

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑰ Numéro de dépôt: 79420008.9

⑥ Int. Cl.<sup>2</sup>: **C 25 C 3/16**

⑱ Date de dépôt: 02.02.79

⑳ Priorité: 08.02.78 FR 7804193

⑦ Demandeur: **ALUMINIUM PECHINEY, 28, rue de Bonnel, F-69433 Lyon Cedex 3 (FR)**

㉑ Date de publication de la demande: 22.08.79  
Bulletin 79/17

⑧ Inventeur: **Morel, Paul, 14, allée des Bocages, F-78110 Le Vesinet (FR)**  
Inventeur: **Dugois, Jean-Pierre, "L'Echillon", F-73300 Saint-Jean-De-Maurienne (FR)**

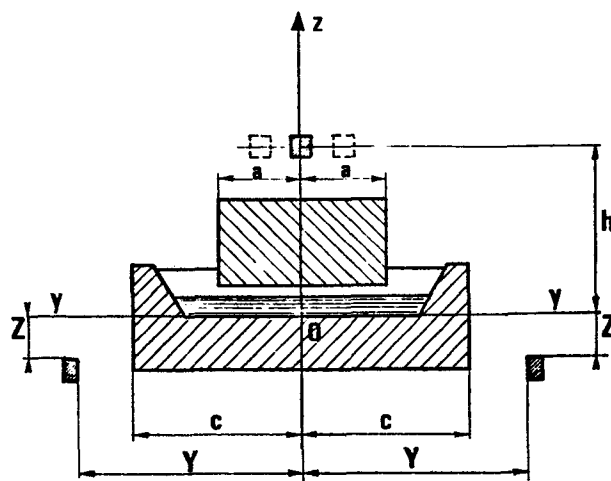
㉒ Etats contractants désignés: **DE GB NL SE**

⑨ Mandataire: **Pascaud, Claude et al, PECHINEY UGINE KUHLMANN 28, rue de Bonnel, F-69433 Lyon Cedex 3 (FR)**

⑤④ **Procédé de réduction des perturbations magnétiques dans les séries de cuves d'électrolyse à haute intensité.**

⑤⑦ L'invention concerne un procédé de réduction des perturbations magnétiques dans les séries de cuves d'électrolyse à haute intensité.

Le procédé consiste à faire passer les conducteurs négatifs de liaison entre cuves et à fixer la répartition du courant entre la tête aval et la tête amont ou les montées centrales de chaque cuve, de façon à annuler la composante  $B_y$  du champ magnétique au centre de la cuve et à rendre antisymétrique la composante  $B_z$  du champ magnétique au milieu du grand côté de la cuve par rapport à l'axe  $Oy$ . On compense en outre le champ de la file voisine au moyen d'un conducteur de compensation parcouru par un courant circulant en sens inverse du courant d'électrolyse. Application à la production d'aluminium dans des séries de cuves d'électrolyse alimentées sous des intensités pouvant atteindre 200 000 ampères.



**EP 0 003 712 A1**

- 1 -

PROCEDE DE REDUCTION DES PERTURBATIONS MAGNETIQUES DANS LES SERIES  
DE CUVES D'ELECTROLYSE A HAUTE INTENSITE

La présente invention concerne un nouveau procédé pour réduire les pertur-  
5 bations magnétiques dans les séries de cuves d'électrolyse en long, à  
haute intensité, destinées à la production d'aluminium par électrolyse  
d'alumine dissoute dans de la cryolithe fondue. Elle s'applique à la ré-  
duction des perturbations dues au champ propre créée par chaque cuve et par  
ses voisines de la même file et de la file adjacente lorsque celle-ci se  
10 trouve à une distance relativement proche de la file considérée.

On sait que, pour réduire les investissements et augmenter les rendements,  
la tendance est d'augmenter la puissance des cuves, qui, alimentées sous  
100 000 ampères, il y a vingt ans, atteignent maintenant 200 000 ampères.  
15 On sait également, que les cuves disposées en travers par rapport à l'axe  
de la file, présentent à dimensions égales, des effets magnétiques moindres  
que les cuves disposées en long, malgré la complication des conditions  
d'exploitation et la détérioration des conditions de travail qui en résultent.  
De ce point de vue, les cuves en long ne présentent pas ces inconvé-  
20 nients, et le but de l'invention est un procédé permettant de ramener les  
effets magnétiques des cuves en long à un niveau inférieur à celui des  
cuves en travers, d'où il résulte des économies d'énergie considérables  
tout en conservant les avantages d'exploitation dus à la disposition en  
long.

25

Dans tout ce qui va suivre, on désignera, selon les conventions habituelles,  
par  $B_x$ ,  $B_y$  et  $B_z$  les composantes du champ magnétique selon les axes  $Ox$ ,  $Oy$   
et  $Oz$ , dans un trièdre rectangle direct dont le centre  $O$  est le centre du

plan cathodique de la cuve, Ox est l'axe longitudinal dans le sens de la file, Oy, l'axe transversal et Oz l'axe vertical dirigé vers le haut.

Selon la convention habituelle, on désigne les positions amont et aval par 5 référence au sens conventionnel du courant dans la série.

La figure 1 représente en coupe verticale transversale, passant par le point 0, une cuve d'électrolyse en long.

La figure 2 représente, en coupe horizontale schématique, passant par le 10 point 0, une cuve d'électrolyse en long.

La figure 3 est un diagramme du champ  $B_z$  le long d'un grand côté de la cuve.

La figure 4 représente la forme de l'interface métal-électrolyte selon la répartition du champ  $B_z$  de la figure 3.

15 Les figures 5 et 6 schématisent deux dispositions possibles pour l'alimentation des cuves en long : par une tête et des montées centrales (figure 5) ou par les deux têtes (figure 6).

Les figures 7, 8, 9 et 10 montrent la position du conducteur négatif selon l'invention, en fonction du coefficient  $\alpha$ , fraction de courant alimentant 20 la tête amont.

La figure 11 explicite l'influence du champ de la file voisine sur le champ total d'une cuve donnée sur son petit axe Oy.

La figure 12 montre la position des conducteurs de compensation du champ de la file voisine dans une salle d'électrolyse comportant deux files 25 relativement proches.

Les figures 13, 14 et 15 montrent la position du conducteur négatif en fonction du coefficient  $\alpha$  lorsqu'on tient compte de l'influence de la file voisine.

#### Exposé du problème

30 Le brevet français 1 143 879, déposé le 28 Février 1956, au nom de "PECHINEY" a donné les conditions à respecter pour réduire les effets magnétiques dans les cuves en long, et la plupart des cuves construites dans le monde, depuis cette époque, ont utilisé les dispositions des conducteurs 35 préconisés, afin de satisfaire à la double condition :

$$B_{y^{\circ}} = 0$$

$$\frac{dB_{y^{\circ}}}{dz} = \text{faible}$$

au centre de la cuve

5

dans lequel  $B_{y^{\circ}}$  est la composante horizontale du champ magnétique selon l'axe  $Oy$  (axe horizontal perpendiculaire à l'axe de la file) et  $\frac{dB_{y^{\circ}}}{dz}$  est le gradient de ce potentiel selon l'axe vertical au centre de la cuve.

10

Dans tout ce qui suit, on se référera au schéma d'une cuve d'électrolyse, tel qu'il apparaît sur la figure 1 en coupe transversale.

Mais les conditions préconisées dans le brevet FR 1 143 879 ne concernaient que le champ horizontal et n'avaient pas d'action sur le champ vertical dont la valeur est pratiquement proportionnelle à l'intensité traversant la cuve.

Or, toutes les études récentes montrent l'importance de ce champ vertical. Il est responsable, en particulier, d'une déformation "en dôme" de la nappe d'aluminium liquide, dôme asymétrique, dont le sommet est décalé vers la tête aval de la cuve, et qui correspond à une dénivellation pouvant dépasser 4 centimètres par rapport au plan de référence.

Les forces, dites forces de Laplace, qui se développent, dans le métal sont la source de la déformation de l'interface bain-métal.

$$\text{Forces selon l'axe } Ox : f(x) = j_y B_z - j_z B_y$$

$$\text{Forces selon l'axe } Oy : f(y) = j_z B_x - j_x B_z;$$

$B_x$ ,  $B_y$  et  $B_z$  étant les trois composantes du champ magnétique  $B$  selon les axes  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ,  $j_x$ ,  $j_y$  et  $j_z$  étant les trois composantes de la densité de courant dans le métal.

L'exposé de la solution qu'apporte l'invention au problème des effets magnétiques sera facilité par une analyse des différentes composantes de ces forces.

Considérons la coupe horizontale d'une cuve en long, figure 2,

au niveau du point central 0 que l'on divise en quatre quarts par les axes Ox et Oy, et déterminons tout d'abord les forces longitudinales selon les parallèles à Ox.

5 L'ensemble des forces  $f_1(x)$  sur une parallèle à Ox (d'abscisse y) dans le premier quart est :

10 
$$F_1(x) = \int_{-b}^0 f_1(x) dx = j_y \int_{-b}^0 B_z \cdot dx - j_z \int_{-b}^0 B_y \cdot dx$$

car  $j_y$  est constant en raison de la disposition habituelle des barres cathodiques à sorties transversales ; il en est de même de  $j_z$ .

On aura de même dans le deuxième quart :

15 
$$F_2(x) = \int_0^{+b} f_2(x) dx = j_y \int_0^{+b} B_z \cdot dx - j_z \int_0^{+b} B_y \cdot dx$$

Si  $F_1(x) = -F_2(x)$ , les forces sur chaque parallèle à Ox seront égales et opposées. Il suffit, pour cela que :

20 
$$\int_{-b}^0 B_z \cdot dx = - \int_0^{+b} B_z \cdot dx$$

et que

25 
$$\int_{-b}^0 B_y \cdot dx = - \int_0^{+b} B_y \cdot dx$$

30 Ces deux conditions sont réalisées si les courbes  $B_z$  et  $B_y$  sont antisymétriques par rapport à l'axe Oy.

Cas du champ vertical  $B_z$  : dans une cuve en long, la courbe de  $B_z$  sur chaque parallèle à Ox est antisymétrique par rapport à sa valeur à son point milieu comme on le voit sur la figure 3. Il suffit donc de rendre  $B_z$  nul sur l'axe Oy, pour que l'ensemble de  $B_z$  soit antisymétrique par

rapport à Oy. Au centre O de la cuve,  $B_z(o)$  est alors nul par symétrie.  $B_z$  est maximum sur la parallèle à Ox passant par le bord extérieur du système anodique et si l'on annule  $B_z$  au point M, la courbe des  $B_z$  maximaux sera, elle aussi, antisymétrique.

5

Si  $B_z(M)$  et  $B_z(o)$  sont nuls, la valeur de  $B_z$  sur l'axe Oy ne dépasse pas 2 à  $3 \cdot 10^{-4}$  TESLA, pour une cuve de 100 000 ampères, ce qui est négligeable.

Donc, les valeurs de  $B_z$  en tous les points situés symétriquement par rapport à Oy ont des valeurs égales et de signe inverse, et les courbes de  $B_z$  sur chaque parallèle à Ox seront antisymétriques.

Cas du champ horizontal  $B_y$  : on conserve la condition  $B_y$  (au point central O) = 0 déjà énoncée dans le brevet FR 1 143 879. On constate que, lorsque  $B_y(o) = 0$ , les valeurs de  $B_y$  sur les axes parallèles à Oy sont minimales et très faibles.

La courbe de  $B_y$  sur chaque axe est alors également antisymétrique.

20 Au total, lorsque les deux conditions  $B_z(M)$  et  $B_y(o) = 0$  sont réalisées, on voit que sur chaque parallèle à Ox :

$$F_1(x) = - F_2(x)$$

et

$$25 \quad = - \begin{cases} \sum F_1(x) \text{ dans le premier quart de la cuve,} \\ \sum F_2(x) \text{ dans le deuxième quart de la cuve.} \end{cases}$$

L'égalité des forces conduit à une interface bain-métal en forme de dôme symétrique dont la flèche est minimale.

30 La figure 4 représente, dans le cas d'une cuve classique de 115 000 ampères, et en correspondance avec la figure 3 : en traits pleins, la forme en dôme dissymétrique, et flèche importante (jusqu'à 4 cm) dans le cas d'une courbe  $B_z$  dissymétrique (trait plein) et la forme en dôme symétrique à faible flèche (environ 1 cm) dans le cas où  $B_z$  est antisymétrique par rapport à l'axe Oy, c'est-à-dire après mise en oeuvre de l'invention.

La force dissymétrique provient, dans le premier cas, du fait que l'ensemble des forces positives de R à P,  $F_1(x)$  est environ trois fois plus

grand que l'ensemble des forces négatives  $- F_2 (x)$ , de P à S.

Déterminons maintenant les forces transversales, selon les parallèles à Oy avec les mêmes conventions que pour  $F (x)$  on a :

5

$$F_1 (y) = \int_{+a}^0 j_z B_x dy - \int_{+a}^0 j_x B_z dy$$

10

$$F_4 (y) = \int_0^{-a} j_z B_x dy - \int_0^{-a} j_x B_z dy$$

Ces forces transversales sont beaucoup plus faibles que les forces longitudinales  $F (x)$  car elles s'exercent sur des longueurs plus courtes (largeur de la cuve).

15 Or :

$j_x$ , dans une cuve bien construite est nul,  
 $j_z$  est constant.

Dans une cuve en long, dont les conducteurs sont habituellement disposés symétriquement par rapport au plan  $x Oz$ ,  $B_x$  est antisymétrique par rapport à  $Ox$ . Il en résulte que :

et que  $\sum F_1 (y)$  sur le premier quart de la cuve = -  $\sum F_4 (y)$  sur le quatrième quart de la cuve.

25

On arrive à la conclusion que, si l'on construit une cuve dans laquelle :

$$B_y (o) \text{ et } B_z (M) = 0$$

- 1/ On diminue la valeur des champs maximaux qui, pour  $B_z$  et  $B_y$  sont situés à la périphérie de la cuve.
- 2/ Les forces de Laplace seront minimales, égales et opposées par rapport aux axes  $Ox$  et  $Oy$ .
- 3/ Il en résultera une surface de l'interface électrolyte-nappe d'aluminium liquide, stable et pratiquement horizontale.

35

Il peut être également avantageux d'obtenir la réalisation d'une condition supplémentaire, relative à la composante  $B_y$  au centre, qui est :

$$\frac{dB_y^o \text{ (centre)}}{dz} = 0$$

5 Bien que ce gradient soit généralement assez faible, on peut chercher dans la mesure où les différentes conditions sont compatibles entre elles, à le rendre aussi proche que possible de zéro, ce qui revient, en fait, à annuler  $B_y$  dans toute l'épaisseur de la nappe de métal liquide, qui est faible et qui ne varie que de quelques centimètres par rapport à son  
10 niveau moyen.

Exposé de l'invention

Le problème à résoudre étant posé, l'objet de l'invention, est un procédé  
15 pour réaliser les deux conditions  $B_y(o)$  et  $B_z(M) = 0$  et éventuellement la troisième condition  $\frac{dB_y^o}{dz} = 0$ , caractérisé par une disposition particulière des conducteurs de liaison entre les différentes cuves d'une série dans laquelle elles sont disposées en long, tenant compte en outre, de l'influence du champ magnétique d'une file voisine lorsque les deux files  
20 sont situées à une distance suffisamment réduite pour qu'on ne puisse plus négliger cette influence. L'invention s'applique aux cuves en long alimentées soit par les deux têtes, soit par la tête amont et au moins une montée latérale sur chaque côté.

25 De façon générale, les conducteurs négatifs (conducteurs de liaison entre les cuves) sont disposés symétriquement par rapport au plan médian xOz. En se référant à la figure 1, on désignera par Y et Z les coordonnées de ces conducteurs dans le plan xOz.

30 Le procédé est alors caractérisé en ce que les conducteurs négatifs sont disposés parallèlement à l'axe Ox et passent sensiblement par des points dont les coordonnées Y et Z satisfaisant un premier système d'équation, permettent de réaliser les deux conditions  $B_y(o)=0$  et  $B_z(M) = 0$ , ou, ce qui revient au même  $B_z(M)$  antisymétrique par rapport à l'axe Oy ; il est  
35 également caractérisé en ce qu'on s'efforce que les coordonnées Y et Z satisfassent, au moins approximativement à une troisième équation, permettant de réaliser la condition supplémentaire  $\frac{dB_y^o}{dz} = 0$  ou tout au moins,

de s'en approcher autant que possible dans la mesure où les solutions sont compatibles entre elles.

Il est enfin caractérisé en ce que, outre les conditions précédentes, le champ de la file voisine est compensé au moyen d'un conducteur auxiliaire disposé le long de chaque file dans lequel on fait circuler un courant continu de sens inverse à celui du courant circulant dans la file, et dont l'intensité est fournie par la résolution d'un système d'équation tenant compte des diverses influences magnétiques sur chaque cuve.

On examinera successivement le cas d'une série comportant deux files de cuves suffisamment éloignées pour ne pas introduire d'effet de file voisine, puis le cas où il y a un effet de file voisine, et dans les deux cas, on distinguera les cuves classiques alimentées par les deux têtes et les cuves alimentées par la tête amont et par des montées centrales, telles qu'elles ont été décrites dans la demande de brevet français n° 77 02213, déposée le 19 Janvier 1977, au nom de la demanderesse et dont la structure est rappelée sur la figure 5, dans le cas d'une montée centrale de chaque côté.

On convient d'appeler  $\alpha$  la fraction de courant alimentant la tête amont A et  $(1 - \alpha)$  la fraction de courant alimentant la tête aval B ou les montées latérales, selon le cas (figures 5 et 6).

On va maintenant déterminer la position des conducteurs négatifs, fonction du paramètre  $\alpha$ .

De façon à simplifier les calculs, on cherche quelle doit être l'intensité constante, dans un conducteur, qui mis à la place du croisillon d'une part, et de chaque collecteur négatif d'autre part, créerait le même champ magnétique qu'eux. On trouve, alors, les intensités dites équivalentes figurant dans le tableau I ci-dessous, qui ne sont valables que pour des points situés dans le plan médian  $yOz$ .

TABLEAU I

|                                     |  |  |
|-------------------------------------|--|--|
| intensité<br>équivalente<br>dans :  | cuves à montées centrales<br>(figure 5)<br>$\alpha I$ dans tête A<br>$(1 - \alpha)$ dans montées centrales | cuves classiques<br>(figure 6)<br>$\alpha I$ dans tête A<br>$(1 - \alpha) I$ dans tête B |
| croisillon<br>collecteur<br>négatif | $0,5 \alpha I$<br><br>$(0,5 - 0,25 \alpha) I$  | $(\alpha - 0,5) I$<br><br>$(0,75 - 0,5\alpha) I$   |

A/ CAS D'UNE SERIE COMPORTANT UNE SEULE FILE OU DEUX FILES SUFFISAMMENT ELOIGNEES POUR QU'IL N'Y AIT PAS D'INTERACTION MAGNETIQUE ENTRE ELLES

Cas n° 1 : Cuves alimentées par une tête et des montées centrales (fig. 5)

1°/ Réalisation de la condition  $B_{y0} = 0$

$$B_{y0} \text{ dû au croisillon : } \frac{2 \times 0,5 \alpha I \cdot k_1}{h} = \frac{\alpha I \cdot k_1}{h}$$

formule dans laquelle  $k_1$  est un coefficient expérimental qui tient compte du fait que le croisillon est formé, en pratique, de deux branches et de la discontinuité due à l'intervalle entre les croisillons de chaque cuve d'une file.  $k_1$  est presque toujours voisin de 0,9 et nous conserverons cette valeur par la suite.

$h$  est la hauteur du croisillon au-dessus du plan de référence  $xOy$ .

$b_{y0}$  dû au collecteur négatif 1 =  $b_{y0}$  dû au collecteur négatif 2 =

$$\frac{2 (0,5 - 0,25 \alpha) I}{\sqrt{Y^2 + Z^2}} \times \frac{Z}{\sqrt{Y^2 + Z^2}} = \frac{(1 - 0,5\alpha) I \cdot Z}{Y^2 + Z^2}$$

$B_{y0}$  est égal à :  $b_{y0}$  (croisillon) +  $b_{y0}$  (collecteur 1) +  $b_{y0}$  (collecteur 2) et doit être égal à 0.

$$\text{soit : } \frac{(1 - 0,5 \alpha) I \cdot Z}{Y^2 + Z^2} + \frac{0,9 \alpha I}{2h} = 0$$

d'où l'on tire :

$$Y^2 + Z^2 = - \frac{(1 - 0,5\alpha) \cdot 2h}{0,9 \alpha} Z$$

En posant  $\mu = \frac{(1 - 0,5\alpha) 2h}{0,9 \alpha}$  (1)

On a :  $Y^2 + Z^2 + \mu Z = 0$  (2)

5 2°) Réalisation de la condition  $B_z (M) = 0$

$b_z (M)$  dû au croisillon =  

$$\frac{2 \cdot 0,5 \alpha \cdot I \cdot k_1 \cdot x \cdot a}{\sqrt{a^2 + h^2} \sqrt{a^2 + h^2}} = \frac{0,9\alpha \cdot I \cdot a}{a^2 + h^2}$$

10  $b_z (M)$  dû au collecteur 1 :  

$$\frac{- 2 (0,5 - 0,25 \alpha) I}{\sqrt{(Y - a)^2 + Z^2}} \times \frac{Y - a}{\sqrt{(Y - a)^2 + Z^2}} = \frac{- (1 - 0,5 \alpha) I (Y - a)}{(Y - a)^2 + Z^2}$$

$b_z (M)$  dû au collecteur 2 :  

$$\frac{2 (0,5 - 0,25 \alpha) I}{(Y - a)^2 + Z^2} \times \frac{Y + a}{(Y + a)^2 + Z^2} = \frac{(1 - 0,5 \alpha) I (Y + a)}{(Y + a)^2 + Z^2}$$

La condition  $B_z (M) = 0$  s'écrit :

$b_z (M)$  croisillon +  $b_z (M)$  collecteur 1 +  $b_z (M)$  collecteur 2 = 0  
 c'est-à-dire :

20 
$$I (1 - 0,5 \alpha) \left[ - \frac{Y - a}{(Y - a)^2 + Z^2} + \frac{Y + a}{(Y + a)^2 + Z^2} \right] - \frac{0,9\alpha I a}{a^2 + h^2}$$
  
 ou en effectuant :  

$$\frac{Z^2 - Y^2 + a^2}{(Z^2 + Y^2 - a^2)^2 + 4 a^2 Z^2} = \frac{- 0,9 \alpha}{2 (a^2 + h^2) (1 - 0,5 \alpha)} \quad (3)$$

25 On remarque que I a disparu, ce qui prouve que la solution sera indépendante de l'intensité traversant la cuve.

En posant  $v = \frac{- 0,9 \alpha}{(a^2 + h^2) (1 - 0,5\alpha)}$  (4)

30 On a aussi  $v = \frac{Z^2 - Y^2 + a^2}{(Z^2 + Y^2 - a^2)^2 + 4 a^2 Z^2}$

En utilisant la valeur de  $Y^2$  tirée de l'équation (2) on obtient l'équation du deuxième degré en Z

$(\mu^2 v + 4a^2 v - 2) Z^2 - \mu(1 - 2a^2 v) Z + a^2 (va^2 - 1) = 0$  (5)

qui permet d'obtenir la valeur de Z que l'on reporte dans l'équation (2) pour obtenir la valeur de Y

3°) Réalisation de la condition :  $\frac{dB_{y_0}}{dz} = 0$

On a :  $B_{y_0}$  dû au croisillon :  $\frac{\alpha I k_1}{h} = \frac{0,9\alpha I}{h}$

$$\frac{dB_{y_0}}{dz} = \frac{0,9\alpha I}{h^2}$$

5  $b_{y_0}$  dû aux collecteurs négatifs :

$$b_{y_0} = 2 \times 2 \times (0,5 - 0,25\alpha) I \cdot \frac{Z}{Z^2 + Y^2} - \frac{Z - dz}{(Z - dz)^2 + Y^2}$$
$$= (2 - \alpha) I \times \frac{dz (Y^2 - Z^2)}{(Y^2 + Z^2)^2}$$

10 On doit avoir :  $db_y$  (croisillon) + 2  $db_y$  (collecteurs) = 0

soit :  $\frac{0,9\alpha I}{h^2} - (2 - \alpha) I \frac{(Y^2 - Z^2)}{(Y^2 + Z^2)^2} = 0$

ou  $\frac{Y^2 - Z^2}{(Y^2 + Z^2)^2} = \frac{0,9\alpha}{(2 - \alpha) h^2}$

15 En posant, comme précédemment  $\mu = \frac{(2 - \alpha) h}{0,9\alpha}$

La condition s'écrit :  $\frac{Y^2 - Z^2}{(Y^2 + Z^2)^2} = \frac{1}{h\mu}$

On remarque que :

1 -  $\mu$  et  $\nu$  sont fonction du paramètre  $\alpha$ , défini plus haut. On obtient  
20 donc les solutions, c'est-à-dire les valeurs de Z et Y, sous forme d'une  
courbe qui est le lieu géométrique de la position des conducteurs négatifs,  
qui réalisent les conditions posées au départ.

2 - Les équations (5) et (6) sont indépendantes de l'intensité, dans la  
mesure où a et h qui interviennent dans  $\mu$  et  $\nu$  sont constants. En fait,  
25 "h" hauteur du croisillon ne dépend pas de la taille des cuves et "a"  
demi-largeur du système anodique peut ne pas varier si l'on procède à  
l'augmentation de la taille des cuves par simple allongement du système  
anodique selon Ox. En pratique, "a" varie assez peu, et vaut, par exemple,  
1,20 mètre pour une cuve de 100 000 ampères et 1,50 mètre pour une cuve de  
30 200 000 ampères. Au-delà, pour des raisons technologiques, on n'augmente  
plus "a"

EXEMPLES DE REALISATIONS PRATIQUES

EXEMPLE 1

35 On a appliqué les résultats ci-dessus à une série de cuves de 100 000 Am-

pères, à montées centrales, pour laquelle h (hauteur du croisillon au-dessus du plan xOy) = 1,77 m et a (demi-largeur du système anodique) = 1,175 et comportant sur chaque grand côté, 11 barres de sorties cathodiques. Dans ces conditions,  $\alpha$  ne peut donc varier que par fraction de 1/11. Mais on peut aussi envisager des variations continues de la valeur de  $\alpha$  en jouant sur la résistance électrique des conducteurs de liaison. On a considéré six valeurs de  $\alpha$  : 2/11 (0,182), 3/11 (0,273), 4/11 (0,364), 5/11 (0,455), 6/11 (0,545) et 7/11 (0,636).

L'application des formules 1 à 5 donne les résultats suivants :

10

TABLEAU 2

| $\alpha$ | Cote $\frac{+}{-}$ Y<br>en m | Cote Z<br>en m |
|----------|------------------------------|----------------|
| 0,182    | 6,00                         | - 2,04         |
| 0,273    | 4,38                         | - 1,80         |
| 0,364    | 3,38                         | - 1,57         |
| 0,455    | 2,68                         | - 1,35         |
| 0,546    | 2,14                         | - 1,11         |
| 0,636    | 1,66                         | - 0,81         |

15

20

N.B. Le signe  $\frac{+}{-}$  signifie que cette cote est valable pour les conducteurs négatifs disposés de chaque côté de la cuve.

Ces valeurs ont été reportées sur le diagramme, figure 7 qui est, en fait, une demi-coupe transversale d'une cuve en long, passant par le point central O. Les lignes bordées de hachures indiquent l'encombrement extérieur du caisson de la cuve.

25

On constate que pour des valeurs de  $\alpha$  supérieures à 0,55, les conducteurs devraient se trouver à l'intérieur de la cuve. Pour des considérations économiques, et d'encombrement, on peut donc choisir  $\alpha$  entre 0,35 et

30

On va maintenant chercher à réaliser simultanément :

1° - Les conditions  $\frac{dB_y}{dz} = 0$  et  $B_y = 0$

2° - Les conditions  $B_z(M) = 0$  et  $B_y = 0$

35

et voir si les solutions sont compatibles entre elles, tout au moins de façon approchée, et si les trois conditions peuvent être réalisées simultanément :

La condition  $B_y = 0$  implique

$$Z^2 + Y^2 + \mu Z = 0 \quad \text{ou} \quad Y^2 = -\mu Z - Z^2 \quad (6A)$$

En portant la valeur de  $Y^2$  dans (6), il vient :

$$5 \quad \frac{-\mu Z - Z^2 - Z^2}{(-\mu Z)^2} = \frac{1}{\mu h}$$

soit en résolvant :

$$Z = \frac{-\mu h}{\mu + 2h} \quad (7)$$

10 En introduisant cette valeur de Z dans (6A), on trouve Y.

On pourra donc tracer, sur un diagramme, les courbes  $(Y,Z) = f(\alpha)$  qui satisfont d'une part  $\frac{dB_{y^0}}{dz} = 0$  et  $B_{y^0}$  et d'autre part  $B_z(M) = 0$  et  $B_{y^0} = 0$  et voir si leur intersection donne, pour la position du conducteur, une valeur acceptable.

15

EXEMPLE 2

On cherche à réaliser simultanément les trois conditions :

$$\frac{dB_{y^0}}{dz} = 0, \quad B_{y^0} = 0, \quad B_z(M) = 0$$

20 On ajoute au tableau I, pour faciliter le tracé de la courbe Y,  $Z = f(\alpha)$  satisfaisant  $B_z(M) = 0$  et  $B_{y^0} \neq 0$ , une valeur de  $\alpha = 0,6$  qui donne  $Y = 1,86$  et  $Z = -0,98$ .

Puis on trace la courbe Y,  $Z = f(\alpha)$ , satisfaisant les deux équations

$$25 \quad \frac{dB_{y^0}}{dz} = 0 \quad \text{et} \quad B_{y^0} = 0. \quad \text{On trouve :}$$

TABLEAU 3

|    | $\alpha$ | +<br>- Y | Z      |
|----|----------|----------|--------|
| 30 | 0,182    | 5,22     | - 1,49 |
|    | 0,273    | 3,91     | - 1,38 |
|    | 0,364    | 3,10     | - 1,26 |
|    | 0,456    | 2,53     | - 1,16 |
|    | 0,546    | 2,10     | - 1,06 |
| 35 | 0,6      | 1,86     | - 0,98 |
|    | 0,636    | 1,77     | - 0,96 |

On voit que les deux courbes se coupent en un point de coordonnées  $Y = 1,96, Z = - 1,01$ .

Ce point correspond à une position du conducteur à l'intérieur du caisson, mais en pratique, on peut prendre un point voisin, à l'extérieur ; les deux courbes ne s'écartant que lentement, la solution reste encore acceptable.

EXEMPLE 3

10 On a appliqué les mêmes résultats à une cuve de 200 000 ampères, pour laquelle  $h = 1,77m, a = 1,50 m$  possédant également 11 barres cathodiques sur chaque grand côté. On obtient les valeurs suivantes :

TABLEAU 4

15

| $\alpha$ | $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} Y$ | Z      |
|----------|--|--------|
| 0,182    | 6,36                                   | - 2,34 |
| 0,273    | 4,58                                   | - 2,01 |
| 0,364    | 3,48                                   | - 1,70 |
| 0,455    | 2,69                                   | - 1,36 |
| 0,546    | 1,99                                   | - 0,91 |

20

Sur le diagramme, figure 9, on constate que les courbes de  $Y, Z = f(\alpha)$  sont très voisines pour 100 000 ampères et 200 000 ampères, mais que la valeur  $\alpha = 0,546$  conduit à une impossibilité géométrique.

Les deux courbes seraient d'ailleurs en coïncidence si l'augmentation d'intensité avait été obtenue par le seul allongement de la cathode. En réalité, on a aussi élargi les anodes (facteur "a"). Sinon, a et h étant constants, il en serait de même pour  $\mu$  et  $\nu$  et l'équation (5) étant indépendante de l'intensité, les courbes  $Y, Z = f(\alpha)$  seraient identiques.

Cas n° 2 : Cuves classiques (figure 6) alimentées par les deux têtes du croisillon. Pas de file voisine. La tête A (amont) reçoit une intensité  $\alpha I$ , la tête B (aval) reçoit  $(1 - \alpha) I$ .

35

Le calcul est identique mais les intensités équivalentes (voir tableau I) du croisillon et des collecteurs négatifs étant différentes, les nouvelles

valeurs de  $\mu'$  et  $\nu'$  sont les suivantes :

$$\mu' = \frac{(1,5 - \alpha) 2 h}{k_1 (2 \alpha - 1)} \text{ ou, avec } k_1 = 0,9 ; \mu' = \frac{(1,5 - \alpha) 2h}{0,9 (2\alpha - 1)} \quad (8)$$

$$\nu' = \frac{-(2 \alpha - 1) k_1}{2 (a^2 + h^2) (1,5 - \alpha)} \text{ ou avec } k_1 = 0,9 : \nu' = \frac{-0,9 (2\alpha - 1)}{2 (a^2 + h^2) (1,5 - \alpha)} \quad (9)$$

Les équations (10) et (11) sont identiques à (2) et (5), soit :

$$Y^2 + Z^2 + \mu' Z = 0 \quad (10)$$

$$(\mu'^2 \nu' + 4a^2 \nu' - 2) Z^2 - \mu' (1 - 2 a^2 \nu') Z + a^2 (\nu' a^2 - 1) = 0 \quad (11)$$

10

EXEMPLE 4

En fonction du résultat ci-dessus, on a déterminé la position des conducteurs négatifs pour une cuve classique de 100 000 ampères, avec croisillon  
15 alimenté par les deux têtes avec  $h = 1,77$  m et  $a = 1,175$  et comportant également 11 barres de sorties cathodiques sur chaque grand côté.

TABEAU 5

20

| $\alpha$     | cote $^+$<br>- Y en m | cote Z en m |
|--------------|-----------------------|-------------|
| 6/11 = 0,546 | 9,44                  | - 2,29      |
| 7/11 = 0,636 | 4,38                  | - 1,80      |
| 0,7          | 3,07                  | - 1,48      |
| 8/11 = 0,725 | 2,68                  | - 1,34      |
| 25 0,8       | 1,86                  | - 0,95      |
| 9/11 = 0,818 | 1,66                  | - 0,81      |

25

Ces valeurs sont reportées sur le diagramme, figure 10 ; on constate que  $\alpha = 0,8$  conduit à une impossibilité, et que, pour des raisons économiques,  
30 on est conduit à choisir  $\alpha$  entre 0,65 et 0,75.

B/ CAS D'UNE SERIE COMPORTANT DEUX FILES VOISINES DANS UN MEME BATIMENT

En pratique, la solution économique est d'installer les deux files de cuves dans le même bâtiment.

35

On introduit alors un champ vertical dû à la file voisine, assez uniforme en valeur et de même signe. Si l'on appelle  $b_z$  (cuve) le champ vertical de

la cuve avec sa file, et  $b_z$  (file voisine) le champ vertical induit par la file voisine, on voit, sur le diagramme figure 11, qu'il est impossible d'obtenir simultanément :

$$B_z (M) = b_z (M) (cuve) + b_z (M) (file voisine) = 0$$

5 et

$$B_z (N) = b_z (N) (cuve) + b_z (N) (file voisine) = 0$$

car  $b_z (M)_{cuve} = -b_z (N)_{cuve}$ , puisque  $b_z$  est antisymétrique par rapport à Oy, alors que  $b_z (M)_{(file\ voisine)}$  est sensiblement égal à  $b_z (N)_{(file\ voisine)}$  et de même signe.

10 Sur cette figure 11, la courbe 1 représente la variation de  $b_z$  (cuve) sans file voisine, le long de M.O.N., la courbe 2 représente la variation de  $b_z$  (file voisine) le long de M.O.N., et la courbe 3 représente la variation de  $B_z$  (cuve + file voisine) le long de M.O.N.

Il faut donc compenser l'effet de la file voisine.

15 On a déjà, pour cela, proposé antérieurement un certain nombre de solutions par exemple; celles qui font l'objet de brevets français n° 1 079 131, déposé le 7 avril 1953 (Compagnie PECHINEY), dans lequel on propose de créer une boucle électrique autour de la cuve, le n° 1 185 548 déposé le 29 Octobre 1957 (Electrokemisk A.S.) dans lequel on procède à une alimentation dissymétrique des têtes A et B, de même que dans le brevet français n° 1 586 867, déposé le 28 Juin 1968 (Vsesojuzny Nauchnoissledovatel'sky i Proektny Institut Aluminiyevoy) ou dans le brevet français n° 2 333 060 déposé le 28 Novembre 1975 (Aluminium Pechiney) où l'on propose de positionner différentiellement les collecteurs négatifs de chaque côté de la

25 cuve.

Ces deux dernières solutions diminuent sensiblement l'effet de file voisine, mais non uniformément sur l'ensemble de la cuve. D'autre part,  $b_y$  (cuve) et  $b_z$  (cuve) ne sont plus antisymétriques par rapport à Ox. On crée, de ce fait, une dissymétrie des forces de Laplace en  $F_y$ .

30 La méthode que nous allons décrire maintenant utilise un conducteur de compensation parcouru par un courant  $-i$  qui circule en sens inverse du courant I de la série, situé du côté extérieur des deux files de cuves, et placé à une distance minimale du caisson, compatible avec la sécurité électrique.

35 Une méthode analogue a déjà été décrite dans le brevet américain US 3 616 317. Il convient cependant de la rendre compatible avec les conditions posées précédemment, et en particulier avec l'obtention de  $B_y = 0$

et de  $B_z (M) = 0$ . La figure 12 est une coupe schématique d'une salle d'électrolyse (1) comportant deux files voisines, dont on a représenté uniquement les systèmes anodiques 2 et 3, et, dans lesquelles les cuves sont disposées en long. Les conducteurs de compensation sont en 4 et 5. Les conducteurs de liaison des cuves sont omis pour ne pas surcharger le dessin. Les flèches arrondies schématisent les sens du champ magnétique créée par chaque conducteur de compensation.

On appelle :

- a : la demi-largeur du système anodique
- 10 d : la distance du conducteur de compensation au bord extérieur de l'anode
- ℓ : la distance entre les bords intérieurs des systèmes anodiques des deux files de cuves
- E : le champ produit par le conducteur de compensation en M (côté intérieur)
- 15 F : le champ produit par le conducteur de compensation en N (côté extérieur)
- e : le champ de la file voisine en M
- f : le champ de la file voisine en N
- 20 m : le champ  $b_z$  de la cuve sans effet de file voisine

On a, en tenant compte, des deux conducteurs de compensation :

$$E = - 2i \frac{2d + 4a + \ell}{d^2 + d(4a + \ell) + 4a^2 + 2a\ell} \quad (12a)$$

$$25 \quad F = - 2i \frac{2d + 4a + \ell}{d^2 + d(4a + \ell)} \quad (12b)$$

On en déduit un rapport K

$$K = \frac{E}{F} = \frac{d^2 + d(4a + \ell)}{d^2 + d(4a + \ell) + 4a^2 + 2a\ell} \quad (12c)$$

30 ℓ et d sont des valeurs fixées à la construction et pratiquement indépendantes de la taille des cuves.

K varie avec "a" mais assez faiblement, comme le montre l'équation (12c).

Pour une série de cuves dont la distance entre anodes ℓ = 7,40 m et dont  
35 la distance entre le conducteur de compensation et le bord extérieur de l'anode d = 1,80 m, on trouve :

Pour une cuve de 100 000 ampères, où a = 1,175, identique à celle des exemples 1 et 3 : K = 0,52.

Pour une cuve de 200 000 ampères, où  $a = 1,5$ , identique à celle de l'exemple 2,  $K = 0,47$ .

On peut donc se baser sur une valeur de  $K = 0,5$ .

On va maintenant choisir un schéma de cuve pour laquelle la valeur du champ vertical  $b_z$  (sans file voisine) soit  $m$  au point M, et donc  $-m$  au point N.

On détermine M par les équations :

$$m + e + KF = 0$$

$$-m + f + F = 0$$

10 D'où les valeurs :

$$m = \frac{Kf - e}{1 + k} \quad (13a)$$

$$15 \quad F = -\frac{(e + f)}{1 + k} \quad (13b)$$

$$E = -\frac{(e + f) K}{1 + k} \quad (13c)$$

$e$  et  $f$  sont directement proportionnels à  $i$ , et les valeurs de  $m$ ,  $E$  et  $F$  seront donc également proportionnelles à  $i$ . On peut donc définir 3 caractéristiques :

$$m' = \frac{M}{I}$$

$$25 \quad F' = \frac{F}{I}$$

$$E' = \frac{E}{I}$$

30 valables pour toutes les cuves disposées en long, en prenant  $I$ , par commodité, exprimé en kilo-ampères.

$K$  étant voisin de 0,5 les équations peuvent s'écrire, en pratique :

$$m = \frac{0,5 f - e}{1,5}$$

$$35 \quad F = -\frac{(e + f)}{1,5}$$

$$E = -\frac{(e + f)}{3}$$

APPLICATIONS PRATIQUES

EXEMPLE 5

Pour une série de cuves de 100 000 ampères, identiques à celles des exemples 1 et 2, les valeurs du champ vertical dû à la file voisine en M et N, avec  $\ell = 7,40$  m et  $d = 1,80$  m sont respectivement (valeurs mesurées) :

$$e = 24,4. 10^{-4} \text{Tesla}$$

$$f = 18,9. 10^{-4} \text{Tesla}$$

on a :

10  $K = 0,522$  - d'après l'équation (12c)

$$m' = -0,0955. 10^{-4} \text{T}/1000 \text{ A}$$
 - d'après l'équation (13a)

$$F' = -0,284. 10^{-4} \text{T}/1000 \text{ A}$$
 - d'après l'équation (13b)

$$E' = -0,149. 10^{-4} \text{T}/1000 \text{ A}$$
 - d'après l'équation (13c)

D'où  $i'$ , intensité dans le conducteur de compensation, d'après l'équation (12a) ou (12b) = 226 A/1000 A  
 15 soit 22,6 % de I.

On vérifie qu'aux points M et N, on a bien :

$$B_z (M) = B_z (N) = 0$$

$$\text{En M} = - 9,6. 10^{-4} \text{T} - 15.10^{-4} \text{T} + 24,4. 10^{-4} \text{T} = 0$$

20  $\text{En N} = + 9,6. 10^{-4} \text{T} - 28,4. 10^{-4} \text{T} + 18,9 \times 10^{-4} \text{T} = 0$

EXEMPLE 6

Avec les mêmes cuves que dans les exemples 1 et 3, on a réduit la distance  $d$  à 1, 20 m (cette réduction n'est possible que si la disposition des cuves le permet). Il en résulte une diminution importante de l'intensité  
 25  $i$  dans le conducteur de compensation.

On a :

$$K = 0,41$$

$$m' = - 0,1184. 10^{-4} \text{T}/1000 \text{ A}$$

30  $F' = - 0,307. 10^{-4} \text{T}/1000 \text{ A}$

$$E' = - 0,126. 10^{-4} \text{T}/1000 \text{ A}$$

$$i' = 169 \text{ A}/1000 \text{ A} \text{ soit } 16,9 \%$$

On vérifie qu'aux points M et N, on a bien  $B_z (M) = B_z (N) = 0$

$$\text{En M} = - 11,8 - 12,6 + 24,4 = 0$$

35  $\text{En N} = + 11,8 - 30,7 + 18,9 = 0$

En conclusion :

Si l'on réalise une cuve dont le champ m' par 1000 ampères au point M est égal à  $\frac{0,5 f - e}{1,5 \cdot I (ka)}$  en  $10^{-4}T$ , on obtiendra un champ total  $B_z$  nul en uti-

5 lisant un conducteur de compensation parcouru par un courant i qui sera fonction de sa distance au bord extérieur de l'anode.

Lorsque l'on transforme une ancienne série, pour des raisons de sécurité électrique et d'encombrement, d sera voisin de 1,80 m et l'intensité i du conducteur de compensation sera dans ce cas de 22,6 % du courant I de la

10 série.

Dans le cas d'une série neuve d pourra être plus faible car il se situera dans un caniveau indépendant isolé de la série. Pour d = 1,20 le courant de compensation ne sera plus que 16,9 % du courant I.

15

Cette méthode permet donc de minimiser le coût d'investissement, et la consommation du conducteur de compensation.

20 Cette méthode de compensation va maintenant être combinée avec la méthode précédemment décrite, visant à rendre  $B_z$  (m) et  $B_y$  (o) nuls.

Cas n° 3 : Cuves à montée centrale (figure 5) alimentation du croisillon par la tête A sous une intensité  $\alpha i$  par les montées centrales sous une intensité  $(1 - \alpha) I$ . On tient compte de la file voisine

25 Dans ce cas, la condition  $B_{y0} = 0$  ne change pas car la file voisine et le conducteur de compensation étant sensiblement dans le plan du métal, ils n'ont pas d'action sur  $B_y$ . On a donc les mêmes équations que (2) et (5) du cas n° 1.

$$Z^2 + Y^2 + \mu z = 0 \tag{14}$$

30 avec  $\mu_1 = \mu = \frac{(1 - 0,5 \alpha) 2h}{k_1 \alpha}$  ou  $= \frac{(1 - 0,5 \alpha) 2h}{0,9 \alpha}$  (15)

Par contre, la condition  $B_z$  (M) est modifiée :

On a :

35  $b_z$  (M) croisillon +  $b_z$  (M) collecteur 1 +  $b_z$  (M) collecteur 2 = m

En reprenant le même calcul que dans le cas n° 1, on trouve :

$$\frac{z^2 - Y^2 + a^2}{(z^2 + Y^2 + a^2)^2 + 4a^2 z^2} = \frac{m' - \frac{k_1 a}{a^2 + h^2}}{(1 - 0,5\alpha)} \times \frac{1}{2a}$$

5 En posant :

$$v_1 = \frac{m' - \frac{k_1 a}{a^2 + h^2}}{(1 - 0,5\alpha) 2a} \text{ soit avec } k_1 = 0,9 = \frac{0,9\alpha \cdot a}{(a^2 + h^2) (1 - 0,5\alpha) 2a}$$

10 On a :

$$\frac{z^2 - Y^2 + a^2}{(z^2 + Y^2 - a^2)^2 + 4a^2 z^2} = v_1$$

15 En tirant la valeur de  $Y^2$  de l'équation (14), on obtient l'équation du 2ème degré :

$$(\mu_1^2 v_1 + 4a^2 v_1 - 2) z^2 - \mu_1 (1 - 2a^2 v_1) z + a^2 (v_1 a^2 - 1) = 0 \quad (16)$$

cette équation est identique à l'équation (5) du cas n° 1, sans file voisine, avec un nouveau coefficient  $v_1$ . Elle permet de calculer Z que l'on reporte dans l'équation (14) pour obtenir Y.

20

EXEMPLE 7

On considère des cuves de 100 000 ampères identiques à celles des exemples 1 et 3, placées en deux files par bâtiment, avec une distance entre anode  $\ell = 7,40$  m et un conducteur de compensation placé à une distance

25  $d = 1,80$  m comme dans l'exemple 4.

On calcule de la même façon et avec les mêmes conventions pour  $\alpha$  :

TABLEAU 6

| $\alpha$ | $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} Y$ en m | Z en m |
|----------|---|--------|
| 0,182    | 3,83  | - 0,78 |
| 0,273    | 3,26  | - 0,92 |
| 0,364    | 2,76  | - 0,96 |
| 0,455    | 2,31  | - 0,92 |
| 0,546    | 1,90  | - 0,81 |

30

Sur la figure 13, la courbe 1 en pointillés correspond à la solution du cas n° 1, la courbe 2 en trait plein, correspond à la solution tenant compte de la file voisine. On constate que, pour des raisons pratiques et économiques, on choisira  $\alpha$  compris entre 0,35 et 0,50.

5

EXEMPLE 8

On considère des cuves de 200 000 ampères, identiques à celles des exemples 1 et 3, mais placées en deux files par bâtiment, avec une distance entre anodes  $l = 7,40$  m et un conducteur de compensation placé à une distance de 1,80 m comme dans l'exemple 5.

On obtient de la même façon, les valeurs de  $y$  et  $z$  qui sont reportées sur le diagramme, figure 14.

TABEAU 7

15

| $\alpha$ | $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} Y$ | Z      |
|----------|--|--------|
| 0,091    | 5,01                                   | - 0,62 |
| 0,182    | 4,24                                   | - 0,92 |
| 0,273    | 3,54                                   | - 1,10 |
| 0,364    | 2,92                                   | - 1,10 |
| 0,455    | 2,35                                   | - 0,96 |

20

25 Cas n° 4 : Cuves classiques (figure 6) comportant un croisillon à alimentation par la tête amont (A) sous une intensité  $\alpha I$  et par la tête aval (B), sous une intensité  $(I - \alpha) I$ .

On tient compte de la file voisine.

Le calcul est identique à celui du cas n° 1, mais les intensités équivalentes du croisillon et des collecteurs négatifs étant différents, on aura de nouvelles valeurs pour les coefficients  $\mu$  et  $\nu$ .

30

Réalisation de la condition  $B_y(\infty) = 0$

$$\mu'_1 = \frac{(1,5 - \alpha) 2h}{k_1 (2\alpha - 1)} \quad \text{ou} \quad \frac{(1,5 - \alpha) 2h}{0,9 (2\alpha - 1)} \quad (17)$$

35

$B_y$  n'étant pas influencé par la file voisine, ni par le conducteur de

compensation situé dans le plan xOy du métal, on a :

$$Y^2 + Z^2 + \mu'_1 Z = 0 \tag{18}$$

Réalisation de la condition  $B_z (M) : 0$

La nouvelle valeur de  $v'_1$  est :

5

$$v'_1 = \frac{m' - \frac{(2\alpha - 1) k_1 a}{a^2 + h^2}}{(1,5 - \alpha) 2a} \text{ soit (avec } k_1=0,9) : \frac{m' - \frac{0,9(2\alpha - 1)a}{a^2 + h^2}}{(1,5 - \alpha) 2a}$$

10 L'équation (19) donnant z est la même que (16) avec les nouvelles valeurs de  $\mu'_1$  et  $v'_1$  :

$$(\mu'_1 v'^2_1 + 4a^2 v'_1 - 2) Z^2 - \mu'_1 (1 - 2a^2 v'_1) Z + a^2 (v'^2_1 - 1) = 0 \tag{19}$$

EXEMPLE 9

15 On considère des cuves classiques (figure 6) de 100 000 ampères, identiques à celles de l'exemple 4, placées en deux files, dans le même bâtiment, avec une distance entre anodes,  $\ell = 7,40$  m et un conducteur de compensation placé à une distance  $d = 1,80$  m (comme dans l'exemple 5). On obtient, de la même façon, que dans les cas précédents, les valeurs de Y et Z :

20

TABLEAU 8

| $\alpha$ | $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} Y$ | Z      |
|----------|--|--------|
| 0,546    | 4,50                                   | - 0,50 |
| 0,636    | 3,33                                   | - 0,97 |
| 0,727    | 2,36                                   | - 0,97 |

25

qui sont reportées sur le diagramme, figure 15.

30

CONCLUSION

Il résulte de ces différents exemples, compte-tenu des considérations pratiques et économiques qui conduisent à ne pas faire passer les conducteurs à une distance exagérée de la cuve ni à son contact direct, que pour la mise en oeuvre de l'invention l'on choisira le coefficient

0003712

$\alpha$  de répartition du courant ; égal ou inférieur à 0,55 dans le cas de cuves alimentées par une tête et au moins une montée centrale de chaque côté, et de préférence, compris entre 0,45 et 0,55, égal ou inférieur à 0,75 dans le cas de cuves classiques alimentées par les deux têtes, et  
5 de préférence, compris entre 0,75 et 0,65.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réduction des perturbations magnétiques dans les séries de cuves d'électrolyse à haute intensité pour la production d'aluminium, disposées en long, chaque cuve étant alimentée en courant à partir de celle qui la précède à la fois par la tête amont sous une fraction  $\alpha$  de l'intensité, et par au moins un autre point situé entre la tête amont et la tête aval incluse, sous la fraction  $(1 - \alpha)$  de l'intensité, caractérisé en ce que l'on annule la composante horizontale longitudinale  $B_y$  du champ magnétique au centre de la cuve et qu'on rend antisymétrique la composante vertical  $B_z$  du champ magnétique par rapport à l'axe Oy en disposant les conducteurs négatifs de façon qu'ils soient parallèles à l'axe Ox et passent sensiblement par les points de coordonnées Y et Z satisfaisant les deux relations :

$$Y^2 + Z^2 + \mu Z = 0$$

$$(\mu^2 \nu + 4a^2 \nu - 2) Z^2 - \mu (1 - 2a^2 \nu) Z + a^2 (\nu a^2 - 1) = 0$$

15 dans lesquelles  $\mu$  et  $\nu$  sont des coefficients indépendants de l'intensité et dépendant uniquement de la demi-largeur "a" du système anodique de la hauteur "h" du croisillon au-dessus du plan cathodique de référence xOy, et de la fraction  $\alpha$  de l'intensité alimentant la tête amont de chaque cuve.

20 2. Procédé de réduction des perturbations magnétiques dans les séries de cuves d'électrolyse à haute intensité selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on annule, en outre, le gradient vertical de la composante horizontale du champ magnétique au centre de la cuve  $\frac{dB_y}{dz}$  en déterminant les coordonnées Y et Z des conducteurs négatifs de façon qu'elles satisfassent au moins approximativement, à une troisième relation :

$$\frac{Y^2 - Z^2}{(Y^2 + Z^2)^2} = \frac{1}{\mu h}$$

30 3. Procédé de réduction des perturbations magnétiques dans les séries de cuves d'électrolyse à haute intensité selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, pour une cuve alimentée en courant par les deux têtes, la tête amont recevant une fraction  $\alpha$  du courant total, les

les coefficients  $\mu$  et  $\nu$  permettant de fixer la position des conducteurs négatifs, sont déterminés par les relations :

$$\mu = \frac{(1,5 - \alpha) 2h}{0,9 (2\alpha - 1)}$$

5

$$\nu = \frac{-0,9 (2\alpha - 1)}{2(a^2 + h^2) (1,5\alpha)}$$

4. Procédé de réduction des perturbations magnétiques dans les séries de  
10 cuves d'électrolyse à haute intensité, selon les revendications 1 à 3,  
caractérisé en ce que, pour une cuve alimentée en courant par la tête  
amont et au moins une montée centrale, de chaque côté, la tête amont rece-  
vant une fraction  $\alpha$  du courant total, les coefficients  $\mu$  et  $\nu$  permettant  
de fixer le position des conducteurs négatifs sont déterminés par les  
15 relations :

$$\mu = \frac{(1 - 0,5\alpha) 2h}{0,9 \alpha}$$

$$\nu = \frac{- 0,9\alpha}{2(a^2 + h^2) (1 - 0,5\alpha)}$$

20

5. Procédé de réduction des perturbations magnétiques dans les séries de  
cuves d'électrolyse à haute intensité selon l'une quelconque des revendi-  
cations précédentes, caractérisé en ce que l'on choisit le coefficient  $\alpha$   
de répartition du courant :

25 - égal ou inférieur à 0,55 et de préférence compris entre 0,45 et 0,55  
dans le cas de cuves alimentées par la tête amont et au moins une montée  
centrale de chaque côté,  
- égal ou inférieur à 0,75 et de préférence compris entre 0,75 et 0,65  
dans le cas de cuves classiques alimentées par les deux têtes.



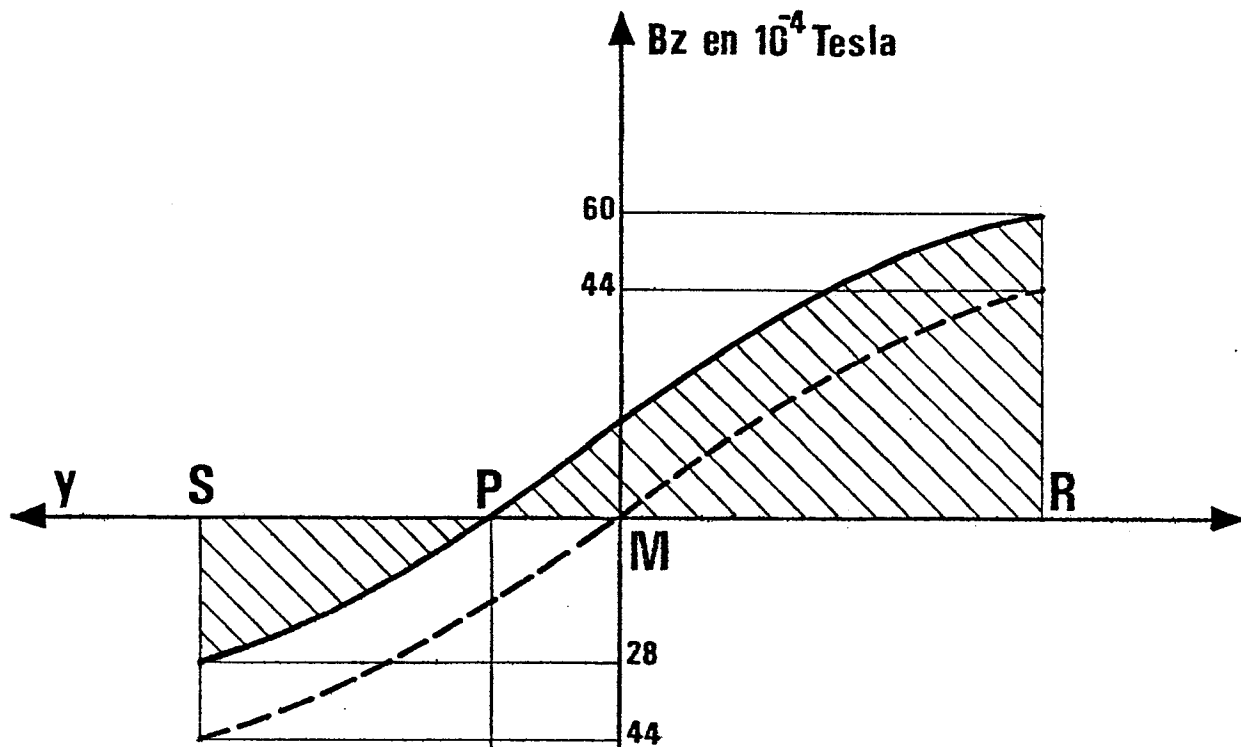


FIG.3

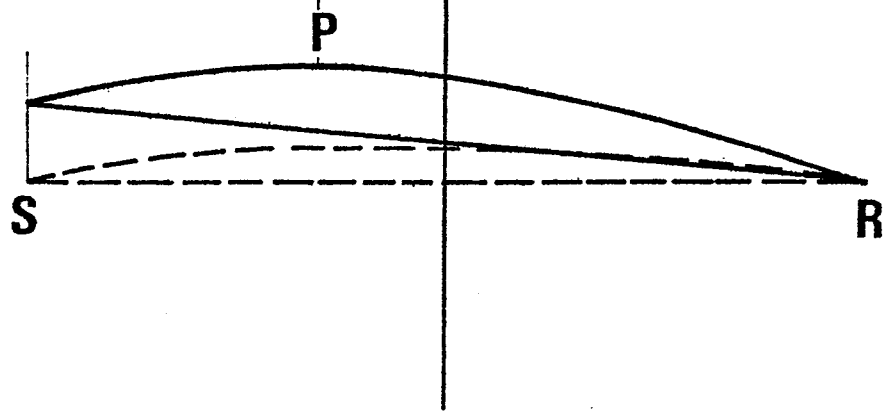
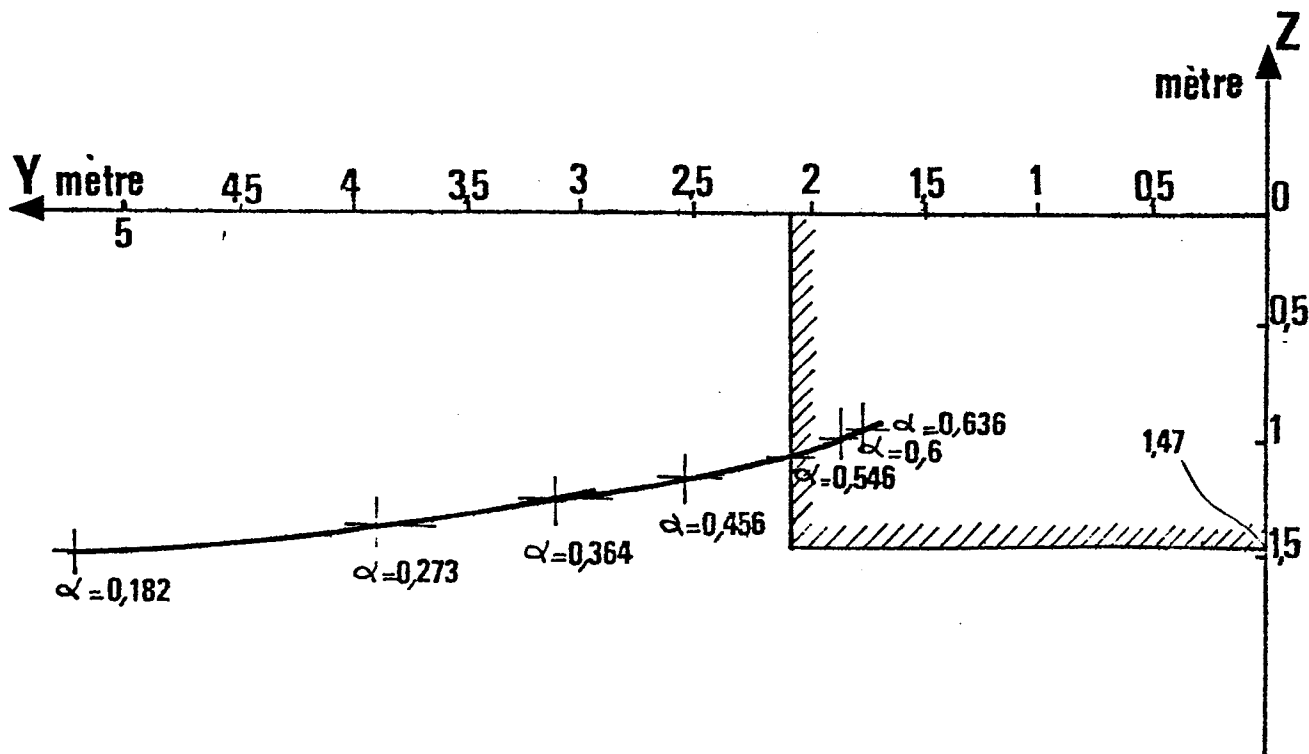
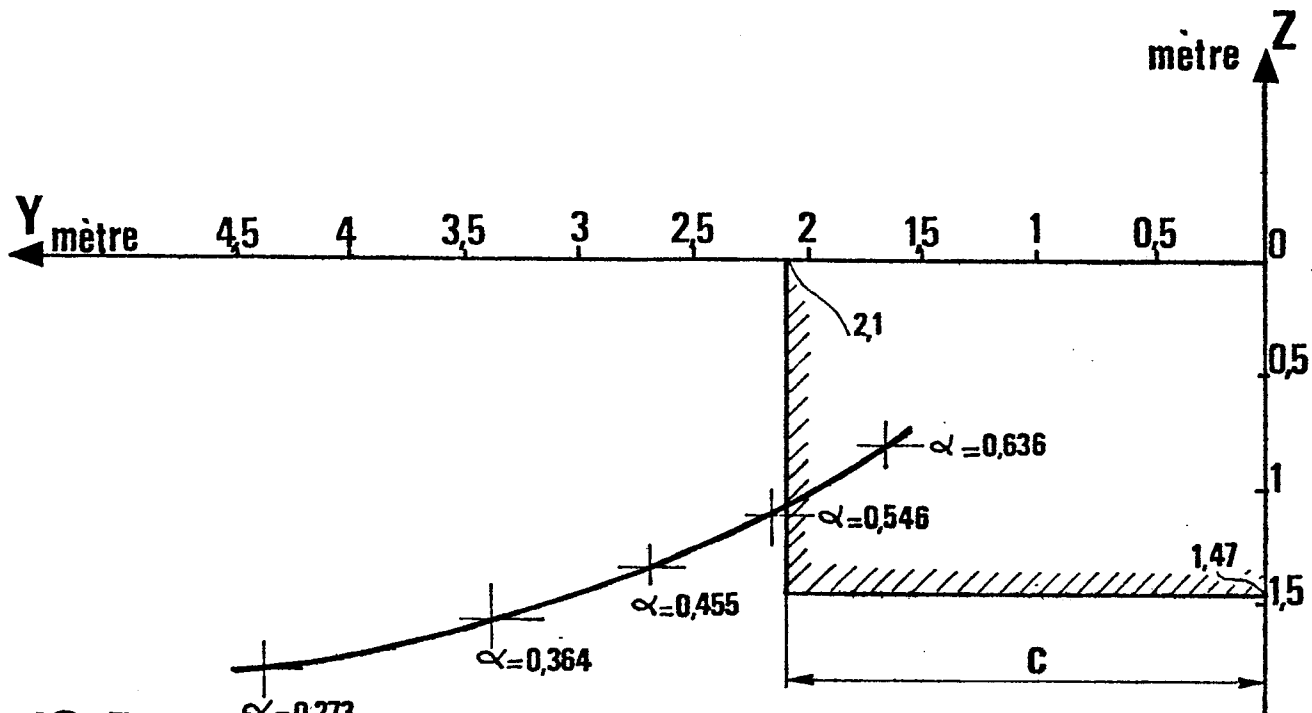


FIG.4





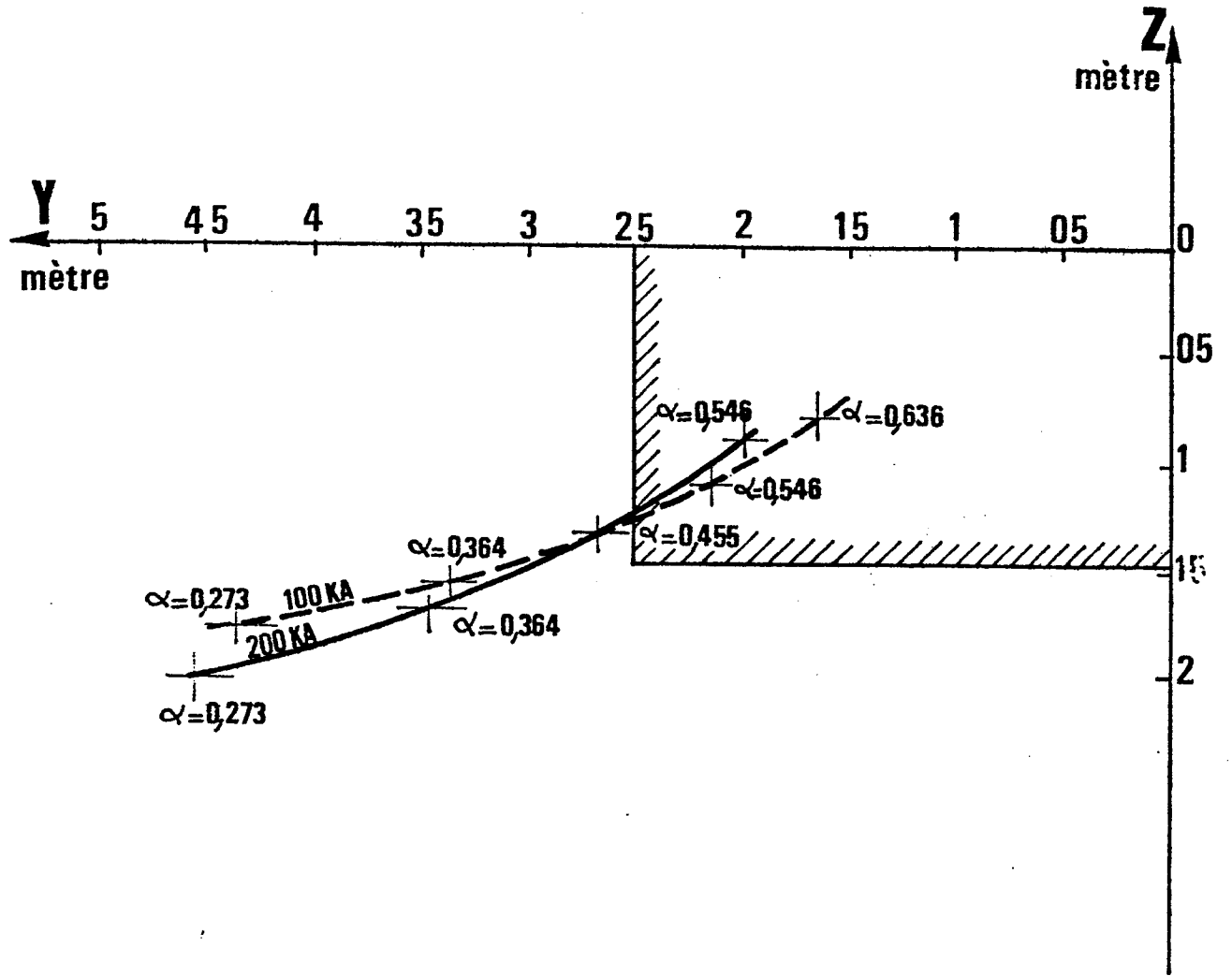


FIG.9

FIG.10

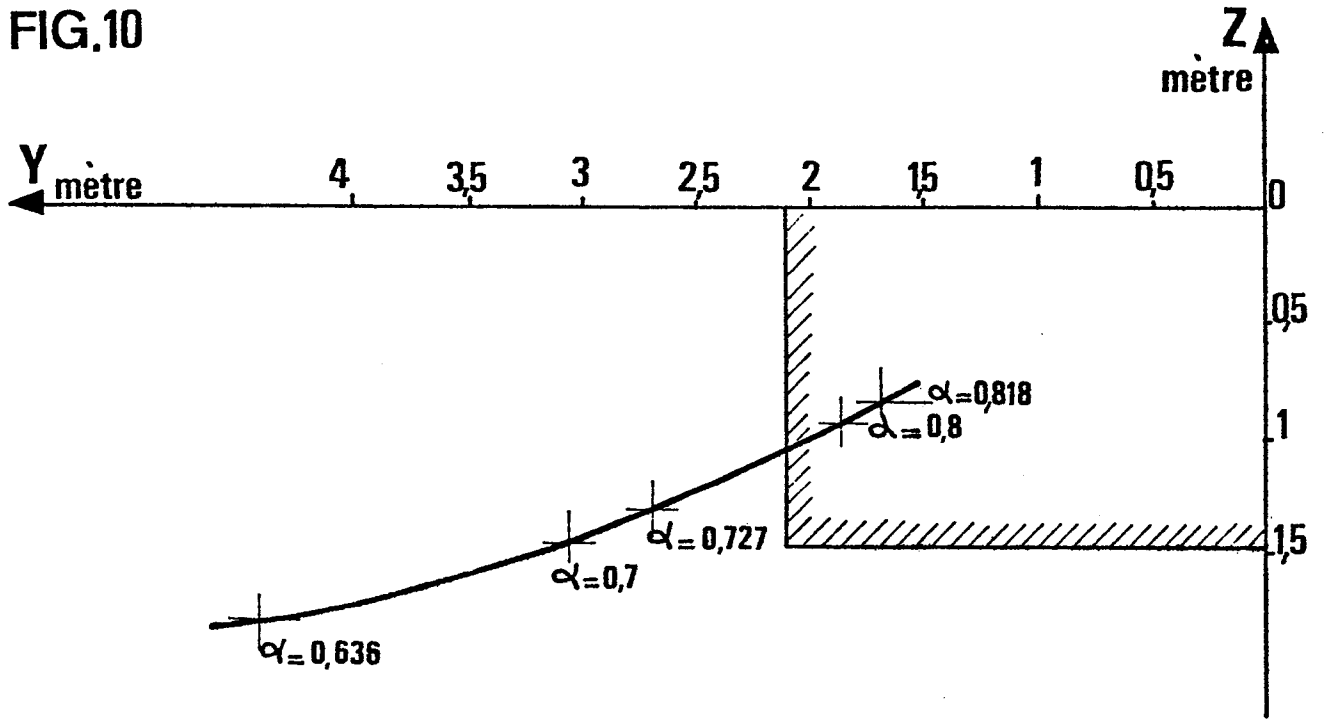
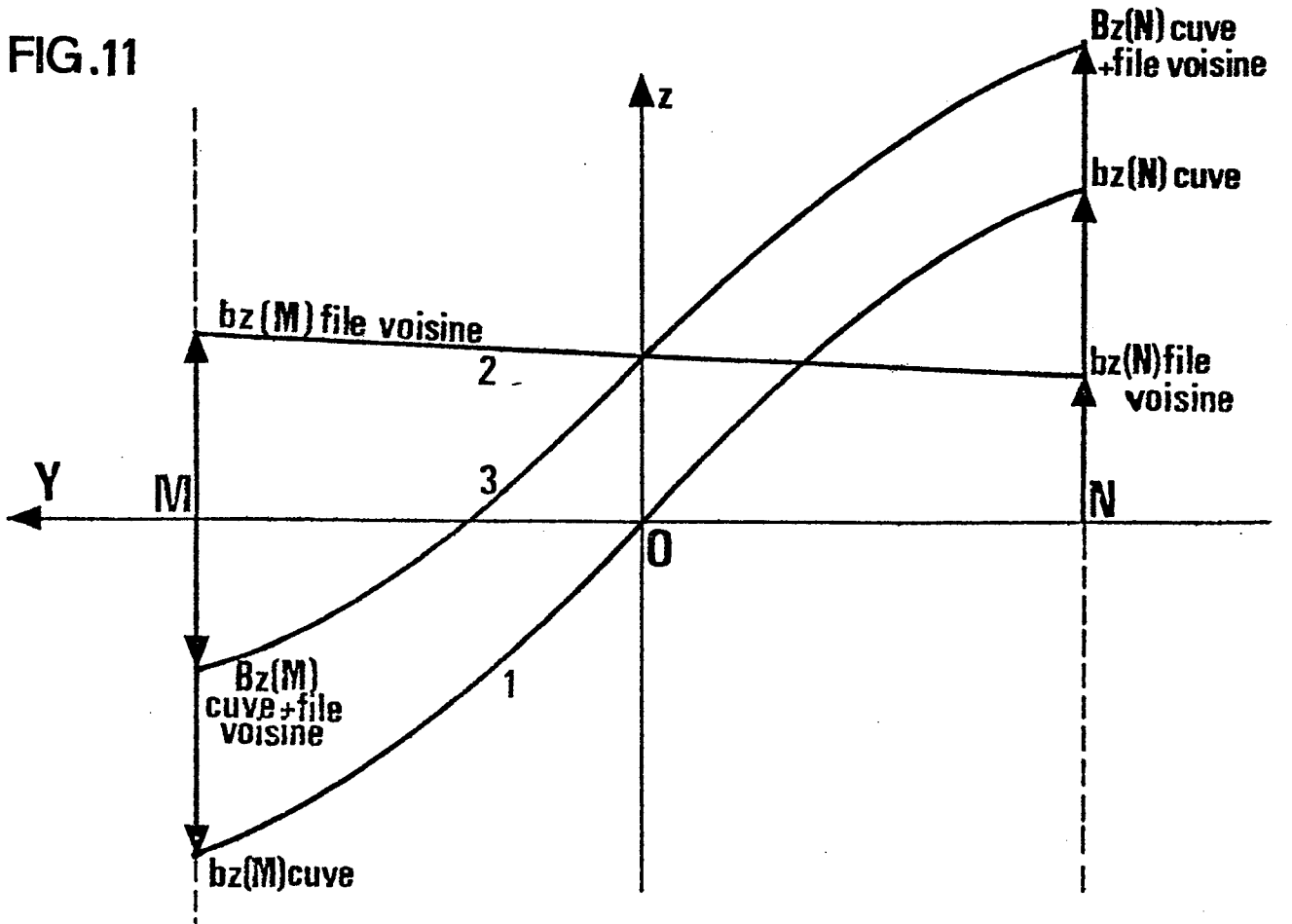


FIG.11



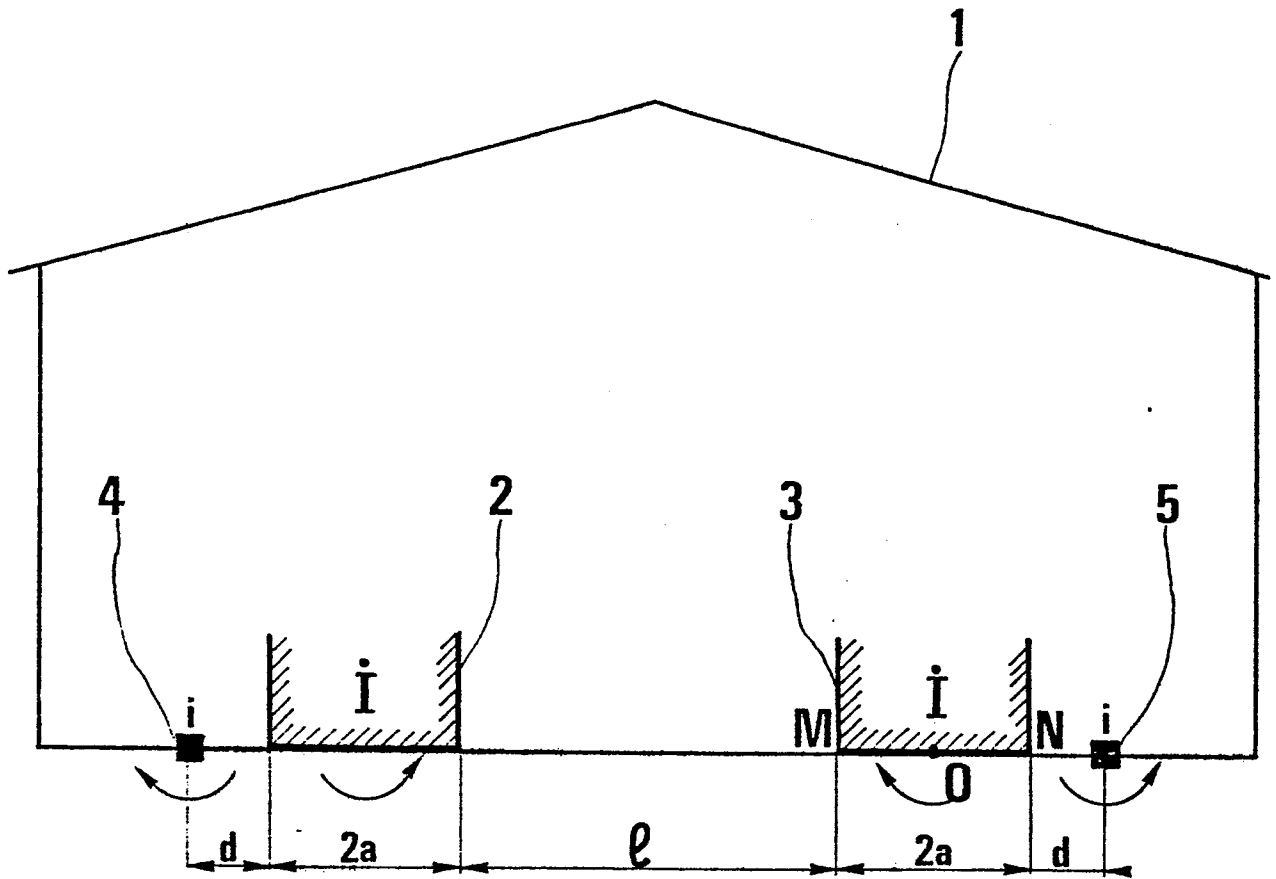


FIG.12

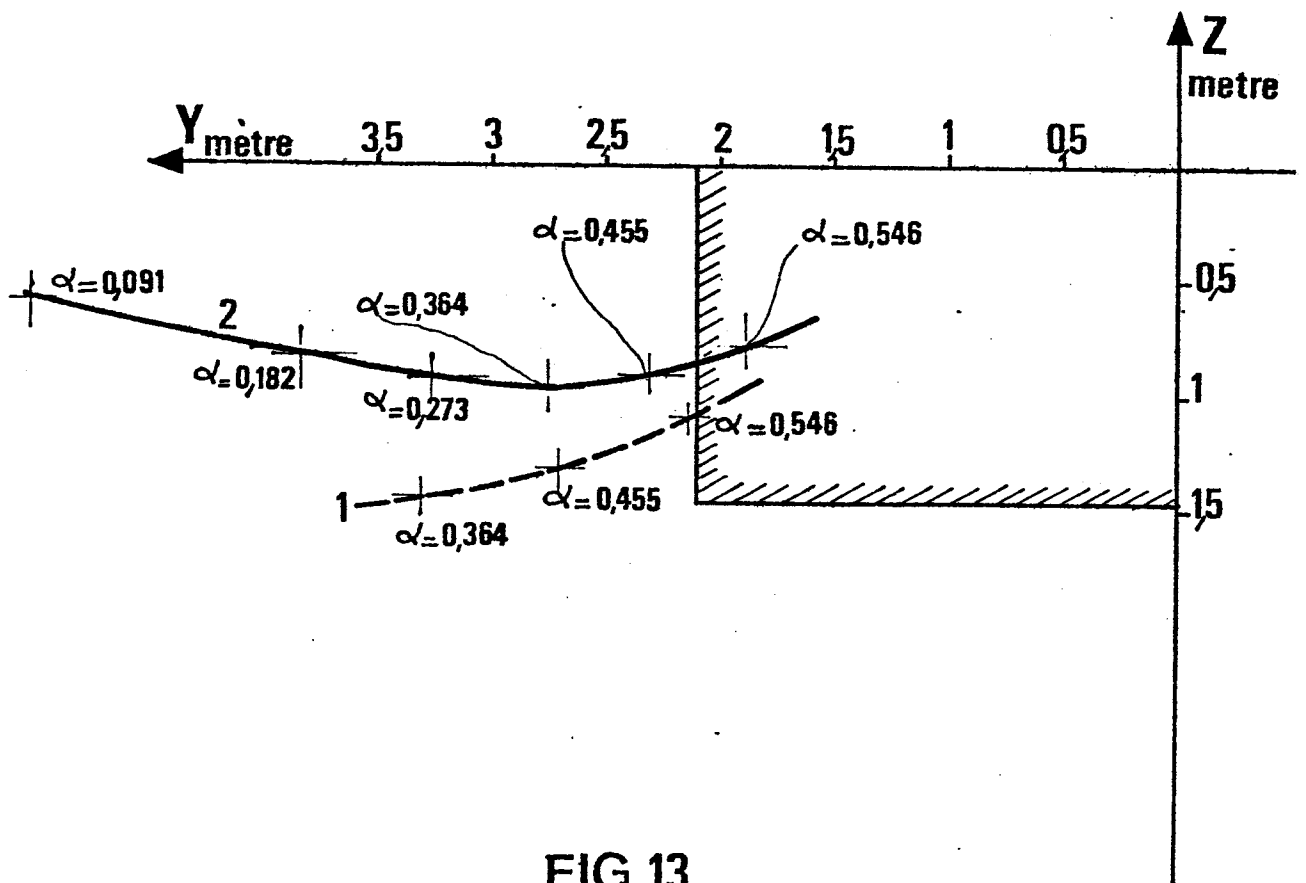
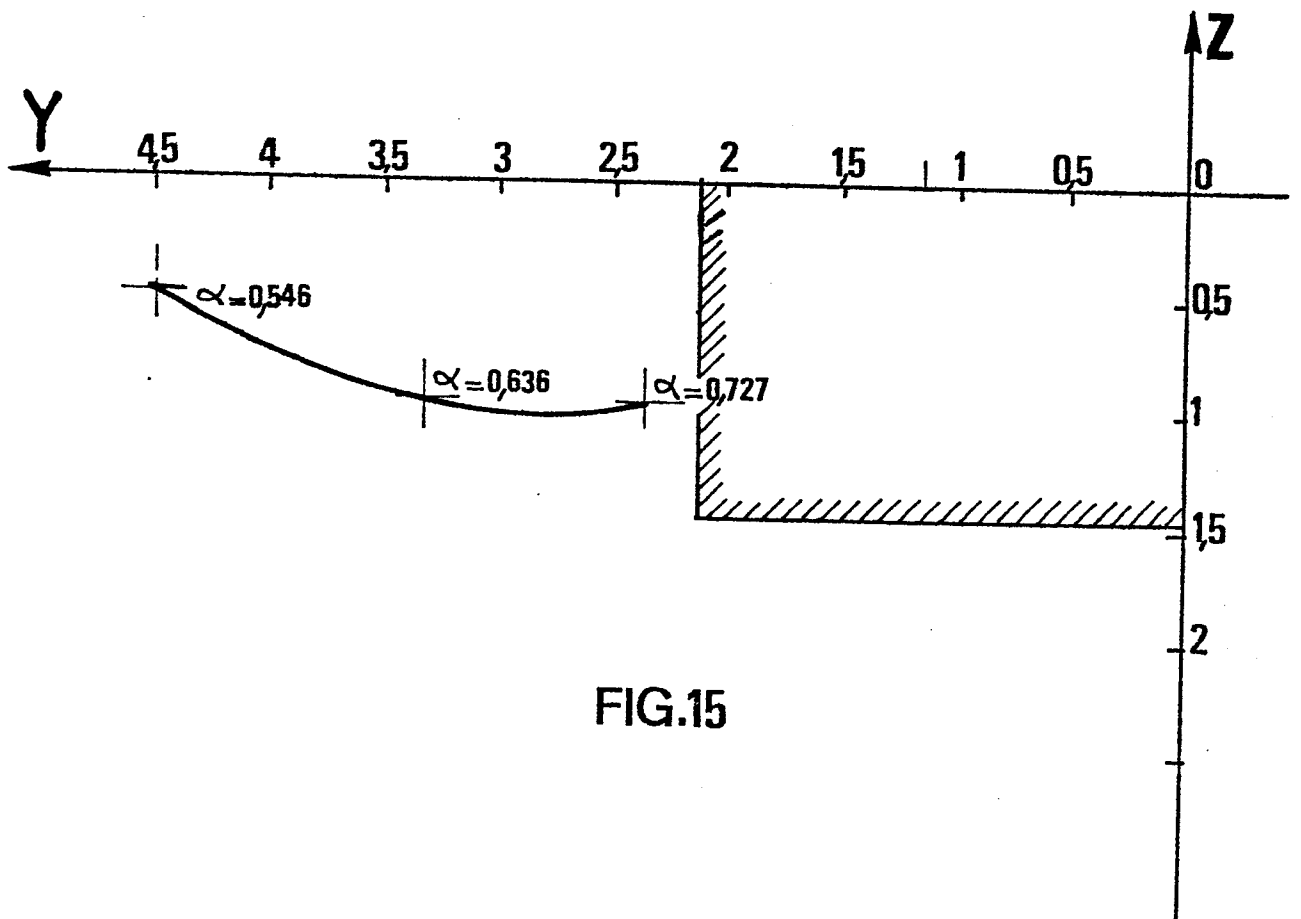
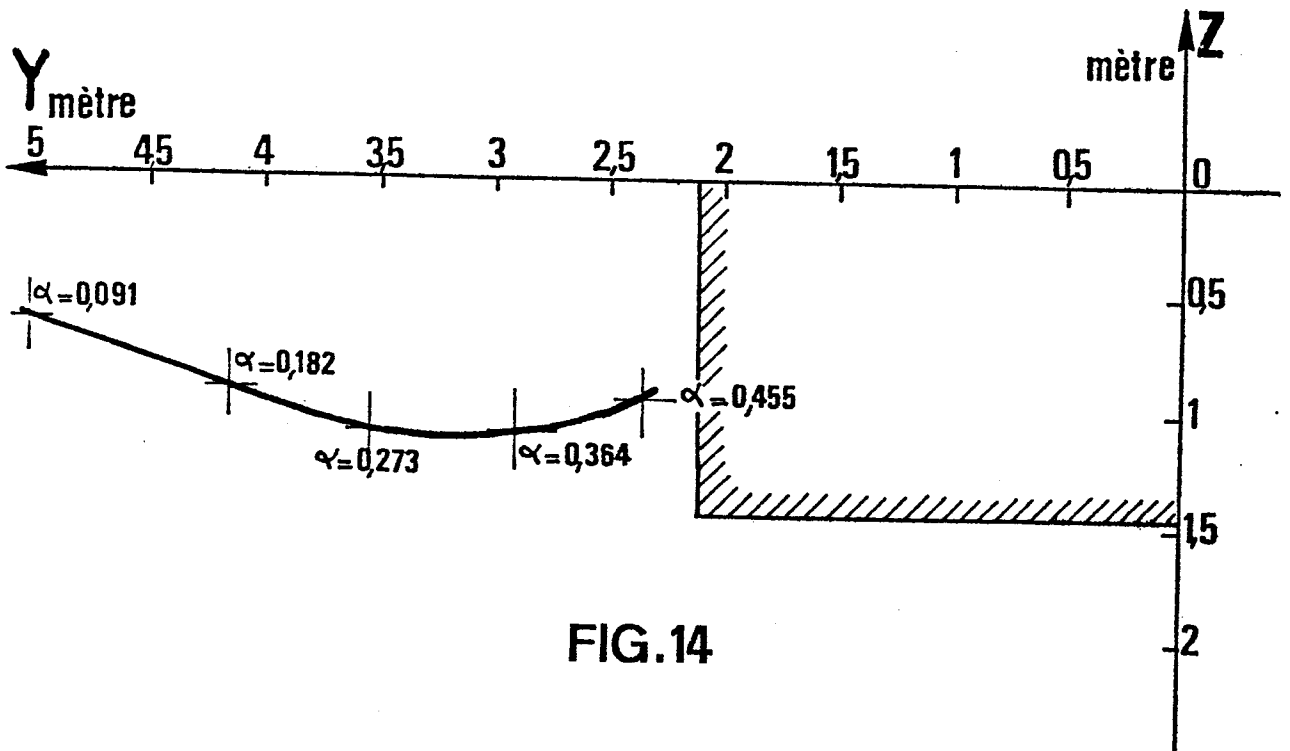


FIG.13





| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS   |   |   | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. <sup>2</sup> )   |
|---|---|---|---|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes                     | Revendication concernée                         |   |
| D   | FR - A - 1 586 867 (TSIPLAKOV)<br>* Page 2, lignes 1-9; page 3, lignes 11-26; page 4, lignes 3-12 * | 1,5   | C 25 C 3/16   |
|   | --  |   |   |
| A   | FR - E - 72 293<br>(FR - A - 1 164 362) (PECHINEY)  |   |   |
|   | ----  |   |   |
|   |   |   | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. <sup>2</sup> )   |
|   |   |   | C 25 C 3/16<br>3/06   |
|   |   |   | CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES   |
|   |   |   | X: particulièrement pertinent<br>A: arrière-plan technologique<br>O: divulgation non-écrite<br>P: document intercalaire<br>T: théorie ou principe à la base de l'invention<br>E: demande faisant interférence<br>D: document cité dans la demande<br>L: document cité pour d'autres raisons |
|   |   |   | &: membre de la même famille, document correspondant  |
| d Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications |   |   |   |
| Lieu de la recherche<br>La Haye   |   | Date d'achèvement de la recherche<br>04-05-1979 | Examineur<br>GROSELLER  |