

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 2 novembre 1983.

③0 Priorité US, 1^{er} novembre 1982, n° 438,106.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 18 du 4 mai 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : THE KENDALL COM-
PANY. — US.

⑦2 Inventeur(s) : Jordan D. Kellner.

⑦3 Titulaire(s) :

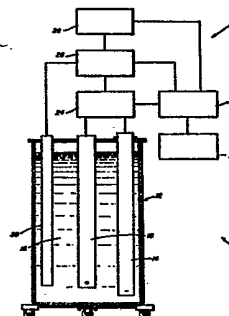
⑦4 Mandataire(s) : Lavoix.

⑤4 Procédé et appareil de contrôle non destructif de décollement cathodique de revêtements de pipe-lines.

⑤7 L'invention concerne un procédé et un appareil de
contrôle non destructif de décollement cathodique du revête-
ment d'un pipe-line.

Un échantillon de conduite 14 est plongé dans un électro-
lyte 16 dans lequel se trouvent également une contre-électrode
18 et une électrode de référence 20. Après une interruption de
la circulation du courant dans le circuit, un gradin de tension
est appliqué et le courant qui circule est mesuré et enregistré
continuellement. Un calculateur 22 détermine à partir de ces
données la capacité de double couche à partir de laquelle la
surface de décollement cathodique peut être déterminée.

L'invention s'applique notamment au contrôle du revêtement
anti-corrosion des pipe-lines.



La présente invention concerne un procédé et un appareil d'évaluation de la protection anti-corrosion assurée à une surface métallique par un revêtement superficiel de protection.

5 Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé et un appareil pour la mesure de l'étendue d'un décollement cathodique d'une couche superficielle de protection contre la corrosion recouvrant une surface métallique, comme celle d'un pipe-line en métal ou autre.

10 Le besoin existe actuellement d'un procédé et d'un appareil pour la mesure non destructive de l'étendue d'un décollement cathodique d'un revêtement adhérent de protection contre la corrosion de la surface extérieure du pipe-line associé.

15 Les surfaces métalliques subissent des dommages par de nombreux fluides électrolytiques corrosifs en contact avec elles. Dans les industries du gaz naturel et du pétrole par exemple, une corrosion se produit dans une large mesure sur la surface extérieure des pipe-lines, installées à la fois au-dessus et au-dessous du sol.

20 Dans le but de réduire ou d'éliminer complètement cette corrosion indésirable des surfaces métalliques, des revêtements protecteurs anti-corrosion sont largement utilisés dans l'industrie des pipe-lines. Ces revêtements de protection anti-corrosion, présents partout, se présentent fréquemment sous la forme d'une bande de protection enroulée en hélice à l'extérieur du pipe-line. La bande de protection peut être appliquée directement sur une surface extérieure non préparée du pipe-line ou être formée sur une surface extérieure du pipe-line traitée préalablement, recouverte d'une couche d'apprêt.

25 Un paramètre important, mesurable directement, concernant les performances des revêtements de protection anti-corrosion des pipe-lines est celui du décollement cathodique. Cette propriété est définie comme l'étendue dans laquelle un revêtement de protection contre la corrosion recouvrant une surface métallique se décolle sous

l'effet d'une réaction cathodique, autour d'une ouverture ou d'une discontinuité produite accidentellement du revêtement protecteur, dans le cas où le pipe-line a été soumis à des potentiels de protection cathodique dans l'environnement du sol.

La protection cathodique, telle qu'elle est utilisée ici, concerne l'application d'un léger potentiel à un pipe-line métallique enterré dans le sol. Cette protection cathodique d'un pipe-line enterré tend à limiter ou à assurer une protection contre la corrosion qui attaque la surface du métal.

Les procédés antérieurs qui ont été appliqués jusqu'ici dans l'industrie pour mesurer cette propriété de décollement cathodique comprennent aux Etats-Unis d'Amérique le procédé QSTM/G-8 ("Cathodic Disbonding of Pipeline Coatings") et un procédé similaire DIN 30-70 utilisé dans toute l'Europe.

Les procédés antérieurs consistent en des procédures accélérées pour la détermination de surface de décollement cathodique en exposant un tronçon de tube d'essai sur lequel adhère un revêtement de protection contre la corrosion à une solution d'électrolyte salin pendant une période de 30 à 90 jours, suivie par la coupe du revêtement de protection sous la forme d'une ouverture formée intentionnellement, et avec un potentiel appliqué à l'ensemble.

Après la période d'essai, le revêtement de protection anti-corrosion est coupé à l'endroit de l'ouverture produite volontairement, détaché soigneusement à partir de l'ouverture intentionnelle jusqu'à ce qu'une résistance soit ressentie, et l'étendue de la région décollée est mesurée physiquement.

Certains des inconvénients majeurs de ces procédés antérieurs de mesure de décollement cathodique sont les suivants :

- Les procédés sont physiquement destructifs.
- Ils sont sujets à une interprétation des résultats, en raison de la détermination subjective du point où une résistance est ressentie.

5 - Ils sont lents, nécessitant de longues périodes pour effectuer chaque essai.

L'invention pallie les inconvénients précités des procédés antérieurs et certaines de ses caractéristiques importantes sont les suivantes :

10 - Le présent procédé n'est pas destructif, les mesures électriques étant effectuées sur place.

 - Le présent procédé utilise des mesures électriques pouvant être enregistrées et par conséquent, il n'est pas soumis à des interprétations subjectives de la
15 part de l'opérateur qui étaient nécessaires dans les procédés antérieurs.

 - Les informations concernant l'étendue de la région de décollement cathodique peuvent être obtenues sur une base journalière, plutôt qu'à la fin d'une période
20 d'essai de 30 à 90 jours comme dans la technique antérieure.

 - Les mesures électriques selon l'invention sont facilement converties en des données d'essai mémorisées, manipulées et extraites par un ordinateur.

25 - Enfin, le procédé selon l'invention permet de n'utiliser que des quantités considérablement plus réduites de matière de conduite que dans la technique antérieure.

 Un objet de l'invention est donc de proposer un
30 procédé et un appareil pour l'évaluation de la protection contre la corrosion assurée à une surface métallique par un revêtement protecteur anti-corrosion.

 Un autre objet de l'invention est de proposer un procédé et un appareil pour la mesure de l'étendue
35 d'un décollement cathodique d'une couche de protection contre la corrosion recouvrant une surface métallique,

comme sur un pipe-line ou similaire.

Selon l'invention, ce résultat ainsi que d'autres sont obtenus dans un exemple de réalisation par un procédé et un appareil de contrôle non destructif de
5 décolllement cathodique de revêtement de pipe-line.

Le procédé consiste à établir et à équilibrer un circuit passant par une électrode de conduite d'essai et une contre-électrode dans un fluide électrolytique dans lequel l'électrode de conduite d'essai se trouve
10 dans un état de protection cathodique. Ensuite, l'électrode de conduite d'essai protégée cathodiquement est déconnectée de la contre-électrode. Un circuit est ensuite rétabli passant par l'électrode de conduite d'essai, la contre-électrode et une électrode de réf-
15 rence dans le fluide électrolytique, avec un dispositif de commande électronique et de mesure. Un gradin de tension connu et mesuré est ensuite appliqué à l'électrode de conduite d'essai. Le courant qui circule après l'application de ce gradin de tension est mesuré. Enfin, les
20 données de circulation de courant sont analysées pour déterminer la capacité de double couche à la surface de contact entre l'électrode de conduite d'essai et le fluide électrolytique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'in-
25 vention apparaîtront au cours de la description qui va suivre.

Aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemple nullement limitatif :

la Figure 1 est une coupe d'un mode de réalisation de l'invention comprenant également un schéma
30 simplifié du dispositif de commande électronique et de mesure associés,

la Figure 2 est une vue en perspective partielle d'un spécimen de conduite d'essai, montrant une disconti-
35 nuité ou une ouverture dans le revêtement protecteur, et une région associée de décolllement cathodique,

la Figure 3 est une coupe à grande échelle du spécimen de conduite d'essai de la Figure 2 montrant une

ouverture et la région associée de décollement cathodique dans le revêtement protecteur, suivant la ligne A-A de la Figure 2,

la Figure 3a est un schéma équivalent illustrant le comportement électrique transitoire de l'électrode en contact avec l'électrolyte,

la Figure 4 est un organigramme de calculateur décrivant les phases d'un programme mémorisé dans le calculateur, dans un exemple de réalisation de l'invention,

la Figure 5 est une courbe montrant la capacité spécifique en fonction de diverses valeurs de potentiel, et

la Figure 6 représente des courbes de capacité de double couche en fonction du temps.

La Figure 1 est donc une coupe d'un exemple de réalisation de l'invention, montrant également un schéma simplifié des dispositifs de commande électronique et de mesure associés.

L'appareil destiné à effectuer la mesure de l'étendue d'un décollement cathodique est désigné ici par la référence 10. Le boîtier 12 de l'appareil est représenté essentiellement sous la forme d'un récipient.

Une électrode 14 constituée par un tronçon de conduite d'essai est orientée verticalement et suspendue dans le boîtier 12.

Le boîtier 12 est rempli avec une solution d'électrolyte 16 qui entoure l'électrode d'essai 14 suspendue, ainsi qu'une contre-électrode également suspendue verticalement, sous la forme d'une anode positive 18 en magnésium. Une contre-électrode d'une composition d'acier, en utilisant un redresseur, peut aussi être utilisée.

Une électrode de référence 20, consistant en une électrode standard de référence au calomel est également orientée de façon similaire et suspendue dans la solution d'électrolyte 16.

La Figure 2 est une vue en perspective partielle

d'un échantillon de conduite d'essai montrant une discontinuité ou une ouverture dans le revêtement protecteur et de décollement cathodique.

Un fragment de l'échantillon de conduite d'essai 14 est représenté en 32. Un revêtement anti-corrosion 36 recouvre la conduite tubulaire métallique 34.

Une discontinuité, ou ouverture produite intentionnellement dans ce cas pour des raisons d'essai, dans le revêtement protecteur 36 est représentée en 38.

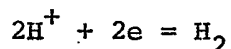
La région de décollement cathodique, c'est-à-dire la région de séparation ou de décollement du revêtement protecteur 36 de la surface extérieure voisine 42 de la conduite est représentée en 40.

La surface intérieure de la conduite est désignée par 44.

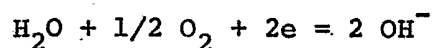
La Figure 3 est une coupe partielle à plus grande échelle de l'échantillon de conduite de la Figure 2 montrant l'ouverture et la région associée de décollement cathodique dans le revêtement protecteur, suivant la ligne A-A de la Figure 2.

L'étendue de la région de décollement cathodique 40 apparaît plus clairement sur cette Figure. La solution d'électrolyte 16 dans le boîtier 12 de l'appareil s'infiltre par l'ouverture 38 et par une réaction avec l'adhésif 48, il se produit une séparation ou un décollement du revêtement protecteur 36 de la surface extérieure de la conduite, produisant la région discrète bien définie de décollement cathodique 40.

La réaction chimique cathodique se produisant à l'ouverture peut se caractériser par :



La réaction cathodique chimique de base se produisant dans la région du décollement cathodique 40 peut se caractériser par :



Ce qui va suivre maintenant est une discussion de la théorie électrique et de base, ainsi qu'une

discussion des principes électriques et des techniques utilisées selon l'invention.

Le condensateur formé lorsqu'une électrode métallique est plongée dans une solution d'électrolyte a été étudié depuis sa découverte par Helmholtz au cours du siècle dernier. L'électrode en contact avec l'électrolyte peut être représentée dans son comportement électrique transitoire par le circuit équivalent de la Figure 3a. Sur cette Figure, R_F représente la résistance de contact d'électrode-électrolyte, R_E la résistance de l'électrolyte et $C_{D.L.}$ est la capacité de la double couche. La résistance de l'électrolyte R_E qui comprend toutes les résistances entre l'électrode de référence 20 et l'échantillon d'électrode d'essai 14 doit être maintenue à une valeur minimale afin d'assurer une mesure de tension précise et pour éliminer un retard avant que le courant de charge devienne constant. La résistance de contact R_F doit être élevée car cela indique que le courant dû à cette résistance est faible. Une correction a été faite à ce courant comme cela sera expliqué par la suite.

La surface de l'électrode métallique 18 se comporte comme une armature d'un condensateur et l'électrolyte 16 se comporte comme l'autre armature. La valeur de la charge qui peut être emmagasinée par ce condensateur est proportionnelle à la surface totale de l'émetteur qui est mouillé par l'électrolyte. Ce principe a été appliqué pour déterminer les surfaces des électrodes poreuses.

La technique d'une impulsion rectangulaire unique, d'abord développée par Hackerman et ses collaborateurs a été utilisée selon l'invention.

La capacité de double couche $C_{D.L.}$ est déterminée par des mesures du courant de charge, c'est-à-dire que par définition la capacité est :

$$C_{D.L.} = i_C / dv/dt \text{ OR } D_{D.L.} = 1/\Delta v \int_0^t i_C dt \quad (1)$$

où t est le temps en secondes et v est le potentiel.

L'intégration de cette équation donne :

$$\ln i_C = \ln i_0 - i_0 t / \Delta V C_{D.L.} \quad (2)$$

où i_0 est le courant initial. La courbe du logarithme du courant en fonction du temps est une ligne droite. La
5 pente m de cette ligne est utilisée pour utiliser la capacité.

$$C_{D.L.} = -i_0 / \Delta V m \quad (3)$$

L'impulsion rectangulaire unique est appliquée à l'échantillon d'électrode de conduite d'essai 14 suffisamment longtemps pour assurer la réduction du courant de
10 charge jusqu'à zéro ou une certaine valeur fixe.

L'échantillon de conduite 14 est déconnecté momentanément de l'anode de magnésium 18 et la capacité de double couche $C_{D.L.}$ est ensuite mesurée par une technique de gradin de potentiel. L'échantillon d'électrode 14
15 est ensuite soumis à un gradin de tension (temps de montée 0,1 microsecondes) d'une valeur optimale de 100mV, après quoi la diminution du courant est contrôlée en fonction du temps. Il faut noter qu'un gradin de tension
20 dans la plage de 30 à 100 mV environ peut être appliqué à l'électrode d'essai. Si l'on conclut par une comparaison avec une courbe statistique que le courant mesuré est réellement le courant de charge du condensateur de double couche, la capacité de double couche $C_{D.L.}$ est calculée à
25 partir de la courbe de décroissance.

Comme indiqué précédemment, une courbe d'étalonnage est alors utilisée pour déterminer la surface totale de l'électrode d'essai 14 qui est mouillée par l'électrolyte. Il s'est avéré que cette surface correspond étroitement à la région de décollement cathodique, par une autre
30 comparaison avec la surface de décollement cathodique mesurée en utilisant les techniques destructives antérieures telles que ASTM G-8.

Tous les détails de ASTM G-8 ont été respectés
35 pour l'établissement du spécimen de conduite d'essai 14.

Mais en outre, chaque spécimen de conduite d'essai 14 a été connecté électriquement à un dispositif 21 de commande électronique et de mesure selon le schéma simplifié de la Figure 1.

5. Le dispositif 21 de commande électronique de mesure selon l'invention consiste en un dispositif de commande 22 à micro-calculateur, un explorateur 24, un circuit potentiomètre 26, un voltmètre 28 et un traceur de courbe 30. L'explorateur 24 est utilisé pour permettre
10 que tous les échantillons 14 d'électrode de conduite d'essai soient connectés au dispositif 21 de commande électronique et de mesure, successivement et automatiquement sur une base journalière. Le dispositif de commande 22 à microcalculateur peut aussi être programmé
15 pour connecter un échantillon particulier 14 d'électrode de conduite d'essai au dispositif 21 de commande électronique de commande et de mesure. Le circuit potentiométrique 26 fixe la tension entre l'électrode 14 et une électrode de référence 20 (électrode de référence standard
20 au calomel), permettant qu'un courant suffisant circule entre l'électrode 14 de conduite d'essai et la contre-électrode 18. (anode au magnésium).

- La tension appliquée par le circuit potentiométrique 26 est commandée par le logiciel du calculateur. car ce circuit potentiométrique 26 porte un convertisseur
25 analogique-numérique et un circuit d'interface compatible.

- Le traceur de courbe 30 peut être utilisé pour obtenir des enregistrements sur papier de la sortie en courant et en tension des échantillons 14 d'électrodes de
30 conduited'essai. Le voltmètre 28 échantillonne le convertisseur de courant en tension du circuit potentiométrique 26 à une fréquence de 77 lectures par seconde et il transmet les données obtenues au circuit de commande 22 à calculateur. Le voltmètre 28, l'explorateur 24, le traceur
35 de courbe 30 et le dispositif de commande 22 sont tous connectés avec un circuit d'interface parallèle.

La Figure 4 est un organigramme d'un programme du calculateur montrant les phases du programme mémorisé

dans le dispositif de commande par ordinateur dans un exemple de réalisation de l'invention.

Dans cet exemple de réalisation de l'invention, un programme de ordinateur a été développé, utilisé
5 directement pour diriger le dispositif 21 de mesure électronique et de commande de la Figure 1. Ce programme permet à l'utilisateur d'introduire le numéro d'échantillon 14 d'électrode de conduite d'essai qu'il veut mesurer, avec les paramètres des gradins de potentiel. Le courant
10 de sortie de l'échantillon 14 est également émis vers le dispositif de commande à ordinateur 22 pour la manipulation et le contrôle statistique, et la comparaison de courbe. La Figure 4 est donc un organigramme qui montre les diverses phases du programme utilisé et qui est mémorisé.
15 dans le dispositif de commande par ordinateur 22. Sur cette Figure, la phase 50 est la phase de démarrage, la phase 51 est la phase d'introduction de numéro d'échantillon et des gradins de tension, la phase 52 est une phase de déclenchement de gradin de tension, la phase
20 53 est une phase de sortie du voltmètre pour des données de courant en fonction du temps, la phase 54 est une phase d'interrogation pour déterminer si les données sont une fonction exponentielle dans des limites, la phase 55 est une phase de calcul de capacité et de surface de décollement,
25 la phase 56 est une phase d'impression de numéro de spécimen, de capacité et de surface, la phase 57 est une phase d'interrogation pour déterminer s'il existe un autre spécimen à contrôler et la phase 58 est une phase de fin du programme.

30 Le dispositif de commande à ordinateur 22 sollicite de l'utilisateur des données d'entrée pour la tension initiale et la tension finale nécessaires pour le gradin de potentiel ainsi que le numéro de l'échantillon d'électrode 14 qui doit être connecté par l'explorateur
35 24. Les échantillons d'électrode 14 sont déconnectés de l'anode de magnésium 18 et laissés à s'équilibrer pendant au moins 15 minutes avant leur connexion au dispositif 21 de mesure électronique et de commande.

Selon le présent procédé, les mesures de courant sont émises vers le dispositif de commande 22 par le voltmètre 28 toutes les 14 millisecondes. Les valeurs de régression pour une correspondance exponentielle de ces points de donnée sont calculées par le dispositif de commande 22 à calculateur et l'équation fonctionnelle est produite. Le calcul comprend le coefficient de détermination R^2 qui indique la qualité de correspondance obtenue par la régression et le rapport F. Si le rapport F indique une relation exponentielle notable à un niveau de confiance de 95 %, les données indiquent l'absence d'effets de capacité distribuée et de courants faradiques notables. Dans ce cas, les données sont indiquées et le programme passe à la phase suivante.

La courbe de décroissance de courant produite par le calculateur est de la forme :

$$i_c = i_0 \text{EXP}(-mt)$$

où le coefficient m est la pente déjà mentionnée, i_c est le courant de charge en ampères, i_0 est le courant de crête à $t=0$ et t est le temps en secondes. La capacité en Farads est donnée par l'équation 3. La liste des capacités pour tous les échantillons d'essai est alors imprimée.

La technique de calcul de la surface de décollement cathodique est décrite ci-après. La capacité de double couche $C_{D.L.}$ par unité de surface de l'électrode d'essai 14 a été mesurée pour une conduite non revêtue en fonction du potentiel de la conduite avec l'électrode de référence standard au calomel.

La Figure 5 est une courbe de la capacité spécifique en fonction des différentes valeurs de potentiel.

Les données de la Figure 5 ont été utilisées pour préparer une courbe d'étalonnage afin de calculer la surface de décollement cathodique mouillée pour des échantillons d'essai sous différents potentiels. Une excursion

de 100 mV entre -0,8 volts et -0,7 volts a été adoptée pour le gradin de potentiel afin d'utiliser une partie de la courbe qui correspond à une capacité spécifique pratiquement constante.

- 5 Avec ces potentiels, les courants de Faraday sont environ 10 % du courant de charge pour de petites surfaces de décollement cathodique. Par conséquent, le courant circulant 0,3 secondes après l'impulsion de tension a été soustrait des valeurs de courant. Le
- 10 programme de calculateur de base utilisé dans ce procédé et décrit par la Figure 4 calcule une correspondance de courbe de régression et élimine toutes les données qui ne correspondent pas à une courbe exponentielle au niveau de confiance de 95 %. Ces précautions assurent
- 15 que seul le courant de charge pour la capacité de double couche est mesurée. La capacité spécifique utilisée pour les calculs de la surface de décollement cathodique était 200 microfarads/cm².

- 20 Le Tableau I ci-après concerne cinq échantillons de conduite d'essai, la surface de décollement cathodique étant déterminée par la capacité de double couche selon le présent procédé, ainsi que physiquement par l'essai ASTM G-8. Les surfaces de décollement cathodique données ci-après correspondent au total de trois
- 25 ouvertures intentionnelles par échantillon d'essai.

TABLEAU I

Données d'échantillon
de conduite d'essai

30	Numéro d'échantillon de conduite d'essai	Jours d' essai	Surface de décollement ASTM G-8 (cm ²)	Surface de décollement DLC ₂ (cm ²)	Capacité en Microfarads
	1	30	6,2	6,3	1260
	2	60	7,4	14,7	2934
	3	60	8,1	8,6	1765
	4	30	11,4	11,7	2329
35	5	30	16,2	16,2	3245

La Figure 6 montre des courbes de la capacité de double couche ($C_{D.L.}$) en fonction du temps.

La variation de la capacité de double couche dans les cinq échantillons de conduite d'essai mentionnés ci-dessus avec le temps est représentée graphiquement sur la Figure 6.

Il importe également de noter que ces données d'essai peuvent être utilisées pour déterminer le comportement à long terme d'un revêtement de protection contre la corrosion aux potentiels cathodiques. Par exemple, les courbes des échantillons 2 et 3 de la Figure 6 montrent une augmentation initiale de la capacité de double couche dans les 20 premiers jours, puis ensuite pratiquement aucune variation. Par contre, les courbes des échantillons 4 et 5 de la Figure 6 montrent une augmentation permanente de la capacité de double couche pendant au moins 30 jours.

Le Tableau I indique une très bonne corrélation entre une surface de décollement cathodique mesurée électroniquement et la surface de décollement déterminée par le procédé destructif antérieur. Dans l'échantillon numéro 2 du Tableau I, une plus grande surface de décollement est indiquée par le procédé électronique, ce qui tient probablement compte d'une ouverture non intentionnelle dans l'échantillon de conduite d'essai. Dans quelques autres exemples, une plus petite surface de décollement est indiquée par le procédé de capacité de double couche. Cette discordance est plus probablement due à l'impossibilité de distinguer, en utilisant le procédé destructif antérieur, entre une mauvaise adhérence à la surface de contact (qui peut ne pas permettre l'entrée de l'électrolyte) et un décollement cathodique.

La technique selon l'invention de mesure de capacité de double couche pour la détermination sur place de l'étendue de surfaces de décollement cathodique sur des échantillons de conduite enveloppée constitue un ..

procédé d'essai qui convient comme un essai non destructif, qui donne des informations précises sur la valeur de la surface de décollement cathodique en fonction du temps et qui donne des résultats moins subjectifs que le procédé
5 destructif actuellement utilisé.

Bien entendu, de nombreuses modifications peuvent être apportées au mode de réalisation décrit et illustré à titre d'exemple nullement limitatif sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'évaluation de la protection contre la corrosion assurée à une surface métallique par un revêtement superficiel, en mesurant l'étendue d'un décollement cathodique, dans lequel ladite surface métallique est en
5 contact avec un électrolyte fluide, procédé caractérisé en ce qu'il consiste essentiellement à établir et à équilibrer un circuit par une électrode (14) de conduite d'essai de fonctionnement et une contre-électrode (18) dans ledit électrolyte (16) dans lequel ladite électrode
10 de conduite d'essai se trouve dans un état de protection cathodique, à déconnecter ladite électrode de conduite d'essai de fonctionnement sous protection cathodique de ladite contre-électrode, à rétablir un circuit par ladite électrode de conduite d'essai de fonctionnement, ladite
15 contre-électrode et une électrode de référence (20) dans ledit électrolyte au moyen d'un dispositif (21) de commande et de mesure électronique, à appliquer un gradin de tension connu et mesuré à ladite électrode de conduite d'essai de fonctionnement, à mesurer le courant qui circule après
20 l'application dudit gradin de tension mesuré et à analyser (22) lesdites données de courant en circulation pour déterminer ainsi la capacité de double couche à la surface de contact entre ladite électrode de conduite d'essai de fonctionnement et ledit électrolyte.
- 25 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites données de circulation de courant sont contrôlées et enregistrées continuellement.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un programme prédéterminé mémorisé dans un dispositif de commande (22) à microcalculateur produit des
30 signaux de commande pour ledit dispositif de commande et de mesure électronique.
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit gradin de tension appliqué à ladite électrode de conduite d'essai se situe dans la plage d'environ
35 10 à 300 mV.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite contre-électrode (18) est en magnésium.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite électrode de référence (20) est une
5 électrode au calomel.

7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite capacité de double couche est mesurée pour ladite électrode de conduite d'essai en fonction du potentiel de la conduite par rapport à ladite électrode
10 de référence.

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit dispositif (21) de commande de mesure électronique comporte un dispositif de commande par microcalculateur (22), un explorateur (24), un circuit
15 potentiométrique (26), un voltmètre (28) et un traceur de courbe (30) reliés pour fonctionner ensemble.

9. Appareil d'évaluation de la protection contre la corrosion assurée à une surface métallique par un revêtement superficiel, en mesurant l'étendue d'un
20 décollement cathodique, dans lequel ladite surface métallique est en contact avec un électrolyte fluide, appareil caractérisé en ce qu'il comporte un boîtier d'appareil (12) pour une électrode d'essai, ledit électrolyte fluide (16) se trouvant dans ledit boîtier, une électrode (14)
25 de conduite d'essai de fonctionnement, une contre-électrode (18) et une électrode de référence (20) connectée dans un circuit dans ledit électrolyte, une source (26) d'impulsions de gradins de tension appliquées à ladite électrode de conduite d'essai de fonctionnement dans ledit circuit,
30 un dispositif (28) de mesure du courant qui circule après l'application desdits gradins de tension, un dispositif (22) pour analyser lesdites données de circulation de courant et pour déterminer la valeur d'une capacité de double couche à la surface de contact entre ladite élec-
35 trode de conduite d'essai de fonctionnement et ledit électrolyte.

10. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que lesdites données de circulation de courant sont contrôlées et enregistrées continuellement.

5 11. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'un programme prédéterminé mémorisé dans un dispositif de commande à microcalculateur (22) fournit les signaux voulus de commande audit dispositif (22) de commande et de mesure électronique.

10 12. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite contre-électrode (18) est en magnésium.

13. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite électrode de référence (20) est une électrode de référence standard au calomel.

15 14. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite capacité de double couche est déterminée pour ladite électrode de conduite d'essai en fonction du potentiel de la conduite par rapport à ladite électrode de référence.

20 15. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite source (26) d'impulsions de gradins de tension est un circuit potentiométrique.

16. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que ledit dispositif (28) de mesure de la circulation du courant est un voltmètre.

25 17. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que ledit dispositif (22) d'analyse desdites données de circulation de courant est un dispositif de commande à calculateur.

30 18. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que ledit dispositif (21) de commande de mesure électronique comporte un dispositif de commande à microcalculateur (22), un explorateur (24), un circuit potentiométrique (26), un voltmètre (28) et un traceur de courbe (30) interconnectés pour fonctionner ensemble.

2/5

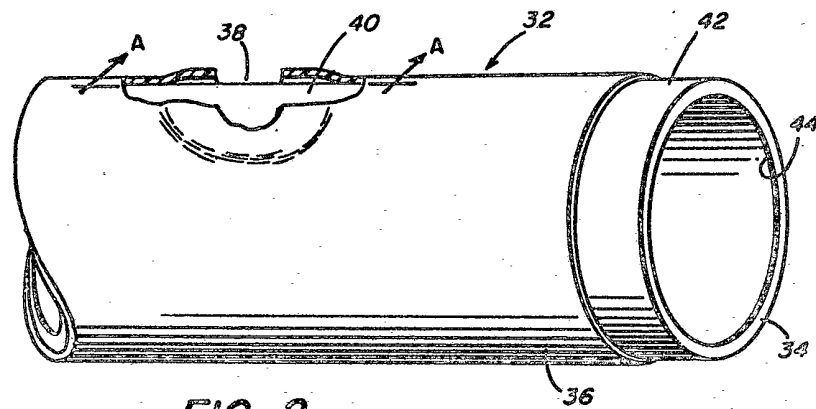


FIG. 2

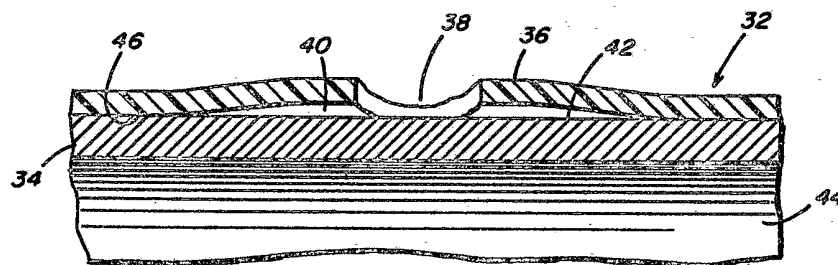


FIG. 3

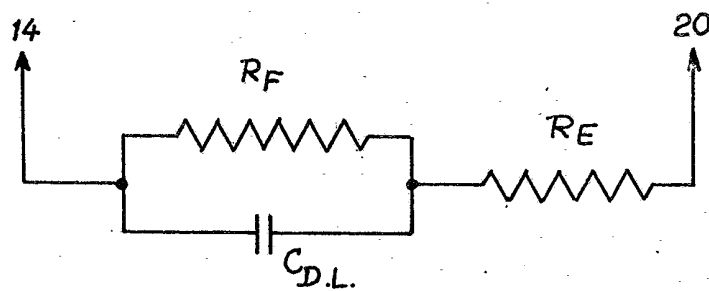


FIG. 3a

3/5

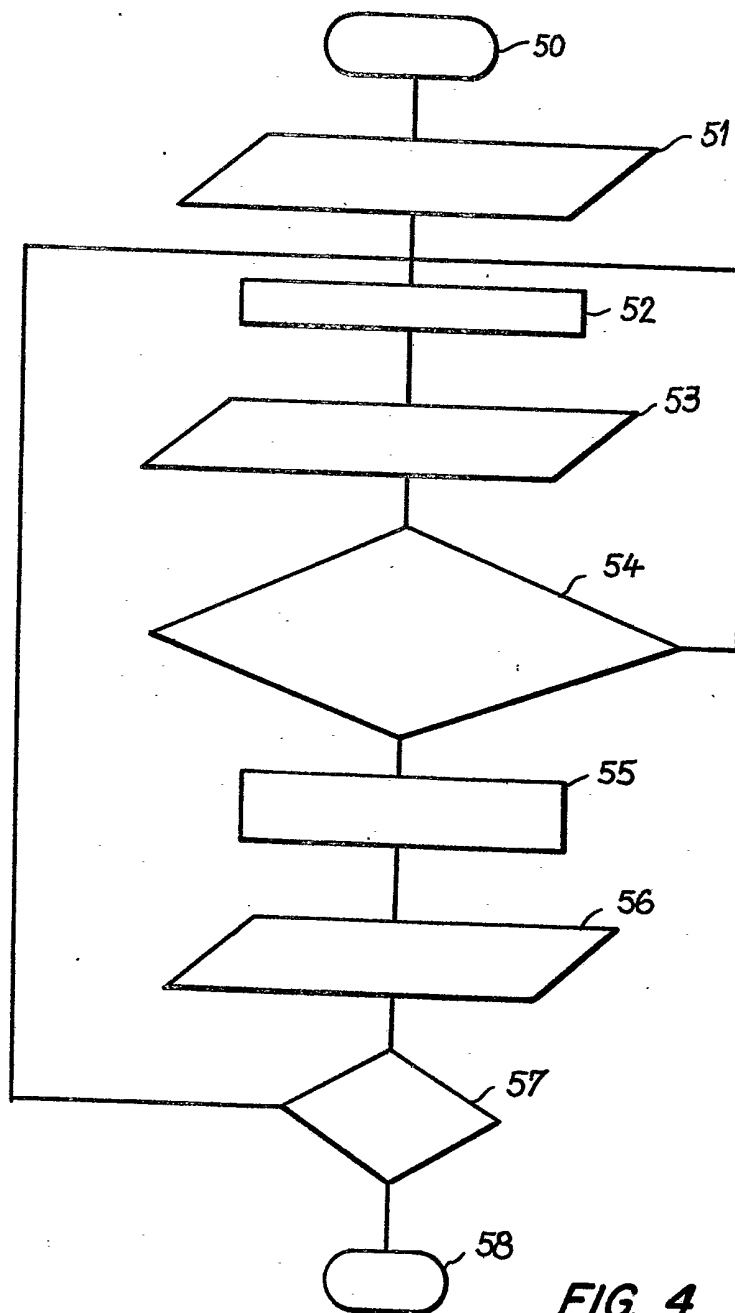


FIG. 4

4/5

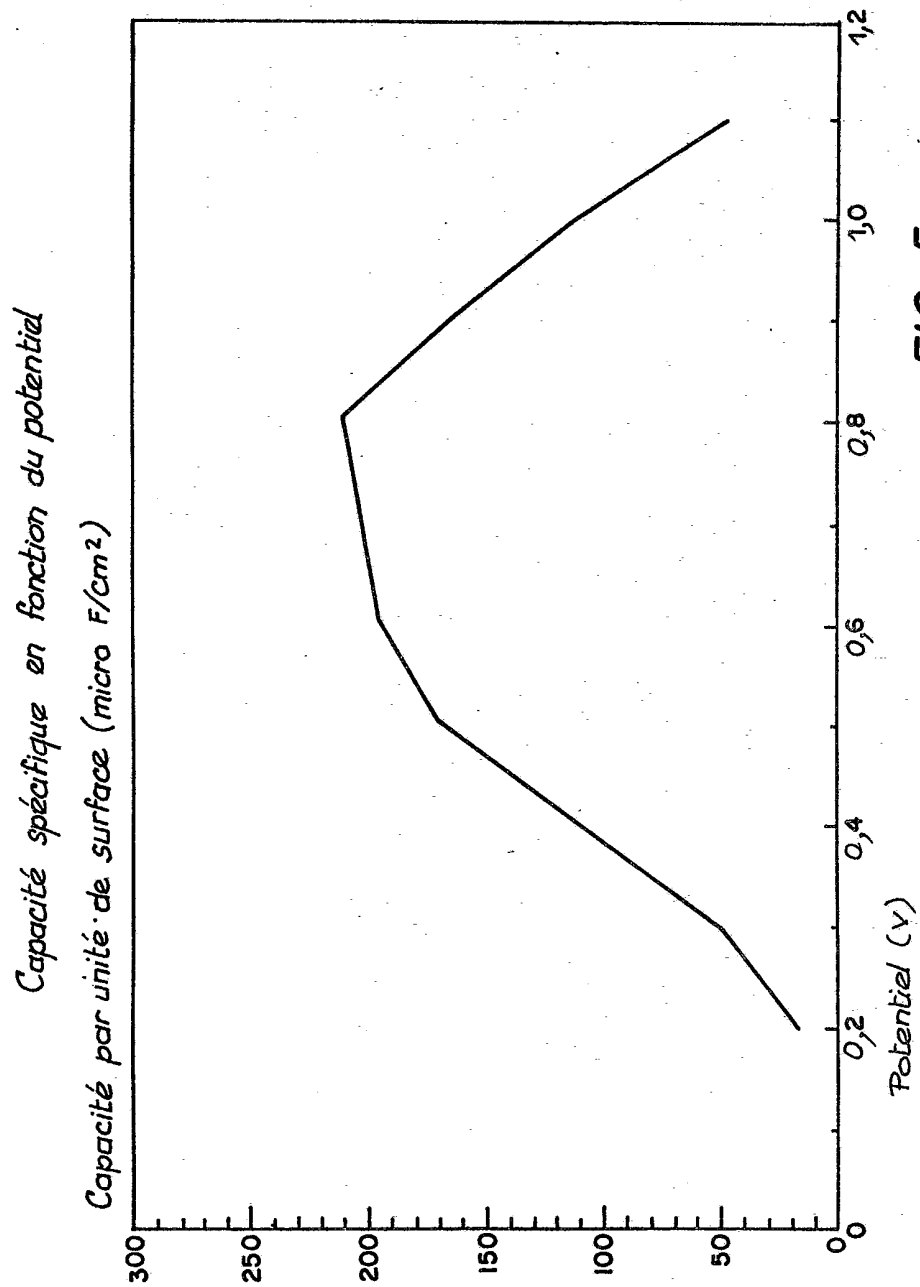


FIG. 5

5/5

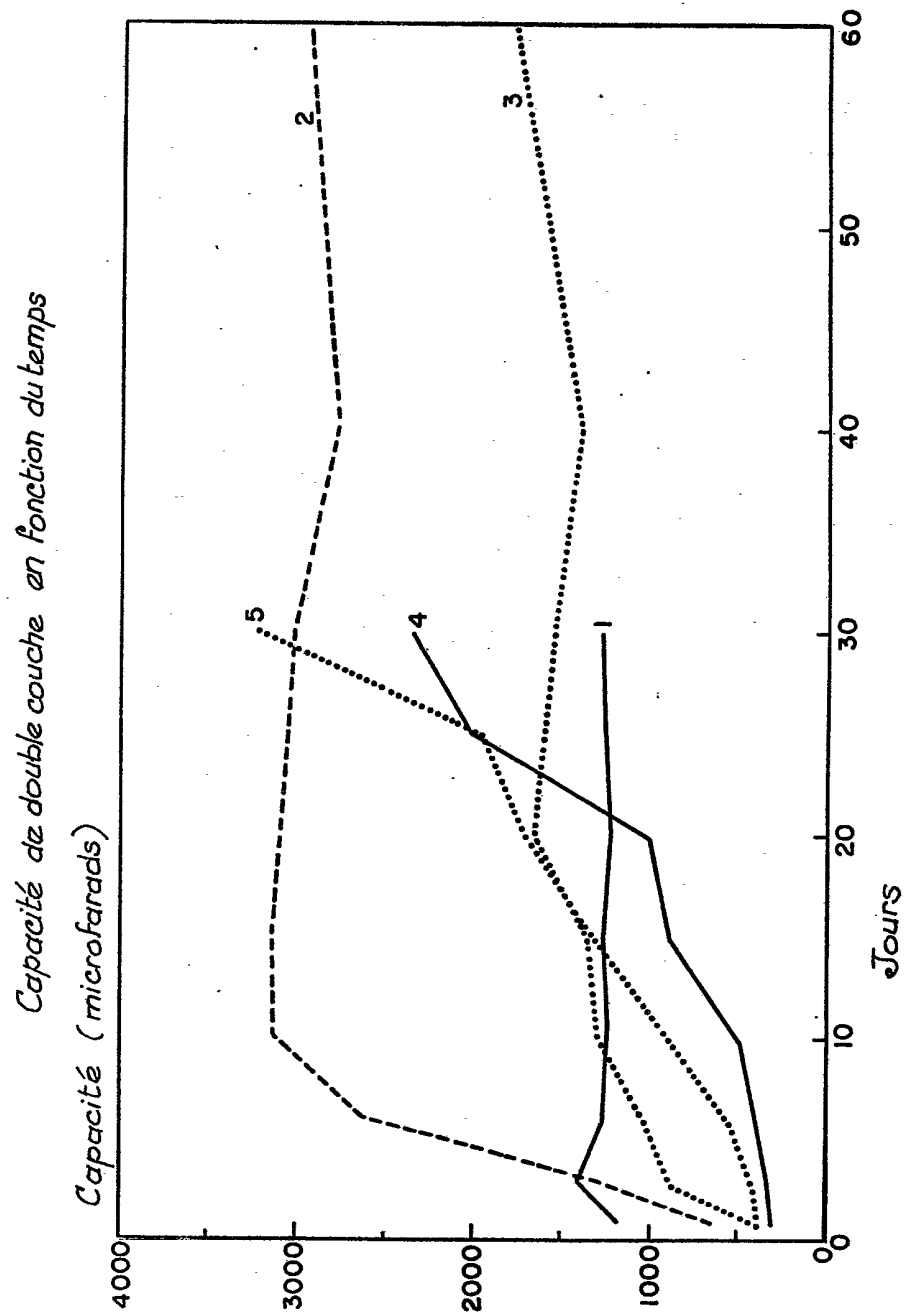


FIG. 6