

**Ministère des Transports, de l'Équipement, du tourisme et de la mer  
Secrétariat Général  
Direction de la Recherche et de l'Animation Scientifique et Technique  
Opération de la Mission Génie Civil**

---

**Etat de l'art dans le domaine de la  
Protection cathodique  
des structures métalliques ou en béton armé  
enterrées ou exposées au milieu marin**

---

**Bilan des 4èmes Journées d'Aix-en-Provence  
Organisées du 19 au 22 juin par la Commission  
Protection Cathodique et Revêtements Associés du CEFRACOR.  
(J.P. Samaran et D. Copin - CEFRACOR, 28 rue St Dominique 75007 Paris)**

---

Ce colloque, spécifique à la protection cathodique et aux revêtements associés, s'est déroulé sur trois journées, précédées d'une réunion de la Commission ouverte à tous les congressistes. Il couvrait les trois grands domaines d'utilisation :

- Les ouvrages enterrés en acier ou en béton armé.
- Les structures métalliques exposées à la mer et
- Les revêtements des ouvrages soumis à la protection cathodique.

Quarante cinq communications ont été prononcées. Elles sont rapportées dans un CD réalisé par le CEFRACOR qui en assure la diffusion sur demande. Elles se répartissent comme suit :

- 3 conférences portant sur des généralités dont une sur la certification de la compétence des personnes.
- 15 conférences concernant la protection cathodique des ouvrages enterrés.
- 8 pour les structures exposées à la mer
- 3 sur la modélisation.
- 8 sur les revêtements de canalisations enterrées.

## **1. Résumé des conférences.**

### **1.1 Généralités et Point des Connaissances.**

Il faut d'abord citer la conférence introductive prononcée par le Chairman de W.P. 16 de la Fédération Européenne de Corrosion lequel, dans un rappel historique, a expliqué comment la technique de la protection cathodique a pris naissance, essentiellement au Royaume-Uni à l'aide d'anodes galvaniques puis, grâce à la méthode dite du courant imposé.

Cette technique n'a été mise en œuvre que tardivement en France en raison d'une loi qui interdisait l'utilisation du sol comme partie d'un circuit électrique.

Limitée tout d'abord à terre à la protection des canalisations, la protection cathodique s'est peu à peu étendue aux structures marines, aux réservoirs métalliques puis à l'intérieur des capacités.

Les méthodes de calcul ont évolué, en particulier pour les ouvrages maritimes dont le design est souvent complexe. Le développement de revêtement diélectriques performants a permis par ailleurs de limiter le débit des postes de soutirage de courant de façon à réduire les phénomènes d'influence et le risque de corrosion des aciers sensibles à la fragilisation par l'hydrogène (aciers à hautes caractéristiques mécaniques en général).

Ces dernières années, le monitoring a été fortement développé. Il favorise une meilleure définition des conditions d'application de la protection cathodique.

Depuis 15 ans enfin, un nombre important de normes ou de recommandations ont été rédigées, tant en France qu'aux niveaux européens et international.

Enfin et bien avant l'Europe, les Etats-Unis avaient compris qu'il était nécessaire de prévoir un programme de certification de la compétence des personnes pour assurer la qualité de la conception, de la mise en œuvre et du suivi des systèmes de protection cathodique. En France et sous l'impulsion du CEFRAFOR, les premiers certificats « AFNOR Compétence / Protection cathodiques » ont été délivrés dès l'année 2000. Aujourd'hui près de 200 agents sont certifiés dans le secteur d'application relatif aux « Ouvrages enterrés » et une certification spécifique aux structures exposées au milieu marin devrait être opérationnelle en Mai 2007 (Voir conférence G03).

Grâce à la promotion des actions de normalisation et de certification, l'Europe et la France en particulier, ont fait des efforts considérables pour améliorer la qualité dans l'utilisation des techniques de protection cathodique permettant ainsi d'accroître de façon importante la durée de vie des ouvrages.

On trouvera ci-après un résumé des communications techniques prononcées.

## **1.2 Protection cathodique des ouvrages métalliques enterrés (Sessions E et T).**

En préalable, il est nécessaire de rappeler qu'aujourd'hui, si pour le spécialiste de la protection cathodique, l'état de non corrosion d'une structure s'apprécie par une interprétation fine des mesures de potentiel, en fait, les seuls contrôles acceptés par les instances officielles pour évaluer l'état réel d'un ouvrage enterré sont :

- Soit les observations visuelles que l'on peut effectuer directement sur la surface de la structure, préalablement dégagée, puis débarrassée de l'intégralité de son revêtement. Cette méthode simple mais très onéreuse permet de recueillir des informations précises mais circonscrites à des emplacements très localisés.

- Soit, pour des canalisations, le passage d'un racleur instrumenté dont les enregistrements nécessitent d'être soigneusement interprétés par des spécialistes. Cette technique, très onéreuse également requiert le respect d'un certain nombre d'exigences pour la conduite : présence de gares de racleurs, coudes à grand rayon, organes de robinetterie ou branchements limités...

- Il apparaît également que certains maîtres d'ouvrages sont tentés de chercher à corréler les mesures de potentiel réalisées sur les structures soit manuellement soit à l'aide d'une télésurveillance, avec les observations que l'on peut faire sur des excavations dont la localisation est ciblée (E 03)\*, ou choisies statistiquement (E 04).

\* : Numéro de la conférence

- A signaler également le développement prometteur de la télésurveillance et de la

télégestion des installations de protection cathodique (E 05 et E 06), cela avec 2 philosophies différentes : Vente d'un matériel ou vente d'un service.

D'autres études présentées concernent des problèmes spécifiques, soit parce qu'ils s'avèrent difficiles à résoudre techniquement, soit parce qu'ils sont relativement nouveaux, ou parce que leur résolution n'a pas encore fait l'unanimité parmi les spécialistes. Parmi ces interventions on retiendra :

- La communication où deux membres du Comité Européen de Normalisation, dont un étranger, se sont associés pour exposer en détail comment la récente norme CEN relative aux structures dites « complexes » devait être comprise et appliquée (E 01).
- La communication concernant la protection extérieure des fonds de réservoirs de stockage d'hydrocarbures (E 02). Pour des raisons relatives à la protection de l'environnement, une membrane plastique est installée, à faible profondeur, au dessous du réservoir afin de permettre une certaine rétention du produit stocké en cas de fuite. Cette membrane oblige à placer les anodes près de la cathode ce qui limite leur portée d'où la nécessité d'une étude très soignée. Cette communication pourrait servir de base à l'élaboration d'une future norme dont le principe vient juste d'être adopté.
- Un autre exemple de problème difficile a été illustré par la présentation concernant les conditions dans lesquelles les courants alternatifs sont susceptibles de provoquer des corrosions (E 08). Une étude expérimentale a été présentée, mais le milieu adopté s'est avéré trop résistant pour permettre de conclure définitivement. L'étude devrait être poursuivie car le problème est d'actualité et présente une réelle importance du fait des intensités élevées que l'on susceptible de rencontrer à proximité des lignes à très haute tension ainsi que près des voies T.G.V.

Dans le cadre de cette session deux études pratiques ont été présentées :

- L'une par des algériens (E 09), relative aux risques induits par une conduite protégée cathodiquement vis-à-vis d'une autre conduite enterrée voisine. Ces problèmes sont habituellement traités de façon pragmatique grâce à l'expérience acquise et précisée dans une norme NF mais ce document a l'intérêt de présenter une autre approche où les paramètres (angle des conduites, distance...) ont été étudiés de façon systématique.
- La seconde par des mexicains (E 07), concerne le rendement des anodes galvaniques en magnésium. Cette étude semble montrer que les essais ne doivent pas être conduits systématiquement en conformité avec les conditions définies dans la norme ASTM, mais plutôt selon les conditions réelles de fonctionnement. Les rendements observés peuvent être très différents selon les conditions d'essais.

Enfin deux études ont été présentées qui relèvent plus de la corrosion des aciers que de leur protection.

- La première concerne des aciers de pipeline API X42 et X65 (E 11). Son objet était de comprendre, par des études de laboratoire, les différences de comportement à la corrosion dans différents milieux sableux (ce que ne reflétait pas le titre donné à la conférence).
- La seconde concerne des phénomènes de corrosion qui ont été observés malgré des potentiels mesurés qui paraissent tout à fait acceptables (E 10). L'étude a permis de montrer que les attaques se sont développées près d'inclusions de sulfures présentes à la surface de l'acier. Ces inclusions génèrent des couples galvaniques très locaux et les potentiels mesurés ne sont que des potentiels moyens (correspondant à la moyenne des potentiels de

la surface vue par l'électrode de référence) qui ne permettent en aucun cas de détecter ce genre de problème très particulier.

### **Techniques de mesures sur des ouvrages enterrés.**

- Le premier exposé ayant servi d'introduction à cette courte session avait un objectif double :

- a) Présenter d'une part l'ensemble des outils disponibles pour évaluer l'efficacité de la protection cathodique

- b) Montrer à tous les exploitants la nécessité de connaître les avantages et les limites de chacun de ces outils. Le CEFRACOR édite à ce sujet des recommandations rédigées en groupe de travail et validées en Commission. Elles restent toutefois en fonction de l'expérience des participants (T 01).

- Un exploitant ayant une longue expérience dans l'utilisation et le suivi de la protection, membre d'un des groupes de travail ci-dessus, a exposé qu'elle était sa politique en matière de contrôle, quel était l'avantage de l'utilisation quasi systématique de témoins métalliques, et comment les mesures dites à courant coupé devaient être faites selon qu'elles étaient réalisées :

- Directement sur l'ouvrage protégé sur lequel des courants dits de compensation peuvent apparaître lors de la coupure du courant de protection. Il montre d'attendre que ces courants aient disparu, imposant un certain délai avant de pouvoir procéder à la mesure,

- Sur un témoin qui, lorsqu'on l'isole de la structure, n'est pas soumis à ces courants et sur lequel, de ce fait, il est possible de procéder à la mesure dès la coupure du courant de protection (T 03).

Une discussion s'est engagée entre les auteurs et l'assistance pour savoir quels étaient les délais à respecter, après coupure du courant de protection, pour procéder aux mesures. Il ressort de cette discussion que les courants de compensation sont largement fonction de la nature et de la résistivité des sols, d'où l'intérêt d'utiliser des témoins.

- Un autre exposé concernait les techniques de recherche de défaut de revêtement qu'il est toujours souhaitable de mettre en évidence, soit pour les réparer s'ils sont trop importants, soit pour en connaître l'existence ce qui facilitera l'interprétation de certaines des mesures réalisées. Cet exposé présentait les résultats d'une étude faite sur un pipeline de 230 km de long sur lequel de nombreux problèmes de corrosion ont été détectés par passage d'un racleur instrumenté. Cette étude était particulièrement intéressante en ce sens qu'une première campagne a tout d'abord été réalisée sur un tronçon avec les méthodes traditionnelles (Pearson, C.I.P.S., D.C.V.G.). Si la méthode Pearson n'a pas convaincu, par contre les méthodes C.I.P.S. et D.C.V.G. réalisées avec soin par un personnel compétent, ont donné des résultats assez bien corrélés avec les informations fournies par le racleur instrumenté. Une seconde campagne a été ensuite réalisée sur le même tronçon avec une méthode expérimentale intégrant en une seule fois les méthodes CIPS et DCVG appliquées toutes les deux en « ON/OFF ». Les résultats sont encore à l'étude. (T 04).

### **1 .3. Protection cathodique du béton armé (Session B).**

Un rappel des mécanismes de corrosion des armatures en acier noyées dans le béton puis de ceux permettant à la protection cathodique de bloquer cette corrosion en conservant ou en redonnant au béton son pouvoir passivant, a servi d'introduction à cette session (B 01). Les deux méthodes dont on dispose pour réaliser cette protection ont été présentées.

La conférence suivante a montré combien un diagnostic précis était nécessaire avant d'entreprendre toute étude dans ce domaine. Elle a présenté de façon assez exhaustive les moyens à mis à ce jour à disposition (B 02).

Souvent la corrosion trouve son origine dans la carbonatation des bétons qui, en diminuant leur pH supprime l'effet passivant du mortier. La présence de chlorures provenant de l'environnement et qui migrent jusqu'aux fers à travers le béton est également un élément déterminant. L'acier, malgré la passivation initiale, peut se trouver entraîné dans un processus de corrosion tout comme les aciers inoxydables le sont en présence des mêmes chlorures. Les exposés suivants ont présenté des cas de dégradation. Les solutions qui ont permis d'y remédier y sont proposées :

a) une déchloruration d'un béton pollué a pu être obtenue par une technique originale qui consiste à réaliser l'anode galvanique, nécessaire à l'application du courant cathodique, avec du zinc projeté à chaud sur la surface extérieure du béton, (B 07). La connexion avec l'ensemble des fers à protéger est réalisée par un certain nombre de liaisons électriques entre la couche du zinc (anode) et le réseau des fers (cathode).

b) La réalkalinisation d'un béton carbonaté a pu être obtenue grâce à la mise en place d'anodes à courant imposé (B 08).

c) Un immeuble, en bordure de mer, a pu être « sauvé » par la mise en place d'une protection cathodique à courant imposé qui est apparue plus facile à réaliser qu'un dispositif de déchloruration.

L'intérêt de ces dernières communications résidait plus dans les valeurs de potentiel et d'intensité rapportées que dans la nouveauté des techniques utilisées. Elles présentent néanmoins l'intérêt de faire le point dans le domaine.

#### **1.4. Structures exposées à la mer (Session S).**

L'examen du contenu des communications présentées montre combien les pôles d'intérêt sont différents et situés très en amont de ceux qui concernent traditionnellement les ouvrages terrestres. Les enjeux économiques sont généralement très supérieures et l'optimisation de l'ingénierie apparaît comme une nécessité. Il devient donc manifeste que l'emploi de logiciels est nécessaire pour mieux appréhender certains cas difficiles tels ceux qui ont été évoqués lors de la session « Modélisation » traitée ci-après. Rappelons à ce sujet que les premiers logiciels de modélisation de la protection cathodique ont été développés pour des applications maritimes.

- Des capteurs destinés au milieu marin ont été développés récemment. Ils permettent l'acquisition, dans le milieu réel, de données relatives aux phénomènes de polarisation qui se développent sur les surfaces cathodiques d'un ouvrage immergé. Certains résultats de mesure intéressants sont présentés dans la conférence S 01. Ils pourront être utilisés lors de l'emploi de logiciels pour des études relatives à ce même environnement. Une ingénierie pertinente et de qualité pourra être mise en place. Des études restent cependant à réaliser, ces logiciels n'étant performants que si l'on a une très bonne connaissance des phénomènes de polarisation pour le milieu considéré.

- En mer une densité du courant de protection, dite de « polarisation », a été définie comme étant celle qui permet d'obtenir un dépôt calco-magnésien de bonne qualité grâce à la polarisation des sources cathodiques. La vitesse d'accès de l'oxygène à la surface du métal va ainsi se trouver considérablement limitée et, par suite, la densité de courant de « maintien » nécessaire à la protection va être réduite dans la même proportion. Lorsque la

protection cathodique est obtenue par des anodes galvaniques, leur poids dépend directement de ce courant de « maintien ». On sait par ailleurs que la nature du dépôt calco-magnésien, donc la vitesse de diffusion de l'oxygène, dépend de l'intensité du courant de polarisation. Une communication (S02) montre qu'il dépend également de l'environnement : teneur en sulfates, présence de sédiments...

- Les anodes galvaniques mises en place sur les plates-formes pétrolières sont pratiquement impossibles à remplacer dans les conditions de profondeur. Elles sont donc installées avec des durées de vie prévisionnelles de l'ordre de 20 à 50 ans. Leur qualité constitue de ce fait un point majeur pour les exploitants. Les contrôles nécessaires doivent être réalisées (S 05).

- Enfin la protection cathodique peut aboutir à la réduction des protons ( $H^3 O^+$ ) puis à la diffusion dans le métal des atomes d'hydrogène formés à l'interface. Ces atomes sont susceptibles de provoquer la fragilisation des aciers à haute limite d'élasticité qui sont de plus en plus utilisés dès lors que les structures doivent être soumises à des contraintes importantes. Depuis de longues années des travaux ont été réalisés sur ce thème qui reste pourtant toujours d'actualité. Il y a lieu de bien cerner l'éventuelle influence de la protection cathodique sur les phases d'amorçage et de propagation des fissures. C'est l'objet d'une toute récente étude dont les résultats ont été rapportés dans la communication S 06.

D'autres exposés ont fait part d'observations intéressantes :

- Un bilan de trente années de protection cathodique en offshore (S 03), aussi bien par anodes galvaniques que par anodes à courant imposé.

- Un examen détaillé et approfondi des différents types de corrosion que l'on est susceptible d'observer sur des structures verticales (pieux, palplanches) en fonction de la localisation des surfaces par rapport à la zone de marnage et par rapport au fond marin (S 04).

Deux exposés ont présenté des études qui concernaient les revêtements appliqués en milieu marin :

- L'un avait trait aux produits applicables sous l'eau. Elle propose, suite aux essais réalisés, un protocole d'agrément tant en fonction des qualités d'applicabilité que de l'ensemble des propriétés spécifiques nécessaires à tout bon revêtement. Dans cette optique et parmi les essais réalisés tant en laboratoire que sur des échantillons réels, certains ont pu être sélectionnés comme susceptibles de permettre une bonne discrimination entre les revêtements. Il y a toutefois lieu de poursuivre les expérimentations (S 07).

- L'autre, plus théorique, a cherché à mettre en évidence et à étudier les différences de détérioration des propriétés des revêtements que l'on peut observer :

- d'une part sur un échantillon de métal revêtu dont le revêtement a été préalablement dégradé avec mise à nu du métal et,
- d'autre part sur un échantillon identique mais en l'absence de tout dommage volontairement créé ou non.

C'est une méthode utilisant des cycles thermiques qui a permis une forte accélération des essais (S 08). Une méthode utilisant un canevas semblable est certainement applicable à la sélection des primaires destinés aux revêtements de canalisations.

## **1.5. Modélisation (Session M).**

L'utilisation de logiciels permet, en fonction de la qualité des informations qui sont introduites

lors de son utilisation, une assez bonne prévision de la répartition des courants émis par les installations de protection cathodique et des potentiels obtenus à la surface d'une structure. Elle permet surtout de simuler les phénomènes de polarisation et l'évolution des potentiels induits grâce à l'introduction d'algorithmes. Cette utilisation s'est développée surtout depuis une dizaine d'années, même si certains logiciels existaient depuis environ 20 ans.

- Un exposé général a présenté les conclusions que l'on peut tirer, pour certains cas de figure courants, de l'utilisation d'un logiciel développé en France (M 02) :
  - Erreurs faites lors de mesures « ON » sur pipelines enterrés en fonction de la taille des défauts, de la résistivité du sol, de la profondeur à laquelle se trouve l'ouvrage ...
  - Evaluation de la portée de la protection cathodique dans un piquage en acier (tubulure) réalisé dans une paroi métallique de capacité en fonction du potentiel obtenu sur cette paroi, du diamètre du piquage, de la résistivité du milieu...
  - Diamètre à donner à un bouclier diélectrique réalisé sur une coque de navire en fonction de la surface à protéger, du taux de dégradation de la peinture, du débit que devra fournir l'anode ...
- Un autre exposé a présenté une étude comparative faite sur une coque de navire en utilisant, d'une part la simulation numérique et, d'autre part, les résultats mesurés sur une maquette au 1/100 du bateau (M 01). La corrélation a été bonne pour des taux limités de dégradation de la peinture (3 à 5 %). Elle a été moins satisfaisante pour des taux plus importants. On peut toutefois se demander s'il ne s'agit pas, dans le cas présenté, d'un problème de mesure.
- Une seconde étude comparative a été réalisée entre une simulation numérique et des mesures réelles. Elle avait pour objectif d'apprécier comment des anodes galvaniques sont susceptibles de maîtriser la corrosion cavernueuse pouvant apparaître entre des faces de brides en acier (M 03). L'exemple présenté concerne un circuit eau de mer réalisé en alliage inoxydable (noble) dont on a pu constater que le potentiel augmente jusqu'à + 300 mV / Ag / AgCl / eau de mer ; lors de la formation du voile biologique (biofilm).

## **1.6 Revêtement des canalisations enterrées (Session R).**

- On constate au cours de cette session que les sociétés exploitant des canalisations ne cherchent plus à analyser et étudier par elles mêmes les problèmes rencontrés mais à se rassembler pour entreprendre des analyses et des études en commun (R 01 et R 06).
- Le problème le plus couramment rencontré, concerne les revêtements appliqués sur les zones de rabotage de tubes : préparation de surface plus sommaire, application sur site, donc dans de moins bonnes conditions, nature différente de produits conduisant à des manques d'adhérence. Il s'ensuit des effets d'écran qui s'opposent à l'efficacité de la protection cathodique en même temps qu'à la difficulté de faire des mesures représentatives. Ces zones sont parfois le siège de corrosions que tous les exploitants ont pu observer. On constate par ailleurs que tous les cas rapportés concernent des conduites exclusivement terrestres et que la température a constitué un facteur accélérateur de l'évolution du revêtement et du développement de la corrosion (R 03).
- Des problèmes semblables concernent parfois le corps des tubes, même si c'est à un degré moindre. Des études ont montré que la corrosion ne se développe rapidement que s'il y a renouvellement de l'eau au contact du métal, ce qui est favorisé par un effet de drain qui se manifeste dans les tranchées où sont enterrées les conduites. Des exploitants ont entrepris des études statistiques afin de mieux orienter les actions de maintenance (R 07).

- Les progrès en matière de revêtement venaient essentiellement, ces dernières années, des fabricants de produits de revêtement.. Il apparaît d'une part, que les exploitants font des efforts pour mieux comprendre l'origine des problèmes rencontrés et que, d'autre part, leurs études se font moins en interne et plus en collaboration avec des laboratoires afin de conférer aux études un aspect plus fondamental. On notera que la majorité des analyses et des études présentées concernent les revêtements de type tri-couche (époxy, adhésif copolymère, polyoléfine).

Même si l'importance et poids relatif de certains facteurs n'ont guère évolué depuis plus d'une dizaine d'années (hydrolyse alcaline du primaire époxy, importance de l'épaisseur de ce primaire à travers lequel diffuse l'eau et les espèces dissoutes ou ionisées...), par contre d'autres ont été mises en évidence comme :

- l'importance de la couche adhésive (R 02),
- l'importance sur le vieillissement de la reprise d'eau par les résines (R 02),
- la présence de fonctions polaires qui favorisent cette reprise d'eau (R 05).

Par faible reprise en eau on entend :

- un taux de cristallisation réduit pour les polyoléfines qui constituent la base des revêtements actuels (donc un refroidissement lent),
- un faible pourcentage de fonctions polaires,
- une température de transition vitreuse élevée pour les primaires époxy

- De plus, une meilleure compréhension des phénomènes a permis de proposer des orientations afin de mieux choisir les essais susceptibles de cerner les produits les plus performants et d'éliminer les moins bons (R 04 et R 05).

Voici donc quelques pistes pour un meilleur choix des produits de revêtement de canalisations, associés toujours à une excellente préparation de surface, particulièrement lorsque les revêtements sont appliqués sur site.

Enfin, pour le revêtement des points singuliers, il y a lieu de signaler la mise au point d'un produit auto cicatrisant (R 08) qui devrait faciliter la protection des pièces spéciales : vannes, clapets, T, brides enterrées...

## **2. Avancées Techniques et état de la recherche :**

Parmi les avancées techniques significatives présentées lors du congrès, on notera en particulier :

- Une meilleure approche de la mesure du potentiel réel d'une canalisation enterrée ;
- Une connaissance plus approfondie de la corrosion par le courant alternatif.
- L'amélioration du choix des procédures de détection des défauts de revêtement.
- La télésurveillance des installations de protection cathodique et de l'état de polarisation des ouvrages.

En ce qui concerne la recherche :

- La simulation numérique devrait rentrer dans le domaine courant dans les prochaines années, en particulier pour trouver les solutions les mieux appropriées dans le cas d'ouvrages complexes, qu'ils soient terrestres ou en contact avec la mer.
- Une meilleure approche du potentiel réel d'une canalisation enterrée sous protection cathodique constitue le sujet majeur de réflexion et de recherche.
- Enfin dans le domaine des revêtements de canalisations enterrées ou des peintures destinées aux structures immergées des axes de recherche ont été dégagés. On peut



supposer que les fabricants trouveront à terme de nouvelles voies pour la mise au point de solutions encore plus fiables que celles existantes.

### 3. La certification des personnes en Protection cathodique.

Après une dizaine d'années de travaux préparatoires, la France dispose depuis plus de 5 ans d'un système performant de certification des connaissances et du savoir faire des personnes avec la marque de qualité « AFNOR » Compétence/Protection cathodique ».

Le CEFRACOR, par l'intermédiaire de son département spécialisé, le Conseil Français de la Protection Cathodique, (CFPC), assure la gestion complète du système de certification.

Dès l'année 2000, les premiers certificats de compétence étaient délivrés pour le secteur d'application « Ouvrages enterrés ». Pour ces dernières années, le total cumulé des personnels certifiés s'établit comme suit :

Niveau	Année 2003	Année 2004	Année 2005
Niveau 1 - Secteur Terre	63	86	114
Niveau 2 - Secteur Terre	16	19	31
Niveau 3, Secteur Terre.	8	8	8
Secteur Mer.	4	4	4
Secteur Béton.	2	2	2
Secteur Intérieur.	1	1	1
<b>Nombre total cumulé de certifiés au 31 Décembre de chaque année</b>	94	120	160

A la fin de l'année 2006, le chiffre de 190 certifiés essentiellement français mais aussi belges, espagnols et marocains devrait être atteint.

Des travaux ont été entrepris en 2005 et 2006 avec l'Italie en vue d'une harmonisation des procédures de certification.

Par ailleurs et en 2005, avec l'aide de l'Ambassade de France au Maroc, un Centre de Formation et d'un Centre d'examen agréé ont été créés sur le site de l'Ecole Nationale de l'Industrie Minérale de Rabat. Ce Centre a permis de délivrer, sous la tutelle du CFPC, près d'une quinzaine de certificats « AFNOR Compétence / Protection cathodique – Secteur Terre ». La volonté, tant française que marocaine, est d'ouvrir aux pays d'Afrique francophone les Centre de formation et de certification de Rabat.

Pour des raisons industrielles et de préservation de l'environnement marin, un second besoin s'imposait en France : Celui de certifier la compétence des personnes assurant l'anticorrosion par Protection cathodique des ouvrages métalliques exposés à la mer : Quais en palplanches, ouvrages portuaires, plate-formes pétrolières offshore, bateaux, bouées ...Ce besoin sera couvert par le CEFRACOR CFPC dès le printemps 2007. Avec le soutien financier de Brest Métropole Océane, du Département du Finistère et de la Région Bretagne un centre de formation et un Centre d'examen seront créés à Brest dans le cadre du pôle de compétence Bretagne. L'objectif du CEFRACO est maintenant de transformer à très court terme ces deux centres en organismes européens pour la Certification de la compétence en protection cathodique dans le secteur d'application concernant les ouvrages exposés à la mer. Ce devrait être la première initiative de ce type en Europe et, nous le souhaitons la seule.

A noter que la norme européenne EN 15257 qui permet une harmonisation des niveaux de compétence et des procédures présentes et futures de certification dans ce domaine a été votée et sera publiée début 2007.

### **3. Positionnement de la France par rapport à l'étranger.**

En raison des très nombreux contacts existants aujourd'hui entre les spécialistes européens du fait des travaux de normalisation, on peut considérer que la France se situe en bonne position par rapport à ses voisins.

La France reste notamment en très bonne place dans le domaine de la certification de la compétence en protection cathodique. Elle sera certainement le premier pays européen et un des tous premiers mondiaux à délivrer des certificats de compétence dans le secteur de la protection contre la corrosion des ouvrages exposés à la mer.

### **4. Projets de recherche à entreprendre.**

- A la suite d'une enquête effectuée dans le cadre de la Commission Protection cathodique et Revêtements Associés du CEFRACOR, la création d'une base de données des paramètres de protection cathodique pour les ouvrages enterrés ou portuaires constitue aujourd'hui un besoin indéniable permettant d'optimiser divers choix dans le cas d'installations complexes, notamment par le biais de la simulation numérique. Un projet collectif a été bâti. Sa réalisation constituera une avancée majeure permettant de trouver les solutions les plus appropriées dans le cas de structures marines ou terrestres. Le développement de capteurs tels que présentés au cours du présent congrès est le premier pas vers la modélisation envisagée et vers une meilleure utilisation des logiciels existants.
- D'autres axes de recherche seraient également entreprendre ultérieurement :
  - Evaluation de l'état de corrosion d'une canalisation métallique enterrée.
  - Appréciation du potentiel réel continu tout au long d'une structure métallique enterrée.

### **5. Conclusions.**

De l'avis des 150 participants aux journées d'Aix en Provence, dont 114 congressistes, il ressort une satisfaction marquée à la fois pour ce qui concerne l'ordonnancement structurelle de la manifestation, le niveau scientifique ou technique des communications et l'organisation générale du congrès.

L'exposition de matériels ou de techniques qui y était associée sous la forme de 19 stands complétait harmonieusement le colloque dont la périodicité demandée devrait être de 3 ou 4 ans.

# 4èmes Journées d'AIX (EFC Event nr 286)

Aix-en-Provence, Centre des Congrès

20-22 juin 2006, 20-22 June 2006

## PROTECTION CATHODIQUE ET REVÊTEMENTS ASSOCIÉS. THÉORIE ET PRATIQUE POUR TOUS SECTEURS D'APPLICATION.

## CATHODIC PROTECTION AND ASSOCIATED COATINGS. THEORY AND PRACTICE IN ALL APPLICATION SECTORS.

### PRESENTATIONS

### PAPERS

Mardi 20 juin 2006 - Tuesday June 20<sup>th</sup>

#### Généralités– General (G)

- [G01](#) La protection cathodique : Des origines aux progrès les plus récents – *Cathodic Protection: From the origins to the most recent progress* –  
**M. ROCHE**, Total, Chairman EFC WP16 « Cathodic protection »
- [G02](#) La Commission Protection Cathodique et Revêtements Associés du CEFRACOR et les Recommandations PCRA – *The CEFRACOR Cathodic Protection and Associated Coatings Committee and the PCRA Recommendations* –  
**M. ROCHE**, Total, Président de la Commission PCRA du CEFRACOR
- [G03](#) La certification de la compétence des personnes en protection cathodique – *Certification of personnel in cathodic protection* –  
**D. COPIN**, CFPC, **M. JALLOULI**, **M. LEMYASSER**, ENIM de Rabat

#### Modélisation – Modeling (M)

- [M01](#) Protection cathodique : simulation numérique PROCOR et mesures expérimentales sur maquette de bâtiment de surface – *Cathodic protection: Comparison of PROCOR computations with physical scale modeling measurements* –  
**J. BLANC**, DGA/CEP, **C. RANNOU**, DGA/GESMA
- [M02](#) Modélisation de cas typiques de protection cathodique à l'aide du logiciel PROCOR – *Modeling typical cases of CP using PROCOR software* –  
**S. PILLET**, Université de la Rochelle, **J-L. BRAZY**, **M. ROCHE**, Total

- [M03](#) Modélisation de la protection cathodique interne des circuits eau de mer : Comparaison entre résultats expérimentaux et modèles – *Modeling CP inside seawater circuits: Comparison between experimental results and models* –  
**A.M. GROLLEAU, H. LE GUYADER, V. DEBOUT, N. DOLIGNON, DCN**

### **Ouvrages en béton – Concrete structures (B)**

- [B01](#) Etat de l'art de la protection cathodique du béton armé – *State of the art of CP of concrete structures* –  
**G. TACHÉ CEBTP**, Président de la Commission Construction – Bâtiment du CEFRAFOR
- [B02](#) Protection cathodique du béton armé : Diagnostic préliminaire et contrôle de la mise en oeuvre – *CP of concrete structures: Preliminary diagnostic and verification of its implementation* –  
**A. DOLLET, G. TACHÉ CEBTP**
- [B03](#) La métallisation du béton : Une protection active contre la corrosion – *Metallizing of concrete: An active protection against corrosion* –  
**M. ARAV, S. HÖLZINGER, K. DJERORO, X. STEC, A. ANTON, EMTS**
- [B06](#) Surveillance et contrôle via modem des systèmes de protection cathodique par courant imposé – *Cathodic Protection by impressed current applied to Concrete Structures: Monitoring and control via modem* –  
**J-C. ORELLAN, C. TOURNEUR, Freyssinet**
- [B07](#) Une technique économique pour l'assainissement des structures en béton armé – *An economical technique for repairing concrete structures* –  
**F. PRENGER, M. KATTANNEK, J. WISNIEWSKI, Grillo-Werke AG,**  
**P. DELPIRE, Zinacor**
- [B08](#) 16 années d'expérience dans le traitement du béton par électro-osmose – *16 years experience in treatment of concrete through electro-osmosis* –  
**J-C. BOURCY, Renofors-Novbeton**

### **Mercredi 21 juin 2006 – Wednesday June 21<sup>st</sup>**

#### **Revêtements de canalisations et corrosion – Pipeline coatings and corrosion (R)**

- [R01](#) Corrosion des pipelines sous protection cathodique en présence de décollement cathodique – *Corrosion of pipelines under CP in the presence of coating disbonding* –  
**X. CAMPAIGNOLLE, M. MEYER, Gaz de France, M. ROCHE, Total**
- [R02](#) Évaluation et compréhension du phénomène de délamination cathodique sur revêtement tricouche – *Evaluation and understanding of the phenomenon of cathodic disbonding with three-layer coatings* –  
**E. ARAGON, L. BELEC, C. LY, A. MARGAILLAN, ISITV, D. MELOT, Total**
- [R03](#) Revêtement et protection cathodique des pipelines : Expériences malheureuses et voies de progrès – *Coating and CP of pipelines: Negative experiences and possible progress* –  
**D. MELOT, T. PICAUD, M. ROCHE, Total**

- [R04](#) Nouvelle stratégie de sélection des primaires d'adhésion pour revêtements tri-couches – *New strategy of selection of adhesive primers for three-layer coatings* –  
**V. SAUVANT-MOYNOT, J. KITTEL, J. GRENIER, IFP**
- [R05](#) L'intérêt de nouveaux primaires époxy hydrophobes pour revêtements tricouches  
*The advantage of new hydrophobic epoxy primers for three-layer coatings* –  
**J-L. BOULIEZ, G. GAILLARD, P. DEREUDRE, BS Coatings**
- [R06](#) Etude paramétrique de la perte d'adhérence des revêtements polyéthylène tricouches en exposition atmosphérique - *Parametric study on loss of adhesion of 3 layers polyethylene coatings upon outdoor exposure* –  
**M. MEYER, X. CAMPAIGNOLLE, P. DENOIZE, Gaz de France, J.-L. BOULIEZ, BS Coatings, J-P. JANSEN, Europipe, D. MELOT, Total**
- [R07](#) Corrosion des pipelines de gaz enterrées : Collection et analyse de données d'excavations - *Buried gas pipeline corrosion: Excavation collection data and analysis* –  
**X. CAMPAIGNOLLE, C. DREVET, M. MEYER, Gaz de France**
- [R08](#) L'utilisation d'un système auto-cicatrisant conduit-elle à la fin de l'ère de la protection cathodique ? - *Is the use of a self-recovering anti-corrosion system the end of the cathodic protection era?* –  
**F. KUIJT, FNR**

#### **Ouvrages enterrés et systèmes de protection cathodique, *Buried structures and CP systems (E)***

- [E01](#) Protection cathodique des structures complexes – *CP of complex structures* –  
**A. GOMILA, Guldager Electrolysis, M. CURTY, Cefracor-CFPC**
- [E02](#) Distribution des potentiels dans la protection des fonds de bacs par « Grid System » - *Potentials distribution in protection of tank bottoms by « Grid System »* -  
**J. VITTONATO, COREXCO**
- [E03](#) Méthodologie d'évaluation de l'état de conservation des canalisations de transport à Gaz de France – *Methodology for the assessment of the integrity of Gaz de France transmission pipelines* –  
**B. MASSON, S. FONTAINE, C. VIGIER, GRT Gaz, X.CAMPAIGNOLLE, Gaz de France**
- [E04](#) Méthodologie de gestion des données appliquée à la gestion du patrimoine – *Methodology for managing data applied to asset management* –  
**O. VANACKÈRE, D. MONDIÈRE, L.VILLION, CJP Services**
- [E05](#) La télégestion de la protection cathodique : L'expérience d'un fabricant français – *Remote control of CP : The experience of a french supplier* –  
**R. AZIERES, NAPAC**
- [E06](#) Les expériences de gestion d'un fournisseur de services pour le contrôle à distance de la protection cathodique – *Management experiences of a service provider for remote control of CP* –  
**G. PETTIROSSI, C. CALVI, Tecnosystem Group Srl**

- [E07](#) Effet de la densité de courant anodique et de la composition chimique sur les propriétés électrochimiques des anodes de magnésium de fort potentiel - *Effect of anode current density and chemical composition on electrochemical properties of high-potential magnesium anodes* –  
**J. GENESCA**, *Universidad Nacional Autónoma México*, F. GUADARRAMA, J. MENDOZA, R. DURAN, *Instituto Mexicano del Petróleo*
- [E08](#) Effet du courant alternatif sur la corrosion des conduites enterrées sous protection cathodique – *Effect of a.c. on corrosion of buried pipelines under CP* –  
**IBRAHIM**, *Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques CNRS*,  
 X. CAMPAIGNOLLE, *Gaz de France*, C. DREVET, *GRT Gaz*, H. TAKENOUTI,  
 B. TRIBOLLET, *Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques CNRS*
- [E09](#) Problème d'interférence en protection cathodique – *Problem with interference in CP* –  
**K. NIBOUCHA**, H. HOUALI, *Centre de Recherche en Soudage et Contrôle*
- [E10](#) Formation et évolution des produits de corrosion sur une canalisation revêtue, enterrée et protégée cathodiquement – *Formation and evolution of corrosion products on a cathodically protected buried coated pipeline* -  
**L. LANARDE**, X. CAMPAIGNOLLE, M. MEYER, *Gaz de France*,  
 S. JOIRET, *LISE CNRS*

**Jeudi 22 juin 2006 – Thursday June 22<sup>nd</sup>**

**Techniques de mesure sur ouvrages enterrés, *Measurement techniques for buried structures (T)***

- [T01](#) Recommandations pour l'évaluation, par mesures électriques de surface, de la protection externe des canalisations enterrées – *Recommendations for evaluation of external protection of buried pipelines using surface electrical methods* –  
**D. LE FRIANT**, *SPMR*, Animateur du Groupe CEFACOR « Mesures Electriques Canalisations »
- [E11](#) Contrôle non destructif et caractérisation de la corrosion : Inspection des canalisations enterrées – *Non destructive testing and characterisation of corrosion : Inspection of buried pipelines* -  
**K. NIBOUCHA**, H. HOUALI, R. HALIMI, *Centre de Recherche Scientifique et Technique en Soudage et Contrôle*
- [T03](#) Amélioration des techniques de mesure en protection cathodique – *Improving measurement techniques in CP* –  
**F. TRAN**, F. CASTILLON, *TIGF*
- [T04](#) Techniques combinées d'évaluation du revêtement externe et de la protection cathodique : Cas d'un pipeline en Afrique de l'Ouest - *Combined External Coating and Cathodic Protection Assessment Techniques: A Case Study for a Pipeline in West Africa* –  
**B. WYATT**, J. THIRKETTLE, N. WEBB, *Corrosion Control Associates Ltd*,  
 M. ROCHE, *Total*

**Ouvrages maritimes – *Marine structures (S)***

- [S01](#) Mesures *in situ* des critères de protection cathodique en milieu marin  
*In situ measurements of CP criteria in marine environment* –  
**D. FESTY**, *Institut de la Corrosion*, D. LE FLOUR, *IFREMER*

- [S02](#) Caractérisation des dépôts calcomagnésiens formés sous protection cathodique : Influence de la composition du milieu naturel – *Characterisation of calcareous deposits due to CP : Influence of composition of natural environment* –  
**O. GIL**, C. BARCHICHE, Ph. REFAIT, *LEMMA Université de la Rochelle*,  
F. BARRAUD, L. LELEYTER, C. ROUSSEAU, *ERPCB Université de Caen Basse Normandie*
- [S03](#) Protection cathodique des structures offshore matures, *CP of mature offshore structures*  
**A.TANG**, *Total Gabon*, G.PAUGAM, *Total*
- [S04](#) Protection des pieux du port de Brest : retour d'expérience – *Protection of piles in Brest harbour : Experience feedback* –  
**B. BENAÏSSA**, *CETMEF*
- [S05](#) Exigences de qualité des anodes sacrificielles en alliage d'aluminium activé à l'indium, alliage de zinc – *Quality requirements for indium activated aluminium alloy sacrificial anodes or zinc alloy* –  
**J. CROUZILLAC**, *BAC Corrosion Control*
- [S06](#) Comportement en fatigue d'aciers, à haute limite d'élasticité, pour application offshore, placés sous protection cathodique – *Fatigue behaviour of high strength steels for offshore applications under CP* –  
**D. CHOQUEUSE**, N. LACOTTE, *IFREMER*, B. HUNEAU, *ECN*,  
J. MENDEZ, *LMPM/ENSMA*
- [S07](#) Contribution à l'élaboration d'une méthode d'évaluation de l'efficacité anticorrosive de revêtements époxy applicables en immersion – *Contribution for elaborating a method for assessing anticorrosive effectiveness of epoxy coatings applicable underwater* –  
**H. BARREDA**, L. PELLON, N. VERRIER, *CETMEF*, E. ARAGON, *ISITV*,  
M. EYRAUD, F. VACANDIO, *Université de Provence*
- [S08](#) Évaluation de la compatibilité peinture – protection cathodique en eau de mer par spectroscopie d'impédance électrochimique – *Evaluation of compatibility paint - CP in seawater using electrochemical impedance spectroscopy* –  
**S. TOUZAIN**, Q. LE THU, *Université de la Rochelle*

-----