

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 34716 B1** (51) Cl. internationale : **H05B 37/00**

(43) Date de publication :
03.12.2013

(21) N° Dépôt :
35969

(22) Date de Dépôt :
05.06.2013

(30) Données de Priorité :
16.11.2010 US 61/414,144 ; 22.09.2011 US 61/537,640

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/US2011/060690 15.11.2011

(71) Demandeur(s) :
**MATCO SERVICES INC, 4640 CAMPBELLS RUN ROAD PITTSBURGH,
PENNSYLVANIA 15205 (US)**

(72) Inventeur(s) :
ZAMANZADEH, Mehrooz ; RHODES, Geoffrey, O

(74) Mandataire :
SABA & CO

(54) Titre : **PROCEDE PERMETTANT DE PROTEGER DES POLES ELECTRIQUES ET LES ANCRAGES GALVANISES CONTRE LA CORROSION GALVANIQUE**

(57) Abrégé : La présente invention a trait à un procédé permettant de protéger une pluralité de pôles électriques métalliques et une mise à la terre en cuivre contre la corrosion galvanique dans les sols corrosifs, lequel procédé inclut les étapes consistant à interconnecter électriquement les pôles à une grille de mise à la terre et à fournir une anode de courant imposé pour la protection cathodique de la grille de mise à la terre.

ABRÉGÉ

5 La présente invention a trait à un procédé permettant de protéger une pluralité de pôles électriques métalliques et une mise à la terre en cuivre contre la corrosion galvanique dans les sols corrosifs, lequel procédé inclut les étapes consistant à interconnecter électriquement les pôles à une grille de mise à la terre et à fournir une anode de courant imposé pour la protection cathodique de la grille de mise à la terre.

(SEIZE PAGES)

MATCO SERVICES INC.
P. P. SABA & CO., Casablanca



**PROCÉDÉ PERMETTANT DE PROTÉGER LES PÔLES ÉLECTRIQUES
ET LES ANCRAGES GALVANISÉS CONTRE LA CORROSION GALVANIQUE**

DESCRIPTION5 **Contexte**

Cette demande revendique la priorité de la demande provisoire US S/N 61/414,144 déposée le 16 Novembre 2010 et de la demande provisoire US S/N 61/537,640 déposée le 22 Septembre, 2011

10 La présente invention concerne un procédé permettant de protéger des pôles électriques, des tours, une mise à la terre en cuivre, et des ancrages galvanisés contre la corrosion galvanique accélérée dans les sols corrosifs.

SOMMAIRE

15 La présente invention reconnaît que la grille de mise à la terre d'une sous-station électrique, ayant un potentiel de corrosion plus électropositif (-200 mV) que le potentiel de corrosion des pôles en acier galvanisés à proximité de la sous-station (-1,100 mV), crée une cellule de corrosion galvanique qui provoque une corrosion accélérée des pôles en acier galvanisés. Pour lutter contre cette situation, des anodes sont installées à proximité de la grille de mise à la terre, et un courant imposé est établi de manière à déplacer le potentiel effectif (le potentiel (OFF) de la grille de mise à la terre à environ -1050 mV. Avec l'application de ce courant à la grille de mise à la terre, les pôles métalliques ne «considèrent» plus la grille de mise à la terre comme une grande cathode électropositive, ce qui élimine la force motrice de la corrosion galvanique des pôles et protège ainsi les pôles contre la corrosion.

25 **Brève description des dessins**

La figure 1 est une vue latérale schématique, partiellement arrachée, d'une installation d'art antérieur existante de pôles de puissance (et tours) et d'une sous-station avec une grille de mise à la terre en cuivre;

30 La figure 2 est une vue latérale schématique, semblable à la figure 1, mais avec un système de protection cathodique à courant imposé appliqué conformément à la présente invention;

La figure 3 est une vue schématique en plan de l'installation de la figure 2,
et

La figure 4 est un graphique montrant des années de vie utile pour un pôle galvanisé comme une fonction du décalage de potentiel.

5 Description:

La figure 1 montre une sous-station électrique d'art antérieur 10, qui comprend une grande grille de mise à la terre en cuivre souterraine 12 sous la sous-station 10.

10 Dans une sous-station électrique typique de l'art antérieur, un fil de mise à la terre 16 s'étend à partir de la sous-station 10 au pôle électrique le plus proche 14 et d'un pôle électrique 14 au suivant, et chacun des pôles électriques 14 de la série est connecté électriquement à ce fil de mise à la terre 16 via un câble pigtail 18. (Il est à noter que les pôles électriques 14 dans le dessin peuvent représenter des pôles ou des tours électriques, et l'utilisation du mot «pôle» dans cette
15 description englobe aussi les tours.) Le fil de mise à la terre 16, qui peut aussi être un fil de retour neutre ou un fil de blindage nécessaire pour le circuit électrique ou la protection contre la foudre, est connecté électriquement à (qui est, il est en continuité électrique avec) la sous-station 10, qui, à son tour, est connectée électriquement à la grille de mise à la terre en cuivre 12 par l'intermédiaire des fils
20 de liaison 13. Chaque pôle de puissance 14 est également fermement planté dans le sol (sol 20).

La présente invention englobe le fait que cette arrangement provoque une cellule de corrosion galvanique qui accélère la corrosion des pôles et de toutes les ancrages métalliques reliés aux pôles, parce que les pôles 14, s'ils sont
25 galvanisés ou non, ils ont un potentiel de corrosion électropositif plus que la grille de mise à la terre en cuivre 12 de la sous-station 10. Le fil de mise à la terre 16 étendu des pôles 14 à la sous-station 10 et les fils de liaison étendus 13 de la sous-station 10 à la grille de mise à la terre 12 fournissent un passage électrique (continuité électrique) de chaque pôle 14 à la grille de mise à la terre en cuivre 12, et
30 le sol 20 lui-même fournit une voie d'ions de manière à compléter le circuit électrochimique. Les pôles de puissance 14 (et tout ancrage métallique connecté aux pôles 14) « considèrent » effectivement la grille de mise à la terre en cuivre 12 de la sous-station comme étant une cathode, ayant un potentiel plus électropositif que les pôles 14 (et les ancrages), et les pôles 14 (et ancrages) deviennent alors les
35 anodes de cette cellule de corrosion. Cela signifie que les pôles 14 (et les ancrages) perdent des électrons et se corrodent. Ainsi, la connexion des pôles 14 (et les ancrages) à la sous-station 10 et à sa grille de mise à la terre en cuivre 12 provoque la corrosion accélérée des pôles de puissance 14 (et les ancrages) à cause de l'action galvanique.

Le potentiel de corrosion de mise à la terre de la grille de mise à la terre en cuivre 12 est d'environ -200 millivolts (mV), tandis que le potentiel de corrosion de mise à la terre pour les pôles en acier galvanisés de zinc est de -700 à -1100 mV, en fonction de la couche intermétallique spécifique présente. Lorsque la grille de mise à la terre 12 et les pôles 14 sont électriquement communs par collage via les «Pigtails» 18, le fil 16, la sous-stations 10 et les fils de liaison 13, un potentiel en métaux mélangés d'environ -650 mV, calculé comme la moyenne arithmétique: $(-1,100 + (-200)) / 2 = -650$ mV, résulte sur l'ensemble de structures communes. Ce potentiel peut varier selon les caractéristiques de corrosion du sol. Cette grande différence dans les groupes possibles sur la cellule galvanique, entraîne une corrosion accélérée des pôles en acier galvanisés 14, avec le métal le plus électro-négatif (les pôles galvanisés 14 et les ancrages à potentiel de corrosion=-1,100 mV) se comportant comme l'anode et le métal le plus électro-positif (la grille de mise à la terre 12 à potentiel de corrosion=-200 mV potentiel de corrosion) se comportant comme la cathode.

Bien sûr, il s'agit d'une conséquence involontaire de mise à la terre des pôles 14 à travers la sous-station 10 à la grille de mise à la terre en cuivre 12 dans les sols corrosifs.

Les figures 2 et 3 représentent schématiquement la solution qui fait l'objet de cette invention. Dans la figure 3, les anodes à courant imposé 22 sont placés autour de la grille de mise à la terre 12 pour entourer la grille de mise à la terre 12. Dans ce mode de réalisation particulier, les anodes à courant imposé 22 sont placées aux côtés Nord, Sud, Est et Ouest de la grille de mise à la terre 12, approximativement au milieu de chaque côté de la grille 12, et à une distance d'une dizaine de mètres à l'extérieur de la grille. Dans ce mode de réalisation, quatre anodes placées dans les directions cardinales (N-S-W-O) autour de la grille de mise à la terre et à une distance de $L/3.5$ (L étant la longueur d'un côté donné de la grille) sont appropriées. Dans d'autres cas, il peut être souhaitable d'utiliser un plus grand nombre d'anodes pour réduire au minimum la distance entre les anodes de la grille ou en raison de la sortie courant calculée de l'anode/des anodes individuelle(s). Sinon, les anodes linéaires continues peuvent parfois être souhaitabl, ils peuvent être labourées à côté de la grille de mise à la terre. Il n'y a aucune raison, en théorie, pour laquelle les anodes ne peuvent pas être placées à l'intérieur de la grille de mise à la terre, sauf en pratique, si la sous-station se trouve là, cela requiert la perturbation des actifs existants pour installer ou réparer. Les anodes à courant imposé peuvent être faites de n'importe quel matériau approprié. Les matériaux couramment utilisés pour les anodes à courant imposé comprennent des fils d'oxydes métalliques, de graphite ou de silicium de la fonte. De nombreux types sont commercialement disponibles.

Ces anodes 22 sont connectées électriquement les unes aux autres par l'intermédiaire d'un fil électrique 24 qui, à son tour, est relié électriquement par

l'intermédiaire d'un fil électrique 28 à la borne positive (+) d'une source d'alimentation à courant continu (CC) 26 qui est dans ce cas un redresseur de protection cathodique 26. Un autre fil électrique 30 relie la borne négative (-) de la source d'alimentation à courant continu 26 à la grille de mise à la terre 12.

5 Grâce à cette disposition, un courant est appliqué à la grille de mise à la terre 12 par le redresseur 26 pour abaisser le potentiel électrochimique de la grille 12. Dans ce cas, un courant imposé, résultant en un potentiel polarisé libre avec IR d'environ -850 à -1050 mV potentiel « OFF » est appliqué, comme mesuré
10 sur la grille de mise à la terre 12. Ce potentiel «OFF» se rapproche, mais il est un peu moins négatif que le potentiel de corrosion des pôles en acier galvanisés 14. (Si un potentiel était appliqué, et c'était plus négatif que le potentiel -1100 mV des pôles 14, il pourrait provoquer un changement de pH du sol, ce qui pourrait provoquer une corrosion accélérée de la couche galvanisée sur les pôles 14.) Ce courant imposé permet de réduire efficacement le potentiel de la grille 12 comme
15 "considéré" par les pôles galvanisés 14 près du potentiel de corrosion des pôles 14. Cela signifie qu'il n'y a plus une force d'une cellule de corrosion galvanique entre les pôles 14 et la grille de mise à la terre 12, de sorte que la grille de mise à la terre 12 ne provoque plus la corrosion accélérée des pôles 14.

20 Le potentiel «OFF» est mesuré par rapport à une cellule de référence sulfate de cuivre/ cuivre. La mesure «OFF» est capturée lorsque le courant de protection cathodique (courant CP) est interrompu, et la chute de tension RI dans le sol disparaît pour faire apparaître un plateau de potentiel de protection cathodique (qui dure jusqu'à une demi-seconde) qui indique approximativement la polarisation entre la structure et le sol. Dans ce cas, la structure est la grille de mise à la terre
25 12.

Pour atteindre le niveau souhaité du courant imposé sur la grille de mise à la terre 12, le redresseur 26 est stimulé, et les sorties de tension et d'ampérage sont réglées jusqu'à la grille de mise à la terre 12 lit «OFF» comme la lecture souhaitée. Le potentiel «OFF» est le même que celui d'un potentiel sans RI (où $V = RI$ signifie
30 pour tension = Courant (I) X Résistance (R)), et la partie RI est la contribution potentielle qui peut être mesurée par le courant de protection cathodique circulant entre la cellule de référence (placée au-dessus du sol) et la structure.

35 Il convient de noter que cette disposition prévoit également la protection de la grille de mise à la terre en cuivre 12, qui est sensible à accélérer la corrosion dans les sols corrosifs à cause de la cellule galvanique qui a été créé avec les pôles 14.

Bien qu'il puisse y avoir des variations dans le protocole visant à établir le degré de protection de la grille de mise à la terre 12 et les pôles 14 désiré, un protocole typique est décrit ci-dessous:

1 - Identifier les sous-stations contiguës à être testées et modifiées (ce sont toutes les sous-stations 10 entre des ensembles de pôles 14 à être protégées, dans lesquelles les pôles 14 sont en continuité électrique avec les sous-stations 10).

5 2 - Mesurer la résistivité du sol autour de chaque sous-station 10 et utiliser cette information pour déterminer les lieux d'anodes et les exigences de redresseur de tension pour cette sous-station 10. Avantageusement, placer les anodes 22 autour de chaque grille 12 et dans une basse résistivité du sol pour la tension requise du redresseur 26.

10 3 - Mesurer le potentiel de corrosion de la grille de mise à la terre 12 à chaque sous-station 10.

4 - Mesurer le potentiel de corrosion de certains pôles galvanisés 14 sélectionnés entre les sous-stations 10. La sélection peut être une distribution aléatoire des pôles 14, ou tous les pôles 14 peuvent être mesurés, si désiré.

15 5 - Établir le courant à être utilisé au redresseur 26 pour chaque sous-station 10.

20 Comme une première itération, ce courant peut être calculé comme 4 mA par pieds mètre carré de surface d'un fil de cuivre nu dans la grille de mise à la terre 12 de la sous-station correspondante 10. Appliquer le système de protection cathodique de courant imposé respectif au niveau de chaque sous-station respective 10, reliant la borne positive de chaque redresseur respectif 26 aux anodes respectives 22 et la borne négative de la grille de mise à la terre 12 à cette sous-station 10, à chaque sous-station respective 10 il y a une mise en place comme c'est indiqué dans la Figure 3.

25 6 - Prendre une série de lectures à une pluralité de différents points autour de la grille de mise à la terre. Les lectures comprennent le potentiel de corrosion, le potentiel "ON" et le potentiel «OFF».

7 - Calculer une polarisation pour chaque point, dans laquelle:

Polarisation (P) = Potentiel «OFF» - Potentiel de corrosion

30 8 - Calculer une polarisation moyenne (PM), dans laquelle:

Polarisation Moyenne (PM) = Moyenne du potentiel de corrosion - Moyenne du potentiel "OFF"

9 - La figure de Polarisation moyenne susmentionnée est la polarisation atteinte lorsque le premier courant d'itération (voir le point 4 ci-dessus) est appliqué au redresseur 26.

5 10 - La polarisation désirée de la grille de mise à la terre¹² à la sous-station 10 doit être -1050 mV pour les pôles ayant un potentiel de corrosion -1100 mV, alors maintenant, le changement souhaité dans la polarisation pour réaliser cette polarisation désirée est calculée.

Le changement souhaité de la grille = La polarisation souhaitée de la grille - la polarisation de corrosion moyenne de la grille

10 11 - A l'aide d'un simple ratio, le courant nécessaire pour obtenir le changement désiré est calculé, dans lequel:

Polarisation Moyenne/courant actuel dans une première itération = Changement voulu en polarisation / X

15 Où X = le courant nécessaire pour atteindre le changement souhaité dans la polarisation.

Exemple:

20 Dans un test préliminaire, le courant initial utilisé au redresseur à la sous-station A était de 10,8 ampères. Le potentiel de corrosion moyen a été mesuré (moyenne du potentiel de corrosion observé dans une pluralité de points autour de la grille 12 de la sous-station A) tel que 542 mV et la moyenne du potentiel «OFF» a été mesuré (moyenne des potentiels de la réduction instantanée observée) de 729 mV.

La polarisation moyenne (PM) a ensuite été calculé:

25 **PM = Moyenne du potentiel "OFF" - Moyenne du Potentiel de Corrosion**
PM = 729-542 = 187 mV

Le changement souhaité est alors calculé:

30 **Le changement souhaité = La polarisation souhaitée - Moyenne de la polarisation de Corrosion**
Le changement souhaité = 1050 mV - 542 mV = 508 mV

Enfin, en utilisant le rapport:

PM/ Courant actuel= changement désiré / courant nécessaire
187 mV / 1.8

Un courant = 508 mV / courant nécessaire

5 La résolution de cette équation donne 4,89 ampères comme le courant nécessaire pour utiliser dans le redresseur 26 pour la sous-station A, donc un courant de 5 ampères est utilisé comme courant imposé à cette sous-station particulière A.

12 – Régler la sortie du redresseur 26 pour atteindre -1300 mV CSE (électrode de référence cuivre-sulfate) sur la grille de mise à la terre 12 (objectif pour le potentiel « OFF » est de -850 à -1050 mV).

10 13 - Mesurer les potentiels de la protection cathodique "on" et "OFF" sur les pôles sélectionnés pour confirmer qu'un changement suffisant dans le potentiel a été atteint. De préférence, ces mesures sont prises au moins 24 heures après que les grilles de mise à la terre 12 sont électrifées avec leurs redresseurs 26.

15 14 - Envisager de compléter la protection cathodique aux pôles individuels 14 présentant un potentiel moins de -800 mV par l'installation d'une protection cathodique supplémentaire localisée (comme les anodes magnésium sacrificielles, localement au niveau des pôles individuels 14). Il est prévu que presque une protection 100% contre la corrosion est obtenue pour les pôles 14 près des sous-stations 10. Toutefois, les pôles 14 situés loin des sous-stations 10 peuvent avoir un
20 changement limité dans le potentiel (de 30 à 60 mV) et donc une protection partielle est obtenue. Même avec un faible changement dans le potentiel des pôles loin des sous-stations, cela peut se traduire par une addition dans la vie de ces pôles galvanisés.

25 La figure 4 est un graphique montrant les années de vie utile pour un pôle galvanisé ou structure à partir de 8 ans avec un zéro changement de potentiel. On peut comprendre qu'un changement dans le potentiel d'environ -60 mV résulte dans une vie utile de 80 ans, une augmentation d'un ordre de grandeur dans la durée de vie utile du pôle.

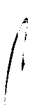
30 15 - Les transmetteurs sans fil peuvent être installés pour surveiller les données à partir des électrodes de référence mesurant le potentiel électrique aux pôles 14 sélectionnés de manière à détecter les irrégularités qui peuvent signaler un changement dans les conditions environnementales ou physiques qui entourent le pôle 14, ce qui peut avoir un impact sur son niveau de protection cathodique.

35 Les potentiels électrochimiques sont une indication de l'activité de corrosion et de ce fait, les données peuvent être utilisées pour surveiller l'activité de la corrosion des pôles 14, l'efficacité de la protection cathodique, le niveau de la protection,

les variations de la corrosivité du sol qui entoure les pôles 14 et les irrégularités dans la ligne de blindage 16.

5 Le graphique ci-dessus (voir figure 4), couplé à la surveillance sans fil de potentiels électrochimiques aux pôles sélectionnés (ou à tous les pôles) 14, peut être utilisé pour estimer la durée de vie utile restante des pôles 14.

Il sera évident pour l'homme de l'art que des modifications peuvent être apportées au mode de réalisation décrit ci-dessus sans sortir du cadre de la présente invention telle que revendiquée.



Revendications:

1. Un procédé de protection d'une pluralité de pôles électriques situés à proximité d'une sous-station électrique, comprenant les étapes suivantes:

5 Fournir une grille de mise à la terre au-dessous de la sous-station, ladite grille de mise à la terre étant en contact avec le sol;

Mettre la sous-station électriquement à la terre à la grille de mise à la terre;

Mettre une pluralité de pôles électriques électriquement à la terre à un fil de de mise à la terre commun, et mettre ce fil à la terre commun à ladite grille de mise à la terre;

10 Fournir au moins une anode à courant imposé à proximité de ladite grille de mise à la terre;

Fournir une source d'alimentation en courant continu ayant une borne positive et une borne négative;

15 Connecter électriquement la borne négative de la source d'alimentation en courant continu à la grille de mise à la terre et connecter électriquement la borne positive de la source d'alimentation en courant continu à ladite au moins une anode à courant imposé, et

20 Utiliser la source d'alimentation en courant continu pour appliquer un courant continu qui permet de réduire le potentiel électrique effectif de la grille de mise à la terre.

2. Un procédé de protection d'une pluralité de pôles électriques selon la revendication 1, comprenant en outre les étapes suivantes:

Entourer la grille de mise à la terre avec des anodes à courant imposé, et

25 Connecter électriquement les anodes, les unes aux autres et à la source d'alimentation en courant continu.

3. Un procédé de protection d'une pluralité de pôles électriques selon la revendication 1, comprenant en outre les étapes suivantes :

Mesurer un potentiel de corrosion pour au moins quelques-uns des pôles électriques;

30 Mesurer le potentiel de corrosion de la grille de mise à la terre avant l'application d'un premier courant d'itération;

Ensuite, appliquer un premier courant d'itération à partir de ladite source de puissance en courant continu,

Puis enlever ledit premier courant d'itération et prendre une lecture potentiel " OFF" de la grille de mise à la terre, et

Puis régler ladite source d'alimentation en courant continu afin d'obtenir la polarisation de la grille souhaitée pour protéger les pôles.

- 5 4. Un procédé de protection d'une pluralité de pôles électriques selon la revendication 3, comprenant en outre les étapes suivantes:

Mesurer les potentiels de la protection cathodique "On" et "OFF" sur au moins certains des pôles électriques pour confirmer qu'un changement suffisant dans le potentiel a été atteint, et

- 10 Installer une protection cathodique localisée et supplémentaire sur quelques-uns des pôles électriques qui ne sont pas suffisamment protégés par réglage du potentiel électrique effectif de la grille de mise à la terre.

5. Un Procédé de protection d'une pluralité de pôles électriques selon la revendication 3, comprenant en outre les étapes suivantes:

- 15 Fournir des électrodes de référence adjacentes au moins à une partie des pôles électriques;

Mesurer le potentiel électrique au niveau desdites électrodes de référence;

Connecter des émetteurs sans fil aux dites électrodes de référence;

- 20 Transmettre des données, y compris le potentiel électrique mesuré à partir desdites électrodes de référence par l'intermédiaire desdits émetteurs sans fil, et

Surveiller les données à partir desdites électrodes de référence pour détecter les irrégularités qui signalent un changement des conditions qui peut avoir un impact sur le niveau de protection cathodique desdits pôles électriques.

- 25 6. Un procédé de protection d'une pluralité de pôles électriques selon la revendication 1, comprenant en outre l'étape suivante :

Fournir un courant à travers ladite source d'alimentation en courant continu afin d'obtenir la polarisation de grille souhaitée pour protéger les pôles.

7. Un procédé de protection d'une pluralité de pôles électriques selon la revendication 2, comprenant en outre l'étape suivante:

- 30 Fournir un courant à travers ladite source d'alimentation en courant continu afin d'obtenir la polarisation de la grille souhaitée pour protéger les pôles.

8. Un procédé de protection d'une pluralité de pôles électriques selon la revendication 6, comprenant en outre les étapes suivantes :

1

Mesurer les potentiels de la protection cathodique "On" et "OFF" sur certains des pôles électriques pour confirmer qu'un changement suffisant dans le potentiel a été atteint, et

5 Installer une protection cathodique localisée et supplémentaire sur quelques-uns des pôles électriques qui ne sont pas suffisamment protégés par réglage du potentiel électrique effectif de la grille de mise à la terre.

9. Un procédé de protection d'une pluralité de pôles électriques selon la revendication 6, comprenant en outre les étapes suivantes:

10 Fournir des électrodes de référence adjacentes au moins à une partie des pôles électriques;

Mesurer le potentiel électrique au niveau desdites électrodes de référence;

Connecter des émetteurs sans fil aux dites électrodes de référence;

15 Transmettre des données, y compris le potentiel électrique mesuré à partir desdites électrodes de référence par l'intermédiaire desdits émetteurs sans fil, et

Surveiller les données à partir desdites électrodes de référence pour détecter les irrégularités qui signalent un changement des conditions qui peut avoir un impact sur le niveau de protection cathodique desdits pôles électriques.

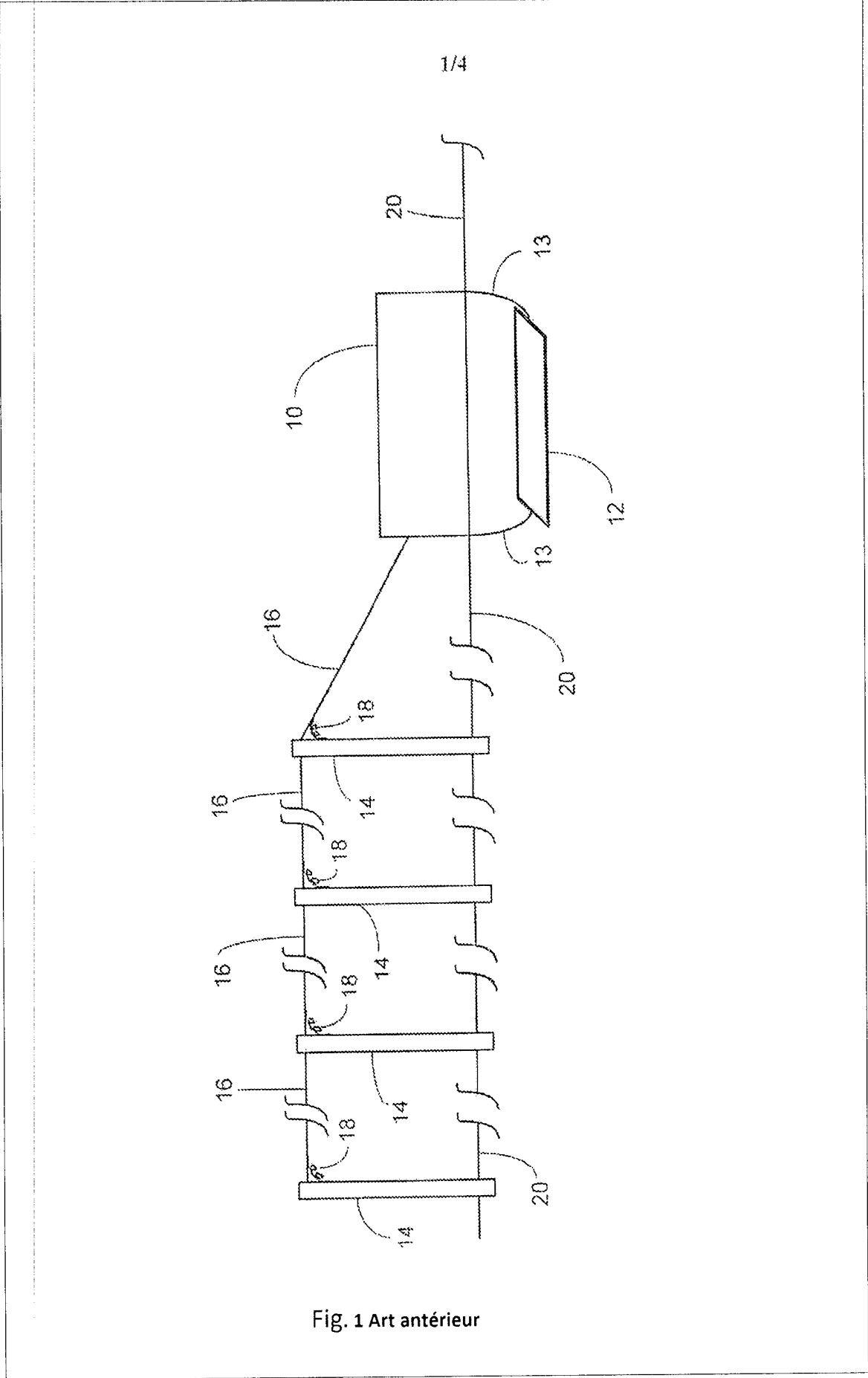


Fig. 1 Art antérieur

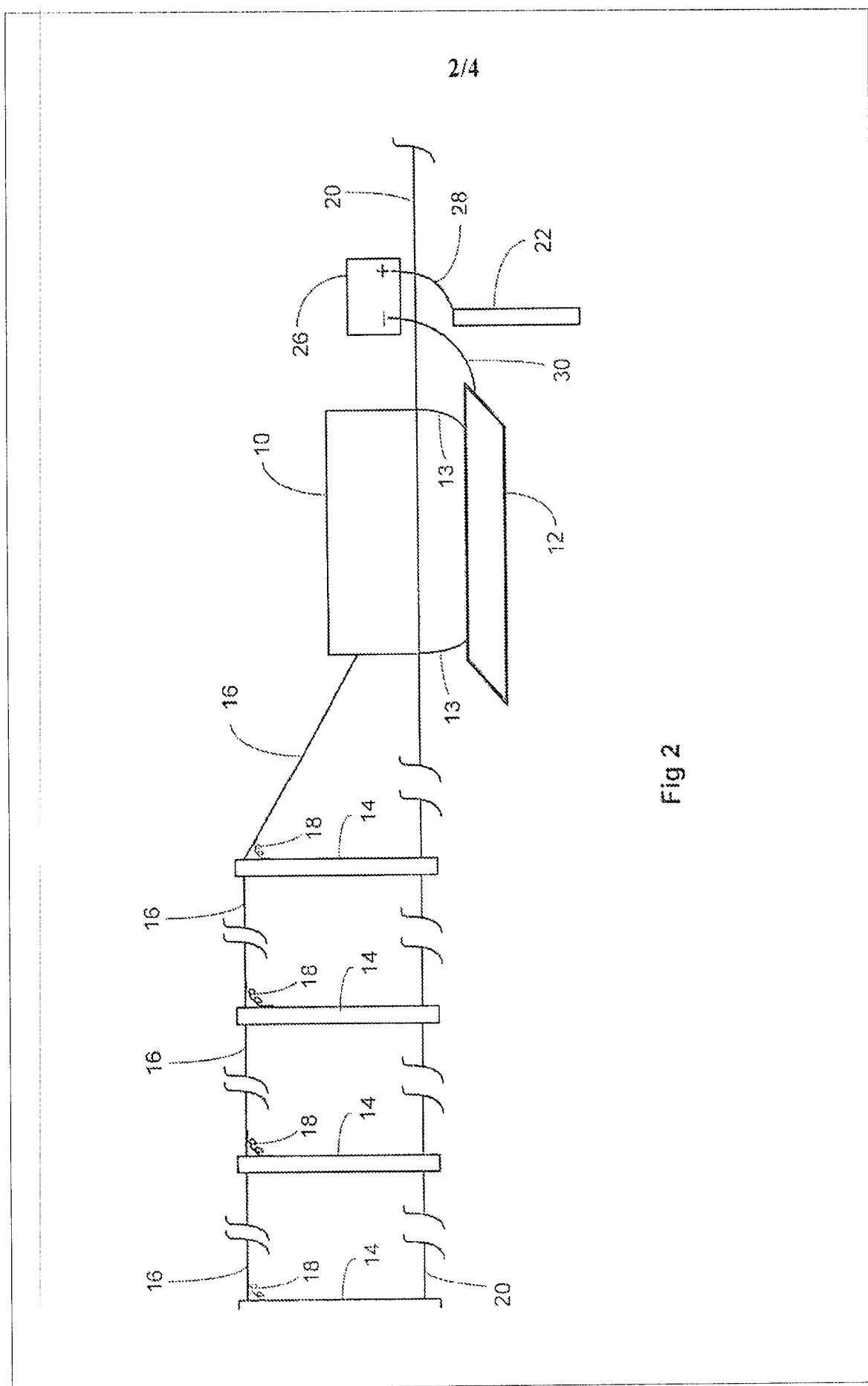


Fig 2

1

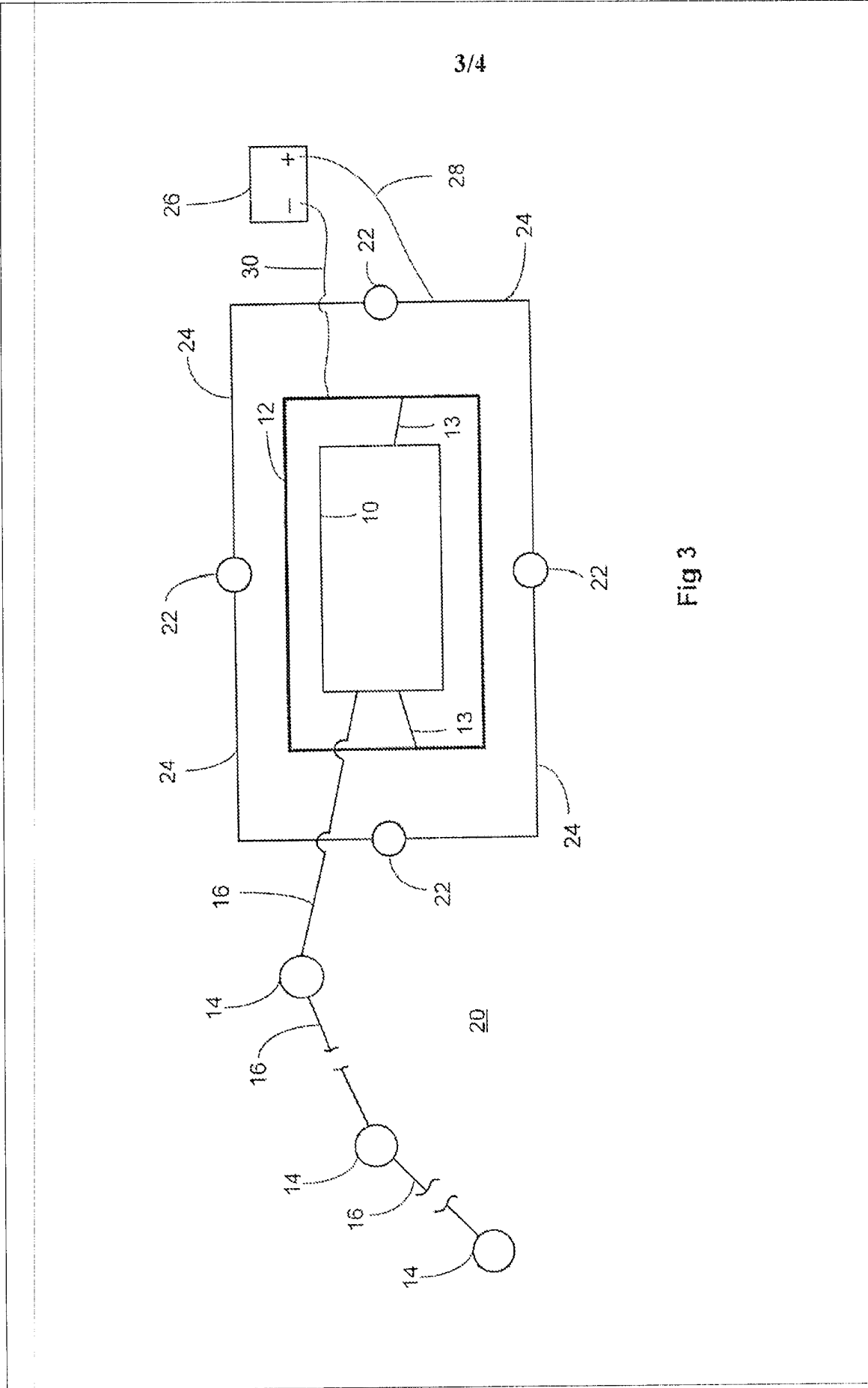


Fig 3

3/4

4/4

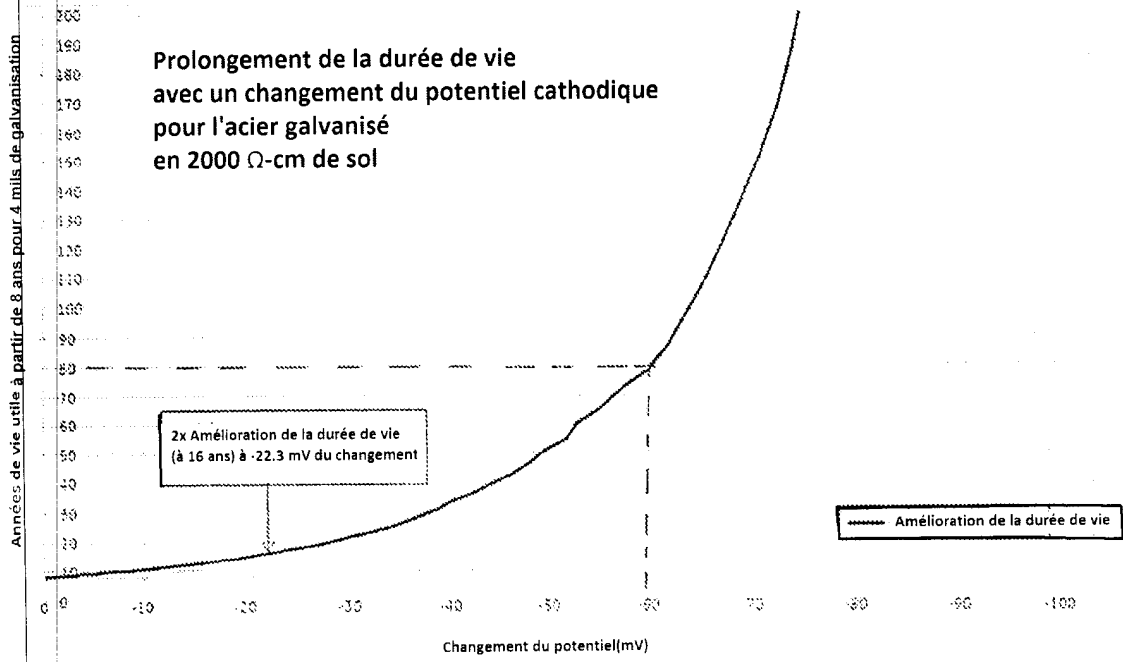


Fig. 4

1