapitre 3).

****

***Figure 2.1***: *Mouilleur mélangeur BALATORE.*

* ***Le mouilleur mélangeur est utilisé dans l’industrie de la brique pour mélanger, humidifier et homogénéiser la matière première qui entre dans la fabrication de cette dernière****.*

 **2.9.1. Informations sur la machine**

* **Sécurité**
* La machine a été conçue et construite sur la base de critères satisfaisant aux conditions de sécurité essentielles prévues par la directive machines 89/392/CEE.
* L’analyse des risques soigneusement réalisée par le fabricant a permis d’éliminer la plupart des risques liés aux conditions d’utilisation de la machine, tant prévues que prévisibles.
* **Dispositif de sécurité passive**

Par dispositif de sécurités passives il faut entendre les dispositifs ou mesures éliminant ou réduisant les risques pour les opérateurs, sans aucune intervention active de la part de ces derniers.

* **Dispositifs d’inter-blocage**

Par dispositifs d’inter-blocage il faut entendre les dispositifs causant l’arrêt de la machine ou la désactivation de son démarrage, si la machine ne se trouve pas dans des conditions de sécurité déterminé.

Par exemple, les micro-interrupteurs de butée de fin de course détectant l’ouverture des protections mobiles sont des dispositifs d’inter-blocage.

**2.9.2. Dispositif de maintenance ordinaire**

La maintenance ordinaire comprend toutes les opérations pouvant être effectuées par l’utilisateur du mouilleur mélangeur, il s’agit d’opérations de nettoyage, d’inspections périodiques préventives permettant l’utilisation de la machine en toutes sécurités.

* Nettoyage : à fin de chaque journée de travail, il faut effectuer un nettoyage soigné général de la machine en particulier des zones suivantes :
* Zone de chargement / déchargement des produits ;
* Sol de la zone de travail ;
* Passerelles et / ou escaliers d’accès à la machine.

**2.9.3. Maintenance programmée**

La maintenance programmée comprend toutes les opérations ne pouvant être réalisées que par du personnel autorisé, il s’agit d’inspections périodiques et préventives et d’interventions sur la machine permettant son utilisation en toute sécurité. (**Tableau 2-4**, **Tableau 2-5**)

|  |
| --- |
| **Tableau 2-3 : Inspections périodique** |
| **Dénomination des pièces concernées** | **Fréquence d’inspection** |
| Dispositifs d’inter-blocage | Toutes les 40 heures de travail |
| Commande d’arrêt d’urgence | Toutes les 40 heures de travail |
| Niveau huiles | **Tableau de graissage** |
| Pièces en mouvement | Contrôler périodiquement |
| Tension des courroies  | Contrôler périodiquement et éventuellement régler à l’aide des tirants prévus à cet effet |

|  |
| --- |
| **Tableau 2-4 : Tableau de graissage** |
| dénomination | Pièces à graisser | Type de lubrifiant  | Notes  | Fréquence intervention |
| Support arbre cote réducteur  | Roulements | Graisse  | Graissage manuel | Toutes les 40 heures de travail  |
| Réducteur  | Roulements et engrenages  | Huile EP220  | Vérification témoins de niveau  | Toues les 100 heures de travail  |
| Joint tournant | Roulements | Graisse | Graissage manuel  | Toutes les 40 heures de travail |
| Support arbre cote déchargement | Roulement | Graisse  | Graissage manuel | Toutes les 40 heures de travail |