

Chapitre IV : Amélioration du système de protection cathodique

Introduction :

Le mode de protection le plus communément utilisé est la protection par soutirage. Le principe de cette protection consiste à relier au pôle négatif d'une source à courant continu, l'ouvrage à protéger, tandis que le pôle positif est relié à une pièce conductrice enterrée à une certaine distance. Le courant partant de cette pièce appelée déversoir, traverse le sol, est capté par la canalisation et retourne au générateur par circulation dans le métal de la conduite. L'installation est alors rendue négative par rapport au sol. Si le critère de potentiel est atteint en tout point, l'installation est protégée cathodiquement. Ce mode de protection est utilisé à la station de pompage du pétrole SP3 de M'sila, et la ligne OB1 de l'Oléoduc. [16]

Pour une installation de protection cathodique qui doit bien fonctionner, il faut passer par les étapes suivantes: 1- Mesure de la résistivité du sol.

2- Dimensionnement du poste de soutirage.

IV-1-Méthode de mesure de la résistivité des sols :

La méthode la plus fréquente est celle de "Winner" ou méthode des quatre piquets :

IV-1-1- Principe de mesure :

Nous plantons dans le sol quatre piquets métalliques (cuivre), sur la même ligne à la même distance $L(m)$ correspondant à la profondeur de la conduite au point donné. Les deux piquets intermédiaires peuvent être remplacés par des anodes en Cu/Cu SO_4 .

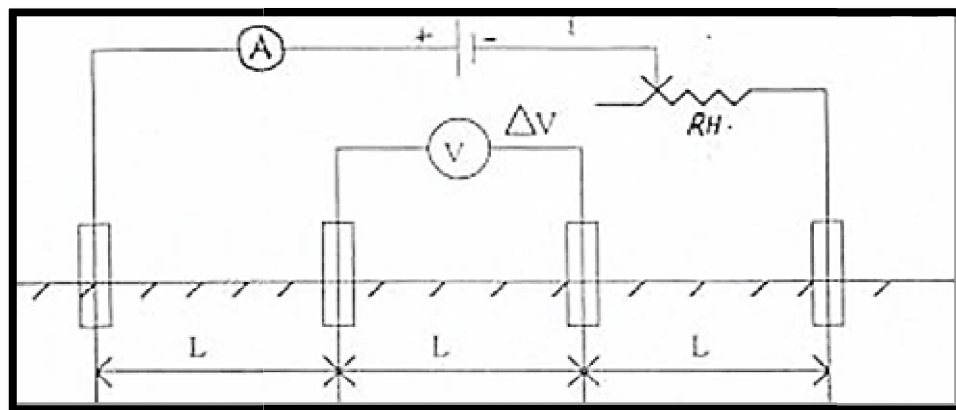


Figure IV- 1: Installation des quatre piquets.

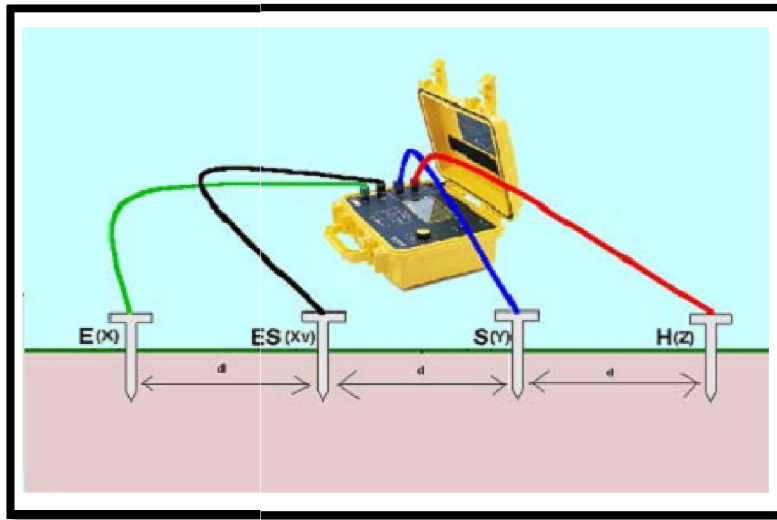


Figure IV-2 : Méthode de winner.[16]

A l'aide d'une batterie, nous faisons passer un courant I entre le piquet extérieur s et nous mesurons la différence de potentiel ΔV produite par le courant entre les piquets intérieurs.

Les mesures ont été effectuées sur des profondeurs différentes allant de 1,6 à 3 m.

La résistivité moyenne du terrain ρ sur une longueur L est donnée par la relation suivante :

$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{I} L \dots \dots \dots (IV-1)$$

ρ : Résistivité en $\Omega m^2/m$ ($\Omega.m$).

L : en mètre (distance entre les piquets).

ΔV : différence de potentiel (ddp) en Volt.

I : intensité en Ampère.

Nous prenons la valeur approximative de la résistivité au niveau du SP3: $\rho = 25 \Omega.m$

IV-1-2- Appareillage de mesure :

- ✓ Un Volt mètre à haute résistance interne au moins $20.000 \Omega/V$.
- ✓ Un Ampèremètre de faible résistance interne.

IV-2-Dimensionnement du poste de soutirage :

La protection cathodique est définie par deux paramètres :

- ✓ La densité de courant nécessaire à la protection, qui est fonction des caractéristiques d'isolement de la structure à protéger (qualité du revêtement, résistivité du milieu).
- ✓ Le débit de l'appareil de protection qui est uniquement fonction de l'installation réalisée, étant défini par la loi d'Ohm :

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (IV-2)$$

V : tension de la source de courant (en volt).

R : résistance du circuit (en Ohm).

IV-3-Différentes méthodes de détermination de l'intensité de soutirage :

La détermination de l'intensité de soutirage nécessaire à la protection d'une conduite se fait au moyen de trois méthodes :

a- Méthodes In-situ :

C'est la méthode la plus correcte car elle nous fournit des résultats réels.

Le principe de cette méthode consiste à relier le pôle positif d'une source de courant (batterie) à une anode provisoire, le pôle négatif étant relié à la conduite. Nous intercalons sur le circuit un rhéostat pour varier la tension jusqu'à obtention d'une protection totale de la conduite. Si celle-ci est atteinte sur l'ensemble de la structure nous prenons la valeur de l'intensité.

En d'autres termes, le potentiel en chaque point de l'installation ne doit pas être supérieur à -0,85V et inférieur à -4V en valeur relative.

Cependant, compte tenu du fait que le revêtement vieillira et imposera une plus grande quantité de courant, il est préférable de garder une marge de sécurité, se réservant la possibilité d'augmenter la tension de la source.

b- Méthodes de calculs :

- **1ère Méthode :**

C'est une méthode qui ne tient pas compte de la résistivité des sols, ainsi qu'elle considère que la résistance transversale du revêtement est constante.

Nous déterminons la densité de courant ainsi que la tension de sortie par les formules suivantes :

$$E_0 = (E_x + R_x - R_x \tan \alpha L) \cos \alpha L \dots \dots \dots (IV-3)$$

$$I_0 = (I_x + \frac{E \times \tan \alpha L}{R_K}) \cos \alpha L \dots \dots \dots (IV-4)$$

E_0 : Le potentiel de la structure à la distance 0 en(V)

E_x : Le potentiel de la structure à la distance x en(V)

I_0 : La densité de courant à la distance 0 m en (A)

I_x : La densité de courant à la distance x m en (A)

La résistance de contact en (Ω) :

$$R_c = \sqrt{r R_{is}} \dots \dots \dots (IV-5)$$

D'où : r est la résistance de l'acier :

$$r = \frac{4\rho}{\pi(D^2 - d^2)} \dots \dots \dots (IV-6)$$

Avec ρ : c'est résistivité de l'acier en ($\Omega \cdot m^2$)

D : diamètre extérieur de la conduite (m) .

d : diamètre intérieur de la conduite (m)

L : longueur de la canalisation (m)

R_{is} : la résistivité de l'isolement :

$$R_{is} = \frac{1}{\pi d} \times 1000 \text{ en } (\Omega \cdot m^2) \dots \dots \dots (IV-7)$$

$$\alpha = \frac{r}{R_k} \sqrt{\frac{r}{R_{is}}} \dots \dots \dots (IV-8)$$

• **2ème Méthode :**

C'est une méthode qui permet le calcul en fonction de la résistivité des sols, mais elle ne tient pas compte de la résistance transversale de l'isolement, donc la conduite est considérée nue, cette méthode ne fournit qu'une simple approximation.

Les intensités de courant correspondants à chaque intervalle de valeur de résistivité sont :

$$\rho < 20 \Omega/m \rightarrow I = 3 \text{ mA}$$

$$20 < \rho < 40 \Omega/m \rightarrow I = 2 \text{ mA}$$

$$\rho > 40 \Omega/m \rightarrow I = 1 \text{ mA}$$

I : L'intensité en fonction de la résistivité par mètre carré de conduite (mA/m^2)

Détermination de la valeur de la résistance de contact :

Afin de pouvoir soutirer cet intensité (6 A), la résistance de contact de l'électrode de terre ne doit pas dépasser la valeur suivante 4V :

On a :

- La chute de tension câble (poste-conduite) = 1 v
- La chute de tension câble (entre anodes) = 2 v
- La chute de tension câble (poste-anode) = 1 v

=> la valeur totale est de 4 v.

Donc la différence de potentiel nette à la liaison conduite-anode est de 44 v avec l'intensité théorique de protection de 6A la résistance maximale de contact de l'électrode de terre sera :

$$R_a = \frac{V}{I_p} \dots \dots \dots (IV-10)$$

$$R_a = \frac{44}{6} = 7.33 \Omega$$

$$R_a = 7.33 \Omega$$

IV-4-Calcul du nombre d'anodes :

Pour calculer le nombre d'anodes, nous nous basons sur la résistance d'une seule anode qui est donnée par la relation suivante :

$$R_1 = \frac{\text{Resistivité du sol}}{2\pi \cdot \text{longueur d'anode}} \left[\ln \left(\frac{4 \cdot \text{longueur d'anode}}{\text{Rayon d'anode}} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots (\text{IV-11})$$

Nous avons choisi sur le catalogue, des anodes en Zinc dont le rayon est de 0,09 m et une longueur de 1,00 m.

Les anodes seront implantées au niveau des bacs du SP3 (à proximité du poste), dont la résistivité du sol est de $100 \Omega\text{m}^2/\text{m}$.

$$R_1 = \frac{100}{2 \times 3.14 \times 1} \left[\ln \left(\frac{4 \times 1}{0.09} \right) - 1 \right]$$

$$R_1 = 119 \Omega$$

La résistance d'une seule anode n'atteint pas la valeur de 7.33Ω il est donc nécessaire de multiplier le nombre d'anodes.

Le nombre d'anode nécessaire pour obtenir la résistance de 7.33Ω est :

$$n = \frac{\alpha R_1}{R_a} \dots\dots\dots (\text{IV-12})$$

R_a : Résistance équivalente (de contact) en (Ω).

α : Coefficient d'efficacité.

n : Nombre total d'anode.

R_1 : Résistance d'une seule anode en (Ω).

$$R_1 = 119 \Omega$$

(I/a) nous prenons la valeur de α sur l'abaque $\alpha = 0.43$.

Donc :

$$n = \frac{\alpha R_1}{R_a} = \frac{0.43 \times 119}{7.33} = 6.98 \text{ anode}$$

Remarque : le nombre des anodes au niveau de chaque bac de stockage est 07 et ce nombre est suffisant pour la protection à la corrosion des bacs de stockage de brut.

IV-5-La protection cathodique au niveau de la ligne OB1 de l'Oléoduc :

Présentation de l'ouvrage :

Les caractéristiques de la conduite à protéger sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Type d'ouvrage matériau	Longueur totale (Km)	Diamètre extérieur (m)	Epaisseur des tubes (mm)	Surface à protéger (m ²)	Résistance linéaire conduite (Ω/m)	Résistance d'isolement pour 20 % (Ω/m ²)	Résistance d'isolement au m. l. (Ω/m)
Oléoduc nuance de l'acier X52-X42	661	24 *25.4= 609.6mm= 0.609m	791	1264003.86	1.1*10 ⁻⁵	10 000	15.13

Tableau IV-1 : Les caractéristiques de l'Oléoduc.

- Longueur totale (Km) : PK₀ (SP1)_PK₆₆₁ (TM Bejaia) : L=661Km
- Diamètre extérieur (m) : 24 " (HEH au col Selatna) et 22" (du col Selatna au TM Bejaia). D_{Ext} = 0.609 m
- Epaisseur des tubes (mm) : l'épaisseur du tube varie entre 6.32 mm et 9.5mm
- Surface à protéger (m²) $S = \pi * D * L$
- Résistance linéaire de conduite en (Ω/m) $R = \rho * \frac{L}{S}$
- ρ : La résistivité de l'acier (Ω/m) $\rho = 21 * 10^{-6} \text{ Ω/m}$.

- La résistance longitudinale (Ω/m) $r = \frac{\rho}{\pi \cdot e (D_{ex} - e)}$
- Résistance d'isolement pour 20 %. (Ω/m^2) : est une valeur donnée.

$$\text{Résistance d'isolement au m. l. } (\Omega/m) = \frac{R}{L}$$

IV-6-Etude du Tracé d'une partie de la ligne OB1 (pk 0 km - pk 295km):

L'étude du tracé révèle des points spéciaux, points où des mesures complémentaires concernant la protection cathodique doivent être prises. Il s'agit notamment :

- D'un croisement avec une ligne de distribution d'énergie électrique basse tension au niveau de point kilométrique (PK) 255.67 un transformateur –redresseur pourrait être utilisé.
- De croisement avec d'autres structures métalliques enterrées aux points kilométriques (PK) 15 et 295. Une attention particulière est alors requise.

En outre, la conduite traverse des routes au niveau des points kilométriques (PK) 150 et 265.

Le tableau ci-dessous nous donne la distribution des postes de protection cathodique aux points kilométriques et leurs caractéristiques à partir du point de départ jusqu'au Pk 255.67 km.

Poste	PK	Portée Km	Courant de protection (A)	Courant majoré (A)	Tension sortie (V)
1	2	17	2.753	3.556	24
2	32	30	4.872	6.334	24
3	62	30	4.872	6.334	24
4	92	30	4.872	6.334	24
5	116.5	19	2.963	3.817	24
6	13	26	4.137	5.378	24
7	168	32	5.256	6.833	24
8	197	26	4.137	5.378	24
9	255.67	90	15.825	20.572	40.57

Tableau IV-2: Détermination des caractéristiques des postes et leur emplacement.

Remarque : les anodes utilisées sont en alliage ferro-silicium –chrome, de masse unitaire 12.5kg et de dimension (1525* 38.1) mm.

Pour favoriser l'émission du courant, on crée un milieu conducteur autour de l'anode .Le déversoir est alors entouré « Backfill » qui assure une corrosion plus uniforme du déversoir, ce qui prolongera sa durée de vie.

Les liaisons électriques entre le générateur, le déversoir, et la structure à protéger doivent être particulièrement soignées en vérifiant deux critères :

- Une faible résistance électrique.
- Un très bon isolement par rapport au sol, particulièrement pour les liaisons allant vers les déversoirs.

Les câbles électriques les plus utilisés pour connecter les différents éléments du système, sont ceux à double isolement type unipolaire avec isolation en polyéthylène, gaine de bourrage et enveloppe extérieure en PVC. Les sections des câbles utilisées sont normalisées en fonction de l'intensité de courant circulant.

Poste	Câble anode – générateur		Câble générateur – conduite	
	Longueur (m)	Section (mm ²)	Longueur (m)	Section (mm ²)
1	142	16	110	16
2	577.27	10	110	16
3	577.27	10	110	16
4	577.27	10	110	16
5	250	10	110	16
6	170	16	110	16
7	144	16	110	16
8	50	16	110	16

Tableau IV-3: Dimensions des câbles de liaison.

IV-7-Coût du système de protection cathodique existant à la station SP3 du M'sila :

Il est habituellement admis que le coût d'une installation de protection cathodique, et ensuite son exploitation, sont faibles. Il est évident que chaque cas doit être étudié séparément et que le lieu géographique, le produit utilisé, l'existence de réseaux électriques de distribution, la qualité et la disponibilité de la main-d'œuvre, la nature du sol, la qualité du revêtement, etc., peuvent influencer notablement sur les prix de réalisation et d'exploitation. Les valeurs ci-après ne sont donc données qu'à titre indicatif.

IV-7-1- Coût des investissements:**IV-1-7-1-1L'installation du système de protection cathodique pour un seul bac de stockage :**

- ✓ Le revêtement des bacs et des canalisations.
- ✓ Les raccords isolants, qui sont habituellement confiés à l'entreprise de pose de la canalisation, ne sont pas pris en considération.

Les travaux de protection cathodique représentent 4% des investissements. En règle générale, on estime lors des projets, que les frais d'investissement en protection cathodique ne dépassent pas 5% des investissements totaux de la structure à protéger.

IV-7-2- Frais d'exploitation:

Le calcul des frais d'exploitation d'une protection cathodique peut être fait selon des critères différents. Nous en indiquons quelques-uns ci-après, établis sur la base de quatre visites par an. Ces chiffres tiennent compte des frais de :

- ✓ main-d'œuvre.
- ✓ déplacement.
- ✓ énergie consommée par la protection cathodique.

a- coût d'exploitation annuel par rapport au capital investi Le rapport est de l'ordre de 0,54 %.

b- coût d'exploitation par rapport au budget d'exploitation L'ensemble des frais d'exploitation (personnel, énergie, déplacements, réparations) représente un peu moins de 1.5% de l'ensemble des frais d'exploitation.

IV-7-3- Calcul économique:

- **Coût de la main d'œuvre :**

Pour réaliser cette installation, il faudrait 2 techniciens protection cathodique, l'un qui s'occuperait de la réalisation et l'autre pour les essais et mesures :

- 2 techniciens : 24h → 250.00 DA/h → 12000.00 DA.
- 1 conducteur d'engins : 24h → 200.00 DA/h → 4800.00 DA.
- 1 chauffeur camion : 16h → 200.00 DA/h → 3200.00 DA.
- 1 chauffeur véhicule : 24h → 150.00 DA/h → 3600.00 DA.
- 4 manœuvres : 24h → 150.00 DA/h → 14400.00 DA.

Montant total de la main d'œuvre : $C_P = 38000,00$ DA.

- **Coût des engins et véhicules utilisés :**

- 1 pelle mécanique : 24h → 5000.00 DA/h → 120000.00 DA.
- 1 camion benne : 16h → 1250.00 DA/h → 20000.00 DA.
- 1 un véhicule : 24h → 250.00 DA/h → 6000.00 DA.

Montant total des engins : $C_E = 146000.00$ DA.

- **Coût du backfill :**

- 7000 kg de coke : 100.00 DA/kg → 700000.00 DA.
- 9000 Litres d'eau (3 citernes) : 2000.00 DA/Citerne → 6000.00 DA.

Coût du backfill $C_B = 706000.00$ DA.

- **Coût de la ligne électrique :**

Coût de la ligne électrique $C_{\text{éle}} = 150000.00$ DA/ an.

IV-8-Amélioration des installations de protection contre la corrosion :

On remarque que les postes de protection cathodique de la station SP3 et la ligne OB1 consomment une énergie électrique importante qui entraîne des frais importants.

L'utilisation des autres sources de production d'énergie électrique en cas d'une défaillance au niveau de poste de soutirage de courant de protection cathodique est nécessaire. Ces sources d'énergie sont multiples :

- Utilisation d'une source d'énergie électrique à base d'une cellule photovoltaïque, surtout dans les zones désertiques telles que le tronçon de l'oléoduc à partir du PK0 jusqu'au PK350. La figure ci-dessous explique ce mode de production d'énergie électrique pour la protection des installations :

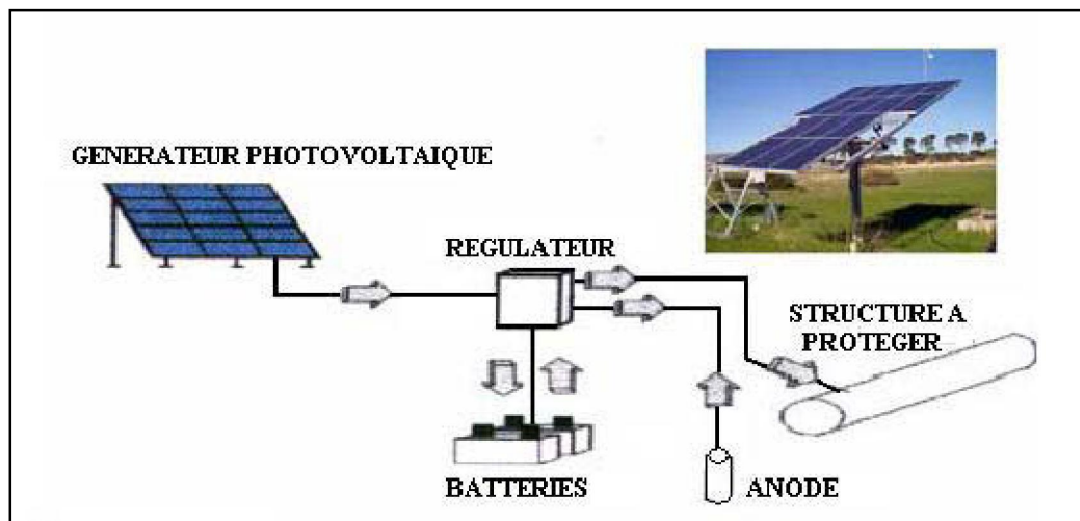


Figure IV-3: Système de la protection cathodique alimenté par cellule photovoltaïque. [17]

- Utilisation d'une source d'énergie éolienne constituée de :
Un mat, des Pales, une nacelle, un alternateur, un transformateur, une fondation, un système d'orientation, des girouettes et anémomètre, un multiplicateur de vitesse et un frein. La figure ci-dessous explique ce système :

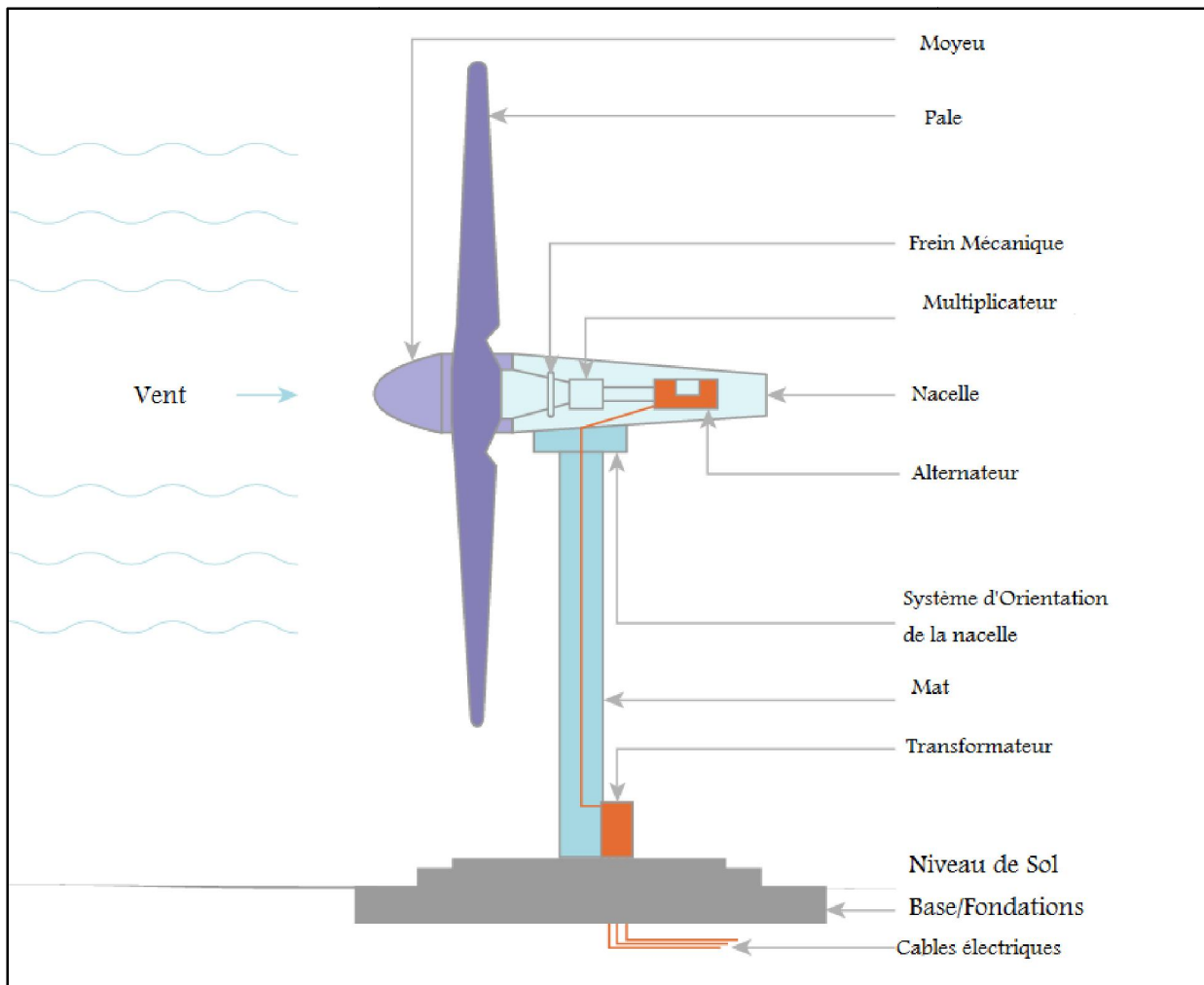


Figure IV-4 : constitution d'un système éolien.

- Utilisation des batteries de secours en cas d'une absence d'énergie électrique ou une coupure à la source d'alimentation des postes de protection cathodique.
- L'ajout des inhibiteurs couramment utilisés dans les pipelines peuvent être classés en deux types principaux :
 - a- Les inhibiteurs solubles dans l'eau et insolubles dans les hydrocarbures, forment dans la canalisation une couche protectrice et qui isole le fluide aux parois de l'installation à protéger, parmi ces inhibiteurs :
 - 1- à base de Chromate.
 - 2- A base de Nitrite de Sodium.

- b- Les inhibiteurs solubles dans les hydrocarbures directement injectés dans les produits transportés ou stockés, sont généralement les produits organiques et plus particulièrement des molécules comportant des azotes ayant des électrons libres (amines).

IV-9-Entretien et contrôle du système de protection des installations contre la corrosion :

- Au niveau de SP3 une commission est chargée de contrôle continuée du système de protection, elle est composée de :
 - Un ingénieur spécialisé en protection cathodique.
 - Un technicien en Maintenance.
 - Un technicien en Electricité.
 - Deux ouvriers.

- Cette même commission établis et exécute un plan de maintenance préventive.

Remarque : Dans les pipelines il est préférable de raccorder aux postes de protection cathodique des systèmes de télégestion et de commande à distance pour minimiser les déplacements.

Afin d'optimiser le fonctionnement d'une installation de protection cathodique, chaque opérateur de réseau a la possibilité d'installer un système télémétrique sur les équipements de protection cathodique.

L'intérêt qu'un opérateur de structure protégée a d'installer sur ses ouvrages un système télémétrique est multiple :

- garantir que ses équipements de protection cathodique sont en état de fonctionnement.
- garantir que ses équipements de protection cathodique assurent un niveau de protection cathodique sur ses ouvrages conforme à la réglementation.
- accroître la réactivité en cas de défaillance d'un équipement de protection cathodique.
- accroître la connaissance de l'historique du système de protection cathodique de l'ouvrage.

- très généralement, réduire ses coûts d'exploitation et de maintenance en permettant d'espacer les contrôles et mesures sur site.

Un équipement de protection cathodique peut être :

Télé-surveillé, télémessuré, télécommandé, télé-réglé, télé-exploité.

IV-10-Proposition d'un plan de surveillance et contrôle de la protection cathodique :

Principes :

L'objectif du contrôle et de la maintenance est de s'assurer que l'installation de protection cathodique reste efficace tout au long de la durée de vie prévue pour la structure. Les procédures de contrôle doivent être adaptées au type de structure et à son système de protection cathodique. Elles doivent être conformes aux normes et être validées après la mise en service de l'installation.[18]

Le contrôle de l'efficacité couvre à la fois les contrôles fonctionnels des équipements et les mesures des paramètres de la protection cathodique. Il est à noter que le matériel utilisé pour les mesures et contrôles doivent lui-même être vérifié régulièrement.

Si l'installation n'est pas contrôlée par télésurveillance, la fréquence des contrôles fonctionnels doit se conformer aux normes.

L'archivage des données relatives au fonctionnement et à la maintenance des installations est indispensable. Les systèmes informatisés de gestion des données sont maintenant privilégiés.

Il est nécessaire de procéder régulièrement aux mesures de potentiel suivantes :

- Potentiel à courant nul (potentiel libre de corrosion) :

Le potentiel de corrosion d'un métal dans un milieu électrolytique, tel que l'eau, les sols ou le béton (milieux poreux aqueux), est la différence de potentiel entre ce métal et une électrode de référence placée au voisinage de la surface de cette pièce.

Dans les conditions naturelles, lorsqu'aucun courant extérieur n'est appliqué à la pièce métallique, ce potentiel est appelé potentiel libre de corrosion (ou potentiel de corrosion à courant nul). Sa connaissance est utile pour appliquer le critère d'abaissement de potentiel de 100 mV. Sa mesure peut néanmoins être perturbée, notamment sur les structures de grandes

dimensions, par la circulation de courants vagabonds, ou de courants induits par des lignes de transport de courant.

- Potentiel à courant établi (« Eon ») :

Le potentiel à courant établi ou enclenché (dit parfois « on ») est la différence de potentiel entre le métal sous protection cathodique et l'électrode de référence. Comme indiqué plus haut, ce potentiel dépend fortement de la position de l'électrode de référence par rapport à la structure protégée.

En absence de courants extérieurs au système de protection cathodique considéré, les mesures « Eon » sont plus électronégatives que le potentiel réel de l'ouvrage. Elles sont optimistes pour la vérification du niveau de protection et pessimistes pour celle du niveau de surprotection. Pour les ouvrages enterrés ou dans du béton, elles ne sont qu'indicatives et doivent être complétées par des mesures Eoff.

- Potentiel à courant coupé (« Eoff ») et dépolarisation :

Le potentiel à courant coupé (ou "déclenché") est mesuré après coupure du courant de protection cathodique. Ce potentiel évolue avec le temps.

En absence de courants extérieurs au système de protection cathodique considéré, les mesures « Eoff », si elles ne sont pas réalisées instantanément après la coupure du courant, sont moins électronégatives que le potentiel réel de l'ouvrage. Elles sont pessimistes pour la vérification du niveau de protection et optimistes pour celle du niveau de surprotection.

- Vérifications et mesures lors de la mise en route :

Pour la protection cathodique par courant imposé ; il faut mesurer la tension de sortie du redresseur, le courant de protection, le potentiel à courant établi en divers points.

Pour les structures enterrées, il faut vérifier si des influences existent entre la structure à protéger et les structures voisines.

- Contrôles fonctionnels en service :

Les contrôles fonctionnels comprennent :

- ✓ La vérification du fonctionnement des transformateurs-redresseurs, incluant les mesures de tension et d'intensité du courant.
- ✓ Pour les structures complexes, la vérification du raccordement et/ou de l'isolement des structures étrangères.
- ✓ La vérification de l'intégrité mécanique et électrique des dispositifs de sécurité et de protection.

- Contrôle de l'efficacité de la protection en service :

D'une manière générale, l'efficacité d'une protection cathodique est évaluée en comparant les valeurs mesurées de certains paramètres, avec les valeurs de référence ou avec les critères de protection.

Les critères de protection concernent :

- la mesure du potentiel à courant établi E_{on} .
- la mesure, après coupure du courant, du potentiel à courant coupé E_{off} et éventuellement de la dépolarisation
- la vérification de l'absence de risques de surprotection pour l'ouvrage considéré (types de matériaux et de revêtements).

IV-11- Surveillance et contrôle à distance :

Le courant de protection cathodique et les potentiels (E_{off} et E_{on}) des structures protégées peuvent être mesurés sans intervention humaine, de façon continue ou à intervalles définis. Les résultats de ces mesures, peuvent être enregistrés dans un collecteur de données puis transmises vers la station de surveillance. Le fonctionnement de l'installation, avec ses éventuelles défaillances, peut ainsi être suivi à distance.[18]

Le système de transmission des données depuis l'ouvrage protégé vers la station de surveillance, peut être complété par un dispositif permettant de régler le courant de protection de l'ouvrage, à partir de la station de surveillance.

Conclusion :

A partir de ce chapitre, on peut conclure que pour le bon fonctionnement d'une installation de protection contre la corrosion, il est nécessaire d'appliquer un plan de contrôle et de surveillance, et utiliser des autres sources d'alimentation en énergie électrique.