

Chapitre IV : maintenance de transformateur de puissance

Introduction :

Aujourd'hui, la maintenance des systèmes industriels est devenue un point essentiel lors de leur conception et de leur exploitation tant pour des questions de sécurité et de sûreté de fonctionnement, que pour des questions de rentabilité et de qualité. De plus, une maintenance mal adaptée à un système peut également conduire à une situation critique dangereuse aussi bien pour les personnes que pour le matériel ou l'environnement

Les transformateurs de puissance et de distribution conventionnels sont généralement considérés comme des équipements fiables ayant des taux de défaillance électrique faibles. Cependant, le vieillissement de l'infrastructure des sous-stations dans toutes les branches industrielles est inquiétant et conduit à l'augmentation des sinistres .

Il est prédit que les défaillances des transformateurs de sous-station vont augmenter de 500 % dans les 10 prochaines années du fait que de nombreuses unités installées dans les années 60 et 70 dépassent leur prévisible durée de vie opérationnelle.

Les calculs de taux de défaillance d'un transformateur ont montré que la fiabilité décroît rapidement après 35 à 40 ans de service et qu'à 60 ans il est presque à 100 %. Alors que l'âge de l'équipement a une incidence importante sur les défaillances, il en est de même pour les procédures de maintenance insuffisantes. Heureusement, il y a un certain nombre de moyens pratiques et reconnus pour réduire de façon significative le risque de défaillance d'un transformateur.

IV.1.Définition de la maintenance :

La maintenance est l'ensemble de toutes actions techniques, administratives et management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise [19]

IV.2.Fonction de la maintenance :

La maintenance est une fonction à part entière de l'entreprise. A ce titre, elle doit par son optimisation être une source de profit.

La maintenance intervient à tous les niveaux du cycle de vie d'un bien, de sa conception à son élimination.

La fonction de la maintenance est de :

- Améliorer la disponibilité des moyens de production ou de service En minimisant le nombre et la durée des pannes et en organisant au mieux les activités de maintenance, permettant ainsi d'optimiser les coûts de non production.
- Améliorer la sécurité des biens et des personnes En préservant la santé des personnes, en assurant leur sécurité, en maîtrisant les risques et en respectant les textes de réglementation.
- Intégrer des moyens nouveaux dans le dispositif de production ou de service Permettant d'améliorer l'outil de production, la maintenance et la sécurité. [20]

IV.3. Différents types de maintenance :

IV.3.1. Maintenance corrective :

La maintenance corrective est une action exécutée après détection d'une panne sur un équipement et sera destinée à le remettre dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise, on distingue deux types de maintenance corrective: maintenance palliative et maintenance curative.

IV.3.2. Maintenance préventive :

Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien

La maintenance préventive se divise en trois (3) types qui sont :

a) La maintenance systématique:

Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien

b) Maintenance conditionnelle:

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent

c) Maintenance prévisionnelle:

Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien

IV.4. But de la maintenance préventive :

- ✓ Augmenter la durée de vie des matériels
- ✓ Diminuer la probabilité des défaillances en service
- ✓ Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne
- ✓ Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective
- ✓ Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions
- ✓ Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.
- ✓ Améliorer les conditions de travail du personnel de production
- ✓ Diminuer le budget de maintenance
- ✓ Supprimer les causes d'accidents graves

IV.5. Les opérations de maintenance :**IV.5.1. Les opérations de maintenance corrective :**

- **Le dépannage :** Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de condition de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité

Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation n'est pas indispensable même si cette connaissance permet souvent de gagner du temps.

- **La réparation :** Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance.

L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

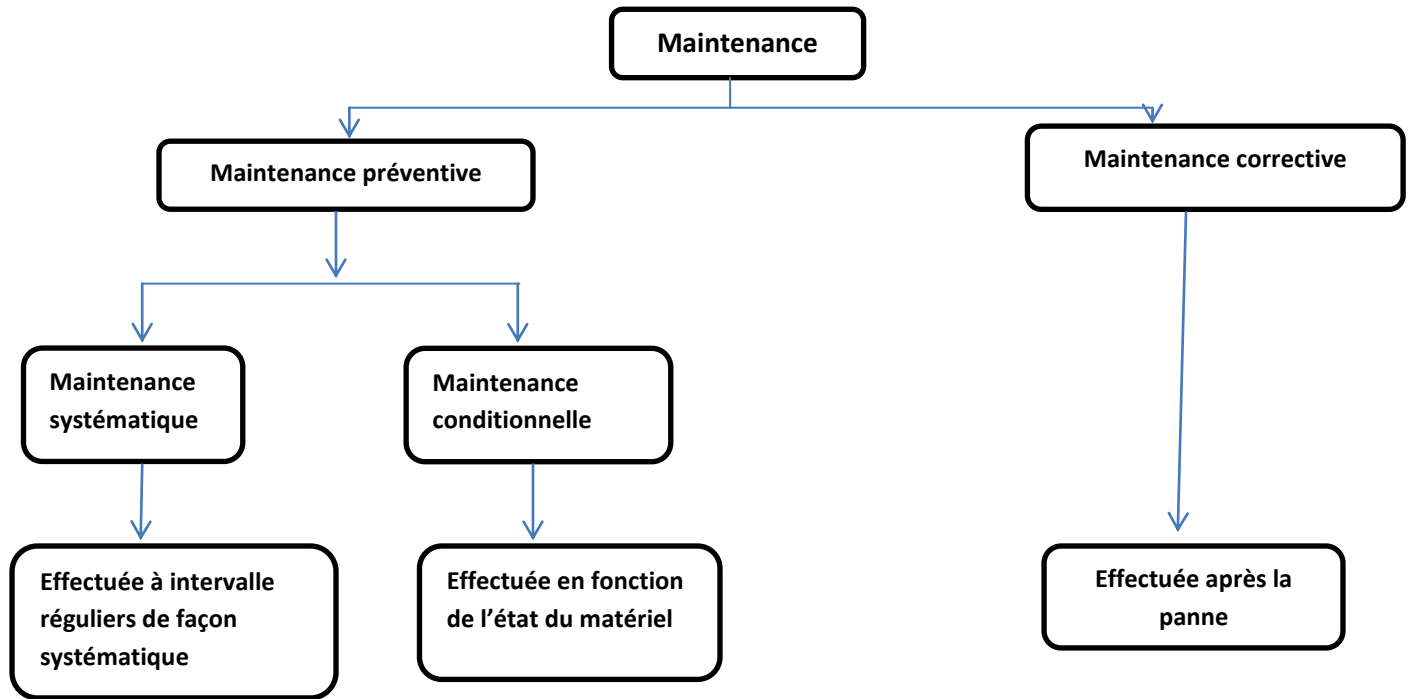
IV.5.2.Les opérations de maintenance préventive :

- **Les inspections** : activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.
- **Visites** : opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.
- **Contrôles** : vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :
 - Comporter une activité d'information
 - Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement
 - Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective

Les opérations de surveillance (contrôles, visites, inspections) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

IV.5.3.Autres opérations :

- **Révision** : Ensemble des actions d'examen, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné.
- **Les échanges standards** : Reprise d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble usagé, et vente au même client d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble identique, neuf ou remis en état conformément aux spécifications du constructeur, moyennement le paiement d'une somme dont le montant est déterminé d'après le coût de remise en état.[22]



FigureIV.1 : Le diagramme du type de maintenance

VI.6.Les objectifs de la maintenance:

On distingue deux types d'objectifs qui sont :

VI.6.1.Des objectifs opérationnels:

- ★ Maintenir l'équipement dans les meilleures conditions et dans un état acceptable ;
- ★ Assurer la disponibilité maximale de l'outil de production à un prix raisonnable ;
- ★ Fournir un service qui élimine les pannes à tout moment ;
- ★ Augmenter à la limite la durée de vie de l'outil de production ;
- ★ -Entretien le matériel avec le maximum d'économie et le remplacer à des périodes Prédéterminés ;
- ★ Assurer une performance de haute qualité ;
- ★ Assurer un fonctionnement sûr et efficace à tout moment ;
- ★ Obtenir un rendement maximum ;
- ★ Maintenir le matériel en propreté absolue à tout moment ;
- ★ Préserver l'environnement.

VI.6.2.Des objectifs de coût:

La maintenance réduit les coûts comme suit :

- ★ Réduire au maximum les dépenses de la maintenance et maximiser les bénéfices ;
- ★ Assurer le service maintenance dans les limites du budget ;
- ★ Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par les installations et l'appareillage en fonction de son âge et du taux d'utilisation ;
- ★ Mettre à la disposition du responsable de la maintenance une certaine quantité de dépenses imprévues en outillage et en frais divers.[21]

VI.7.Les missions de la maintenance:

La maintenance a pour mission les différentes tâches suivantes :

- ♦ La participation à la sélection et l'achat des équipements.
- ♦ La réception des équipements.
- ♦ La définition du programme de maintenance préventive et les moyens associés.
- ♦ L'exécution des travaux de maintenance préventive et corrective.
- ♦ La réalisation des modifications.
- ♦ L'analyse des causes de défaillances.
- ♦ La gestion du stock des pièces de rechange, de consommables et d'outillage.
- ♦ La gestion des moyens humains.
- ♦ L'analyse et l'optimisation des coûts de maintenance.
- ♦ La définition des critères de remplacement des équipements.[19]

IV.8.Maintenance appliqué au transformateur:

Selon l'exploitation plus ou moins intensive du transformateur et sa criticité, l'espacement des actions de maintenance préventive variera dans le temps. Les actions réalisées, ainsi que leur fréquence, seront le résultat d'une politique de maintenance définie par l'exploitant

Il est possible que tout, ou partie, de ces actions soient sous-traitées à des entreprises spécialisées.

La tendance dans les politiques de maintenance des parcs de transformateurs évolue plutôt d'une maintenance systématique sur tous les appareils, à intervalles réguliers, vers une maintenance conditionnelle afin d'optimiser les coûts. Dans ce cas, il est nécessaire d'établir l'état d'un appareil, principalement par le suivi des analyses d'huile ou des conditions d'exploitation, avant d'engager des opérations, un entretien ou une réparation de celui-ci.

 Les principales opérations de maintenance préventive sont :

- le prélèvement d'huile, son analyse et son suivi dans le temps
- le changement de joints (fuyards), ou de traversées
- l'adaptation d'une nouvelle réfrigération
- le resserrage de la partie active.

✚ Les principales opérations de maintenance corrective sont :

- le diagnostic après incident pour cibler l'état précis du transformateur
- le remplacement d'accessoires
- la réparation du matériel
- le traitement voire le remplacement d'huile selon les défauts engendrés
- l'achat d'un transformateur neuf. [20]

IV.8. Tableau de synthèse de maintenance : [21]

Nature travaux et contrôle	Moyen	Périodicité
♦ Visite d'inspection - Détection des fuites, bruits anormaux, échauffements - Surveillance des niveaux ♦ Entretien - Des radiateurs Aéroréfrigérant et hydro réfrigérants - Nettoyage des échangeurs - Nettoyage du faisceau - Moto ventilateur ♦ Entretien des traversées HT-MT-BT et Parafoudre ➤ Entretien de l'armoire électrique des auxiliaires ➤ Entretien des assécheur d'air ➤ Analyses de l'huile diélectrique	- Visuel ou auditif - Visuel - Air ou eau sous pression - Mécanique ou chimique - Contrôle vibrations - Contrôle visuel - Contrôle visuel - Remplacement Silicagel	- Mensuelle - Mensuelle - Annuelle - Annuelle - Sur défaut - Annuelle - Annuelle - Annuelle

a) Physico-chimique		
b) Analyse des gaz dissous... (chromatographie)	Prélèvement	Annuelle
	Prélèvement puis transmission au laboratoire spécialisé	Annuelle
c) Détection du furfural et de ses dérivés	Prélèvement puis transmission au laboratoire	2 ANS
➤ Manœuvre du commutateur hors tension	Manuel	
➤ Changeur de prise en charge		Annuelle
➤ Analyse d'huile		
-Contrôle du fonctionnement et sécurités		
-Révision complète du régleur avec échange des pièces	Constructeur	Annuelle
		Annuelle
➤ Contrôle des connexions haute et basse tensions	Thermographie	50 000 manœuvres ou 5 ans; 100 000 manœuvres si le circuit est filtré en permanence
➤ Protections transformateurs		Annuelle
. Thermostats		
. Buchholz		Annuelle
. Relais RS 2001		
. Contrôle circulation d'huile		Annuelle
. Niveau d'huile		Annuelle
. Circuits de refroidissement		Annuelle
. Colmatage filtre		Annuelle
. Pompe régleur		Mensuel
➤ Autres travaux d'entretien		Annuelle
. Traitement d'huile		Annuelle

. Changement d'huile . Peinture cuve et tuyauterie		Suivant analyse Suivant analyse Retouches annuelles
---	--	---

Tableau IV.1. Tableau de synthèse de maintenance

IV.9. Stockage longue durée :**IV.9.1. stockage des transformateurs entièrement équipés****1) Surveillance**

- ✓ Armoire des auxiliaires

-Alimentation électrique des armoires

-Alimentation électrique des résistances de chauffe des armoires

- ✓ Circuit réfrigération Périodicité : mensuelle

- Faire tourner les groupes moto pompes (15 mn)

- Faire tourner les moto ventilateurs (15 mn)

- Vérifier les niveaux d'huile des conservateurs transfo, régleur et traversées

- Vérifier la couleur du dessiccateur des assécheur transfo et régleur

- Vérification des armoires : état des composants, fonctionnement des résistances

- Vérification état général peinture

- Vérification absence fuite d'huile

- ✓ Vérification du diélectrique Périodicité : annuelle

- Teneur en eau ≤ 10 ppm

- Rigidité diélectrique ≥ 70 kV CEI 422

IV.9.2. Stockage des ballons surmoules : (Isolation cellulosique)

Les ballons doivent rester stocker dans l'huile.

Teneur en eau de l'huile 15 ppm maximum vérifier que la teneur en eau de l'huile de stockage est $\leq$ à 15 ppm et que le ballon déflecteur ne devra pas excéder une exposition de plus de 6 h à l'air ambiant à 60% d'humidité relative.

IV.9.3. Accessoires

A stocker dans un lieu propre et sec suivant recommandations du fournisseur

IV.10. Contrôles avant mise en service :

- Vérification de l'huile diélectrique (réaliser analyses d'huile)
- Vérification du fonctionnement des auxiliaires (contrôle avec schéma auxiliaire)
- Système de réfrigération. (attention au colmatage des aéro-refroidisseurs)
- Echelonnement des démarrages.
- Protections transformateur et régleur. (vérifier les seuils alarmes et déclenchement)
- Transformateurs de courant. (vérification des connexions)
- Nettoyage des porcelaines de traversée et réglage des éclateurs
- Purge des traversées et vérification des niveaux de traversées
- Purge des tuyauteries et des systèmes de réfrigération
- Passages des positions du changeur de prises et vérification de la cohérence entre armoire commande et régleur
- S'assurer de la liaison de la cuve à la terre ou au dispositif de protection de masse.
- Vérifier les niveaux d'huile conservatrice. Vérifier l'état du matériau déshydratant et le niveau d'huile dans l'assécheur d'air.
- Vérifier la position des vannes
- Vérifier l'étanchéité de l'appareil
- Vérification des contacts si installation gaz SF6 sur traversée

IV.11. Analyses de quelques problèmes :

Vous trouverez ci-dessous de quelques problèmes les plus fréquents ainsi que les solutions à mettre en œuvre pour résoudre les problèmes. [22]

Equipement Contrôlé	Problème rencontré	Cause Possible	Opération à effectuer pour y remédier
Conservateur	Niveau trop bas.	Manque huile. Fuite sur appareil.	Remplir après s'être assuré de l'absence de fuite jusqu'à un niveau requis. Reprendre l'étanchéité. Changement de joint ou reprise de soudure.
	Niveau trop haut.	Trop d'huile.	Vidanger de l'huile jusqu'au niveau Requis. Après avoir vérifié la température du transformateur.
Assécheur	Couleur du grain vire au vert ou devient translucide	Humidité air très élevée. Fuite du hublot de l'assécheur. Humidité dans le conservateur.	Remplacer le silicagel. Remplacer le(s) joint(s) et serrer modérément. Traiter l'huile du conservateur et sécher le conservateur.
Relais buchholz	Alarme Ou déclen- chement	Perte d'huile Accumulation d'air. Accumulation de Gaz dans la verrine. Vibrations violentes.	Réparer la fuite. Purger tous les points hauts de l'appareil si accumulation d'air 1 -.Prélever les gaz pour analyser dès Que possible. Ne remettre sous tension qu'après analyse des résultats. 2 -.Contrôler les niveaux et positions des vannes. 3 - Contrôler les connexions externes. 4 - Contrôler le mécanisme du relais buchholz. 5 - Effectuer des mesures d'isolement, des rapports de trans formation.

			6 - Dégazer l'huile du transformateur.
Traversée	Echauffement des connexions.	Raccordement desserré.	-Nettoyer correctement les connecteurs. -Resserrer les connexions.
Traversées	Baisse niveau huile.	Fuite sur traversée.	Changer joint traversée. Refaire le niveau d'huile Changer la traversée.
	Porcelaine cassée.	Choc sur traversée Vibrations violentes.	Selon le cas, Réparation ou changement de la traversée.
	Pour traversée huile/SF6	Contacts défaillants. Fuite SF6/huile. Trace d'huile. Température Trop élevée. Vibrations violentes	Vérifier les contacts de dépression et de surpression des manostats. Vérifier l'état des joints et soufflets. Remplacer le cas échéant. Reprendre le réglage. Augmenter la réfrigération. Contrôler la traversée et le niveau de charge d'appareil
Soupape de surpression.	Jet d'huile par la soupape.	Surpression d'huile dans la cuve. Arc électrique interne.	Vérifier que la tuyauterie assécheur et conservateur n'est pas obstruée. 1- Prélever les gaz pour analyser dès que possible. Ne remettre sous tension qu'après analyse des résultats. 2- Effectuer des mesures d'isolement, des rapports de transformation.

Moto-pompe	Bruit anormal.	Roulements abîmés. Sens rotation inversé.	Remplacer les roulements. Inverser 2 phases du moteur. Vérifier à nouveau le sens de rotation.
Indicateur circulation d'huile	Indicateur à l'arrêt.	Pompe à l'arrêt. Rotation pompe inversée.	Vérifier le fonctionnement de la pompe Vérifier relai thermique Inverser 2 phases du moteur. Vérifier à nouveau le sens de rotation.
Moto-Ventilateur	Bruit anormal.	Roulements abîmés. Sens de rotation. Frottement des pales.	Remplacer les roulements. Vérifier l'absence d'échauffement dans le bobinagemoteur Inverser 2 phases du moteur. Vérifier à nouveau lesens de rotation. Nettoyer les pales. Vérifier équilibrage des pales.
Aéro-réfrigérant	Refroidissement insuffisant. Echauffement	Encrassage des faisceaux de tubes.	Nettoyer le faisceaux. Déboucher les trous d'évacuation d'eau.
Radiateur	Fuite d'huile. Bruit anormal.	Percement. Soudure défectueuse. Bulles d'air. Vibrations	Changement du radiateur. Refaire la soudure. Purger le radiateur. Vérifier la fixation du radiateur.

Régleur hors-Tension	Impossibilité de changer de position.	Système de commande bloqué.	Vérifier et repérer la commande si nécessaire.
	Pas de tension.	Contact mauvais. Carbone formé par arcs électriques sur contact.	Vérifier l'état des contacts et changer si besoin.
Régleur en charge.	Changement de position impossible électriquement.	Pas d'alimentation sur la commande moteur. Fin de course bloquée.	Vérifier alimentation et relais du moteur. Réenclencher le relais moteur. Vérifier leur fonctionnement manuellement.
	Enclenchement de toutes les positions sans arrêt.	Contact d'arrêt défectueux.	Vérifier et remplacer le contact d'arrêt.

Tableau IV.1. ANALYSES DE QUELQUES PROBLEMES

IV.12.Fin de vie:

Suite à avarie, si l'étude technico-économique de remplacement du transformateur en défaut par un appareil : neuf ou de mêmes caractéristiques disponible, est plus intéressante que la réparation, l'appareil en défaut arrive en fin de vie. Il sera alors détruit, et ses matériaux partiellement recyclés.

Il peut arriver de retirer un transformateur du réseau avant avarie, cependant cela reste rare de nos jours.[11]

Conclusion :

Suite à ce chapitre on a définie au premier lieu les déférents types et les opérations de maintenance

Après on a parlé sur maintenance appliqué sur les transformateur et en fin on étude analyse de quelque problème qui fais la limite de fin de vie de transformateur