

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt: 82401267.8

⑤① Int. Cl.³: **H 05 B 6/02**
H 05 B 6/06

⑳ Date de dépôt: 06.07.82

③① Priorité: 10.07.81 FR 8113689

④③ Date de publication de la demande:
19.01.83 Bulletin 83/3

⑧④ Etats contractants désignés:
BE CH DE GB IT LI LU

⑦① Demandeur: **CEM COMPAGNIE ELECTRO-MECANIQUE**
12, rue Portalis
F-75008 Paris(FR)

⑦② Inventeur: **Travers, Roger**
11 rue Pasteur
F-92290 Chatenay-Malabry(FR)

⑦② Inventeur: **Camus, Jean-Paul**
154 Boulevard du Maréchal Juin
F-78200 Mantes-la-Jolie(FR)

⑦② Inventeur: **Bronner, Jean-Claude**
28 Boulevard Bellerive
F-92500 Rueil-Malmaison(FR)

⑦④ Mandataire: **Rinuy, Guy et al,**
14, Avenue de la Grande Armée
F-75017 Paris(FR)

⑤④ **Procédé et dispositif de chauffage homogène par induction électromagnétique à flux transversal de produits plats, conducteurs et amagnétiques.**

⑤⑦ L'invention se rapporte à un procédé et un dispositif de chauffage homogène, par flux électromagnétique transversal, de produits minces conducteurs amagnétiques de dimensions variables.

Le procédé consiste à avoir recours à des moyens (A) permettant de créer un champ magnétique alternatif, appelés inducteurs, composés de conducteurs formant des boucles de courant; et à régler les intensités parcourant ces conducteurs, au moins pour une partie d'entre elles, indépendamment les unes des autres. Le dispositif comprend, outre les moyens (A) et suivant les cas, des moyens (B) permettant de connaître la position du produit, des moyens (C) permettant de définir la montée en température, des moyens (D) permettant de connaître la température du produit, un calculateur (E) déterminant les intensités à faire circuler et un dispositif régulateur (G).

L'invention s'applique au chauffage par induction de produits minces conducteurs amagnétiques de dimensions variables.

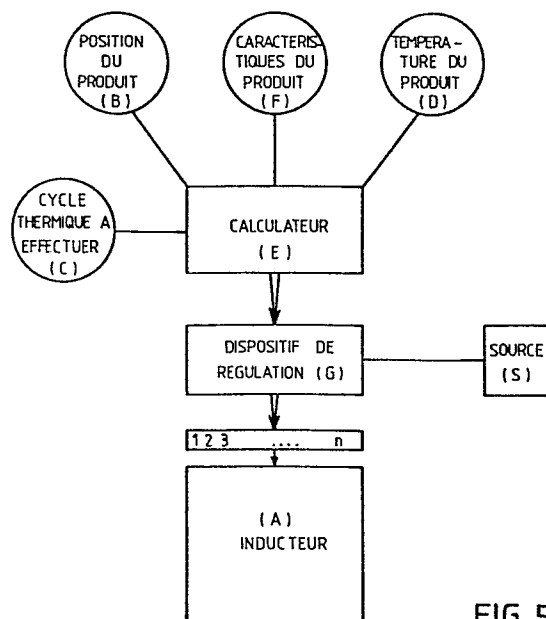


FIG. 5

"Procédé et dispositif de chauffage homogène par induction électromagnétique à flux transversal de produits plats, conducteurs et amagnétiques".

La présente invention se rapporte à un procédé et un dispositif de chauffage homogène, par flux électromagnétique transversal, de produits minces conducteurs amagnétiques de dimensions variables.

5 On connaît des procédés et dispositifs de chauffage par induction électromagnétique à flux transversal de produits minces n'assurant une relative homogénéité du chauffage que par le défilement du produit, ce qui réduit les applications à de la bande.

10 De plus, dans un premier cas connu, le réglage en fonction de la largeur est réalisé mécaniquement. Les différences de température engendrées en cours de chauffage sont importantes et peuvent entraîner des déformations du produit. Dans d'autres cas connus, il n'y a pas de réglage de l'homogénéité du chauffage en largeur.

15 Le but principal de l'invention consiste à chauffer de façon homogène, un produit plat à l'arrêt, ayant deux dimensions finies quelles que soient ces dimensions, par exemple dans le cadre d'une gamme de fabrication de tôles.

20 Des simplifications sont prévues pour permettre de s'adapter, judicieusement, à un déplacement de la tôle ou au cas d'une bande par exemple.

25 Le chauffage est obtenu suivant le principe de l'induction électromagnétique à flux transversal s'appliquant aux produits conducteurs et amagnétiques.

30 La présente invention vise plus particulièrement un procédé de chauffage par induction électromagnétique à flux transversal de produits plats conducteurs amagnétiques en vue d'obtenir une homogénéité de température, caractérisé en ce qu'il consiste :

. à engendrer dans le produit des courants se refermant à l'intérieur de mailles élémentaires de courant juxtaposées ; et

35 . à définir des mailles d'hétérogénéité locale de chauffage composées, chacune, d'au moins une desdites mailles élémentaires ; et

. à régler l'intensité de chacun des courants en fonction du volume de la maille d'hétérogénéité locale auxquels ils correspondent de manière que la valeur moyenne de la puissance volumique dissipée dans chaque
5 maille d'hétérogénéité locale soit la même dans tout le produit.

Le procédé selon l'invention consiste également :

. à avoir recours à des moyens permettant de créer un champ magnétique alternatif, appelés inducteurs,
10 composés de conducteurs formant des boucles de courant ; et
. à régler les intensités parcourant ces conducteurs, au moins pour une partie d'entre elles, indépendamment les unes des autres, le réglage des unes par rapport aux autres étant fonction de l'une au moins des
15 dimensions du produit.

Le procédé selon l'invention consiste également suivant les cas :

. à déterminer la position du produit par rapport à l'inducteur et, en particulier, celle de ses frontières
20 . à définir la montée en température à effectuer ;
. à disposer d'un calculateur ;
. à fournir les résultats desdites déterminations au calculateur, lequel élabore les valeurs des intensités à faire circuler dans les différents pôles des inducteurs
25 en fonction des caractéristiques du produit et du chauffage désirée ;
. à réguler, à partir des valeurs des intensités calculées, et à partir d'une source dont la fréquence peut être variable, les intensités dans chaque pôle ou
30 groupe de pôles d'inducteurs.

L'invention vise également un dispositif de chauffage par induction électromagnétique à flux transversal alternatif de produits plats conducteurs et aimantiques en vue d'obtenir une homogénéité de température,
35 comportant au moins un inducteur composé de conducteurs formant un réseau de boucles de courant et un circuit magnétique renforçant l'efficacité du dispositif, lequel dispositif met en oeuvre le procédé selon l'invention

et se caractérise en ce qu'il comprend, en outre et suivant les cas :

. des moyens permettant de connaître la position du produit par rapport à l'inducteur et, en particulier, celle de ses frontières ;

. des moyens permettant de définir la montée en température à effectuer ;

. des moyens permettant de connaître la température du produit ;

. des moyens reliés aux précédents permettant de déterminer les intensités à faire circuler dans les différentes boucles des inducteurs en fonction des caractéristiques du produit et du chauffage désiré ;

. des moyens reliés éventuellement à ces derniers et aux inducteurs aptes à créer les intensités ainsi déterminées.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description qui va suivre faite en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective partielle d'une forme de réalisation de l'invention d'un dispositif de chauffage constitué par deux inducteurs disposés de part et d'autre du produit à chauffer ;

- les figures 2 et 3 sont des vues en plan des bobinages de l'un de ces inducteurs, respectivement sans le produit et avec le produit ;

- la figure 4 est une vue en perspective de ces bobinages associés à un circuit magnétique de fermeture de flux magnétique ;

- les figures 5 et 5A sont des organigrammes de fonctionnement de dispositifs selon l'invention ;

- les figures 6 et 7 sont des vues en plan d'une forme de réalisation d'un inducteur adapté au chauffage de bande, respectivement sans produit et avec produit ;

- la figure 8 est un schéma explicatif d'une régulation appropriée à la forme de réalisation des figures 6 et 7.

Le procédé conforme à l'invention consiste en la génération, dans le produit, de courants (m) se refermant à l'intérieur de mailles, les dimensions et les formes de ces mailles de courant résultant de variations spatiales du champ magnétique alternatif auquel le produit est soumis, les intensités des courants dans chaque maille étant telles que la valeur moyenne de la puissance volumique dissipée dans chaque maille est la même dans tout le produit.

10 L'homogénéité locale, au niveau de chaque maille, est assurée par la conduction et dépend directement de la taille de la maille.

Les frontières (bouts et rives) ne sont, en général, pas compatibles avec une répartition spatiale donnée du champ magnétique, les dimensions des produits traités étant variables ou la dilatation due au chauffage entraînant une variation sensible de ces dernières. Sur les frontières les mailles élémentaires engendrées ne sont pas toujours celles qui existent dans le cas d'un produit infini.

20 Pour un même courant d'excitation (b) la puissance volumique moyenne dissipée dans une de ces mailles de frontière est différente de celle qui serait dissipée pour un produit infini. Certaines mailles proches des mailles de frontière peuvent être perturbées.

Pour un produit infini la maille d'hétérogénéité locale de chauffage se confond toujours avec la maille élémentaire de courant induit (m).

Selon le procédé, pour obtenir la même valeur moyenne de la puissance volumique de chauffage dans les mailles élémentaires de frontière que dans le reste du produit, on définit une maille d'hétérogénéité locale de frontière constituée par une ou plusieurs mailles élémentaires juxtaposées. Le réglage de la puissance dissipée s'effectue par le réglage de l'intensité des boucles de courant (b) faisant face à cette maille d'hétérogénéité locale alors définie.

Suivant un cas particulier, chaque maille d'hétérogénéité locale de chauffage s'identifie à une maille élémentaire.

5 Les boucles de courant de l'inducteur ne faisant pas face au produit sont éteintes.

Le dispositif de mise en oeuvre du procédé selon l'invention comprend :

10 . nécessairement des moyens (A) permettant de créer un champ magnétique alternatif, appelés inducteurs, composés de conducteurs formant des boucles de courant parcourus par des intensités réglables, et de circuits magnétiques renforçant l'efficacité du dispositif ; et, suivant les cas :

15 . des moyens (B) permettant de connaître la position du produit par rapport à l'inducteur et, en particulier, celle de ses frontières ;

. des moyens (C) permettant de définir la montée en température à effectuer ;

20 . des moyens (D) permettant de connaître la température du produit ;

. des moyens (E) reliés aux précédents permettant de déterminer les intensités à faire circuler dans les différentes "boucles" des inducteurs en fonction des caractéristiques du produit (F) et du chauffage désiré ;

25 . des moyens (G) reliés éventuellement à ces derniers et aux inducteurs aptes à créer les intensités ainsi déterminées.

Dans une forme préférée de réalisation de l'invention, le dispositif de chauffage est constitué par 30 deux inducteurs identiques horizontaux (A1 et A2) se faisant face, disposés de part et d'autre du produit (F) à chauffer (figure 1). Chacun des inducteurs est constitué de bobinages conducteurs (1) de forme carrée, identiques, disposés régulièrement suivant un pas polaire identique dans deux 35 directions orthogonales. Dans chacune de ces directions, à chaque instant, les boucles de courant (b) ainsi formées constituent une succession de pôles magnétiques Nord et Sud alternés (figures 2 et 3). La fermeture des flux

magnétiques, permettant le renforcement de l'efficacité du dispositif, est assurée par un circuit magnétique (2), éventuellement en feuilleté. Cette fermeture peut s'effectuer suivant l'une des directions précédemment citées
5 ou les deux, selon les cas. La fermeture dans une seule direction permet un réglage plus simple de la variation du profil du champ dans la direction orthogonale, les interactions entre pôles de deux lignes parallèles à la direction de fermeture étant plus faibles (figure 4).

10 La taille du pôle est déterminée en fonction de la puissance volumique maximale de chauffage à obtenir, de la conductivité thermique du produit et de la différence de température maximale admissible dans le produit en cours de chauffage. Les différences de température dans
15 le produit peuvent cependant être réduites, en fin de chauffage, par une diminution de la puissance volumique à laquelle elles sont, au premier ordre, proportionnelles.

La fréquence d'alimentation du dispositif répond à deux objectifs :

- 20 . amélioration sensible du rendement dans le cas où la fréquence industrielle n'est pas adoptée ;
- . sustentation électromagnétique des produits traités, pouvant être d'épaisseur, de résistivité et de masse volumique différentes. Une adaptation de la fré-
- 25 quence peut alors être nécessaire pour tenir compte des variations de ces différents paramètres.

La variation du champ magnétique décrite précédemment réalise, de surcroît, un maintien stable du produit entre les inducteurs.

30 Le déplacement du produit par rapport aux inducteurs peut être obtenu par une variation du profil de champ magnétique (réduction d'intensité dans le sens du déplacement) ou par l'adjonction d'enroulements permettant de constituer un moteur linéaire triphasé, dispositifs
35 connus en eux-mêmes.

La position du produit par rapport aux inducteurs est connue, par exemple à partir de sa position d'entrée et des déplacements effectués.

A partir de la position du produit (B figure 5), en particulier celle de sa frontière par rapport aux pôles de l'inducteur, et des caractéristiques du produit (F), un calculateur (E) élabore les valeurs des intensités devant parcourir les pôles pour obtenir une homogénéité de chauffage. Ces intensités sont sensiblement égales sur la majeure partie du produit ; elles ne sont différentes que pour les pôles proches de la frontière du produit. Dans le cas de produits beaucoup plus longs que larges, la réalisation peut être simplifiée en ne réglant les intensités que par rangées de pôles parallèles à la grande largeur, les variations relatives d'intensité ne concernant que deux ou trois rangées de chaque côté du produit.

A partir des valeurs des intensités calculées, un dispositif (G) régule, à partir d'une source (S) dont la fréquence peut être variable, les intensités dans chaque pôle ou groupe de pôles.

La montée en température souhaitée peut être obtenue à partir d'une consigne de température (C) et d'une mesure de température (D) du produit que l'on compare et qui constitue une entrée du calculateur (E).

Dans une autre forme de réalisation (figure 5A), un générateur de fonction élabore la fonction température moyenne du produit par rapport au temps, le calculateur (E) compare alors cette consigne de température (C) à la température calculée, par intégration du chauffage déjà réalisé pour délivrer les consignes d'intensité permettant de respecter la fonction désirée.

Un complément consiste à comparer la température calculée à une mesure de température réelle du produit et donc d'effectuer un contrôle, donc d'éviter des dérives lentes, ou de réaliser une auto-adaptation du modèle mathématique employé par le calculateur.

Dans une forme de réalisation de l'invention plus adaptée au chauffage de bande, les inducteurs sont constitués par des pôles (3) de forme allongée (figures 6 et 7) qui sont, à un instant donné, alternativement nord

et sud.

A la sortie des inducteurs (figure 8), un capteur de température (4) disposé face à chacun des pôles, permet la régulation du courant du pôle correspondant en fonction d'une consigne de température (C). On tient
5 compte ainsi, implicitement, des variations de largeur et de position du produit. Les pôles ne faisant pas face au produit sont éteints.

Une variante de réalisation consiste à utiliser,
10 à la place des capteurs de température, un calculateur permettant de déterminer les différentes intensités pour obtenir un profil de chauffage transversal correct et de réguler le niveau global des intensités par un seul capteur de température.

15 Il est bien entendu, enfin, que la présente invention n'a été décrite et représentée qu'à titre d'exemple préférentiel et que l'on pourra apporter des équivalences dans ses éléments constitutifs sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

20 Dans une forme préférée de réalisation, les produits traités sont rectangulaires. La longueur et la largeur du produit constituent des entrées du calculateur principal. L'axe principal du produit étant parallèle au dispositif de chauffage, la connaissance de la
25 position de l'un des points du produit, par exemple le centre, par rapport au dispositif de chauffage permet de déterminer de façon complète la position du produit (en particulier celle de ses frontières) par rapport à l'inducteur.

30 Pour cela, à son arrivée, le produit est disposé symétriquement par rapport à deux axes perpendiculaires connus. Le déplacement du produit s'effectue par l'extinction successive de rangées de pôles adjacentes, donc pas à pas, d'une distance égale à un pas polaire.
35 Un compteur est incrémenté à chaque extinction et donne donc la position du centre à chaque instant.

L'élévation de température du produit est, par exemple, connue par intégration en fonction du temps, du quotient puissance volumique (déterminée par le calculateur) chaleur massique à la température considérée.

- 5 Elle peut être vérifiée par une mesure de température du produit grâce à un thermomètre à griffe.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de chauffage par induction électromagnétique à flux transversal de produits conducteurs plats et minces, de dimensions variables, en vue d'obtenir en
5 particulier une homogénéité de température tant transversale que longitudinale, aussi bien en frontière que dans le reste du produit considéré, caractérisé en ce qu'il consiste :

. à engendrer dans le produit des courants (m) se
10 refermant à l'intérieur de mailles de courant élémentaires, juxtaposées, dans deux directions;

. à définir des mailles d'hétérogénéité locale de chauffage composées, chacune, d'au moins une desdites mailles élémentaires; et

15 . à régler l'intensité de chacun des courants en fonction du volume de la maille d'hétérogénéité locale auquel ils correspondent, de manière que la valeur moyenne de la puissance volumique dissipée dans chaque maille d'hétérogénéité locale soit celle désirée.

20 2. Procédé de chauffage selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque maille d'hétérogénéité locale de chauffage s'identifie à une maille élémentaire.

3. Procédé de chauffage selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il consiste :

25 . à avoir recours à des moyens permettant de créer un champ magnétique alternatif, appelés inducteurs, composés de conducteurs formant des boucles de courant; et

. à régler les intensités parcourant ces conducteurs, au moins pour une partie d'entre elles, indépendamment
30 les unes des autres, le réglage des unes par rapport aux autres étant fonction de l'une au moins des dimensions du produit.

4. Procédé de chauffage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste :

35 . à déterminer la position du produit par rapport à l'inducteur et, en particulier, celle de ses frontières;

- . à définir la montée en température à effectuer;
- . à déterminer la température du produit;
- . à disposer d'un calculateur;
- . à fournir les résultats desdites déterminations

5 audit calculateur, lequel élabore les valeurs des intensités à faire circuler dans les différents pôles des inducteurs en fonction des caractéristiques du produit et du chauffage désiré;

- . à réguler, à partir des valeurs des intensités
- 10 calculées, et à partir d'une source dont la fréquence peut être variable, les intensités dans chaque pôle ou groupe de pôles d'inducteurs.

5. Dispositif de chauffage par induction électromagnétique à flux transversal alternatif de produits conducteurs, plats et minces en vue d'obtenir une homogénéité de

15 température tant transversale que longitudinale, aussi bien en frontière que dans le reste du produit, lequel dispositif met en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, et se caractérise en ce qu'il comprend au

20 moins un inducteur composé de conducteurs formant un réseau de boucles de courant de dimensions identiques et réparties suivant deux directions orthogonales et d'un circuit magnétique et en outre, et suivant les cas :

- . des moyens (B) permettant de connaître la
- 25 position du produit par rapport à l'inducteur et, en particulier, celle de ses frontières;

- . des moyens (C) permettant de définir la montée en température à effectuer;

- . des moyens (D) permettant de connaître la tempé-
- 30 rature du produit;

- . des moyens (E) reliés aux précédents permettant de déterminer les intensités à faire circuler dans les différentes "boucles" des inducteurs en fonction des caractéristiques du produit (F) et du chauffage désiré;

- . des moyens (G) reliés éventuellement à ces derniers et aux inducteurs aptes à créer les intensités ainsi déterminées.
- 35

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend les moyens (D) de mesure de la température du produit (F) associés à un dispositif (G) régulant les intensités parcourant l'inducteur en fonction d'une consigne de température (C).

7. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend :

- . les moyens (B) permettant de connaître la position du produit par rapport aux inducteurs;
- 10 . un dispositif de régulation (G) des intensités parcourant les inducteurs;
- . un calculateur (E) relié aux moyens précédents élaborant en fonction des caractéristiques du produit et de sa position les consignes d'entrée du dispositif de régulation.
- 15

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un moyen (D) de mesure de température et une consigne de température (C) reliés au calculateur (E).

20 9. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un générateur de la fonction température souhaitée du produit par rapport au temps, le calculateur (E) utilisant cette fonction pour l'élaboration des consignes d'entrée du dispositif de régulation.

25 10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un moyen de mesure de température (D) relié au calculateur (E), permettant le contrôle de la montée en température.

30 11. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le produit étant en sustentation magnétique est maintenu électromagnétiquement dans au moins une des directions horizontales du fait des variations spatiales du champ magnétique.

35 12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que le produit est propulsé horizontalement selon des moyens électromagnétiques connus en eux-mêmes.

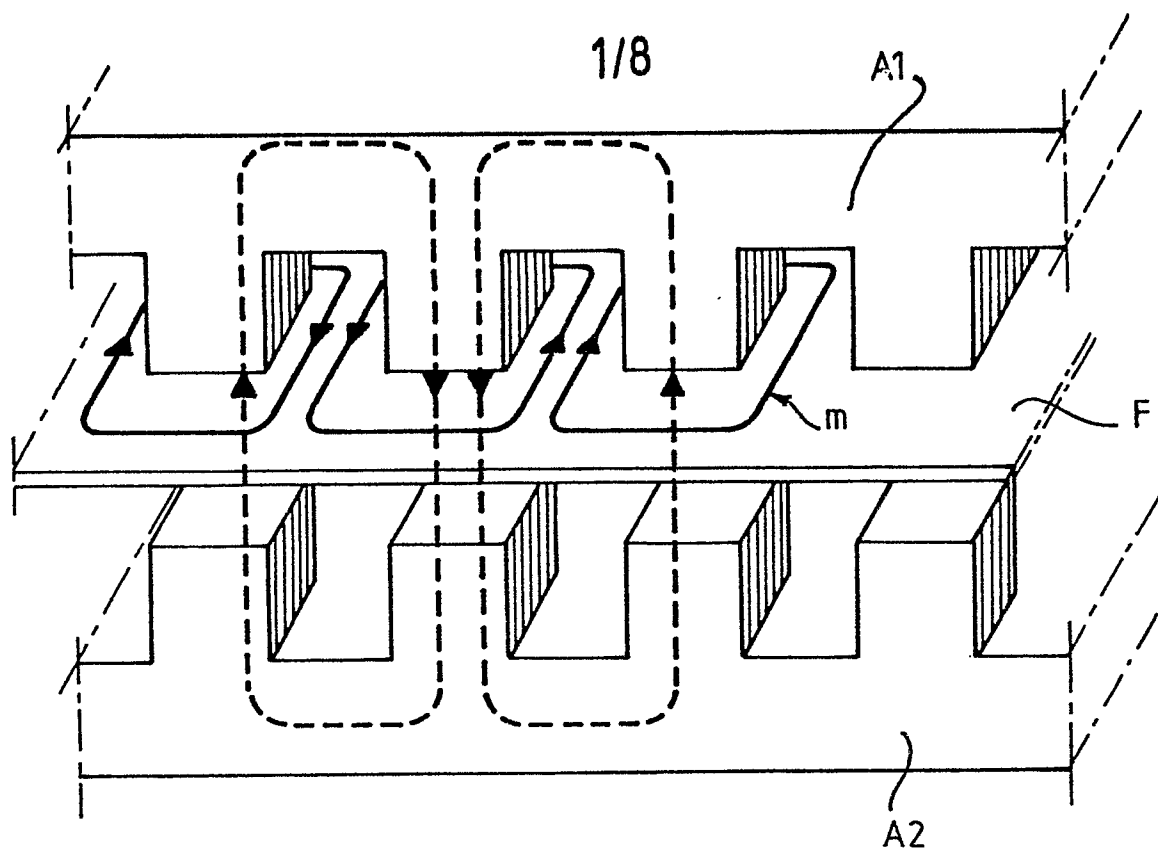


FIG. 1

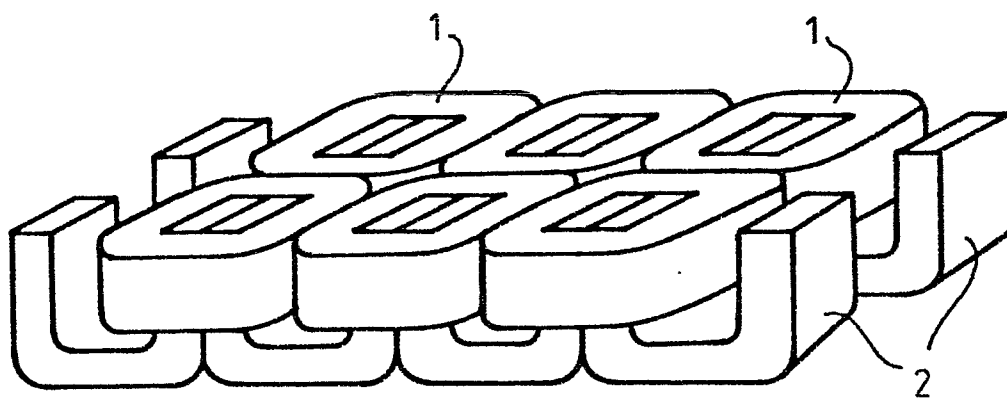


FIG. 4

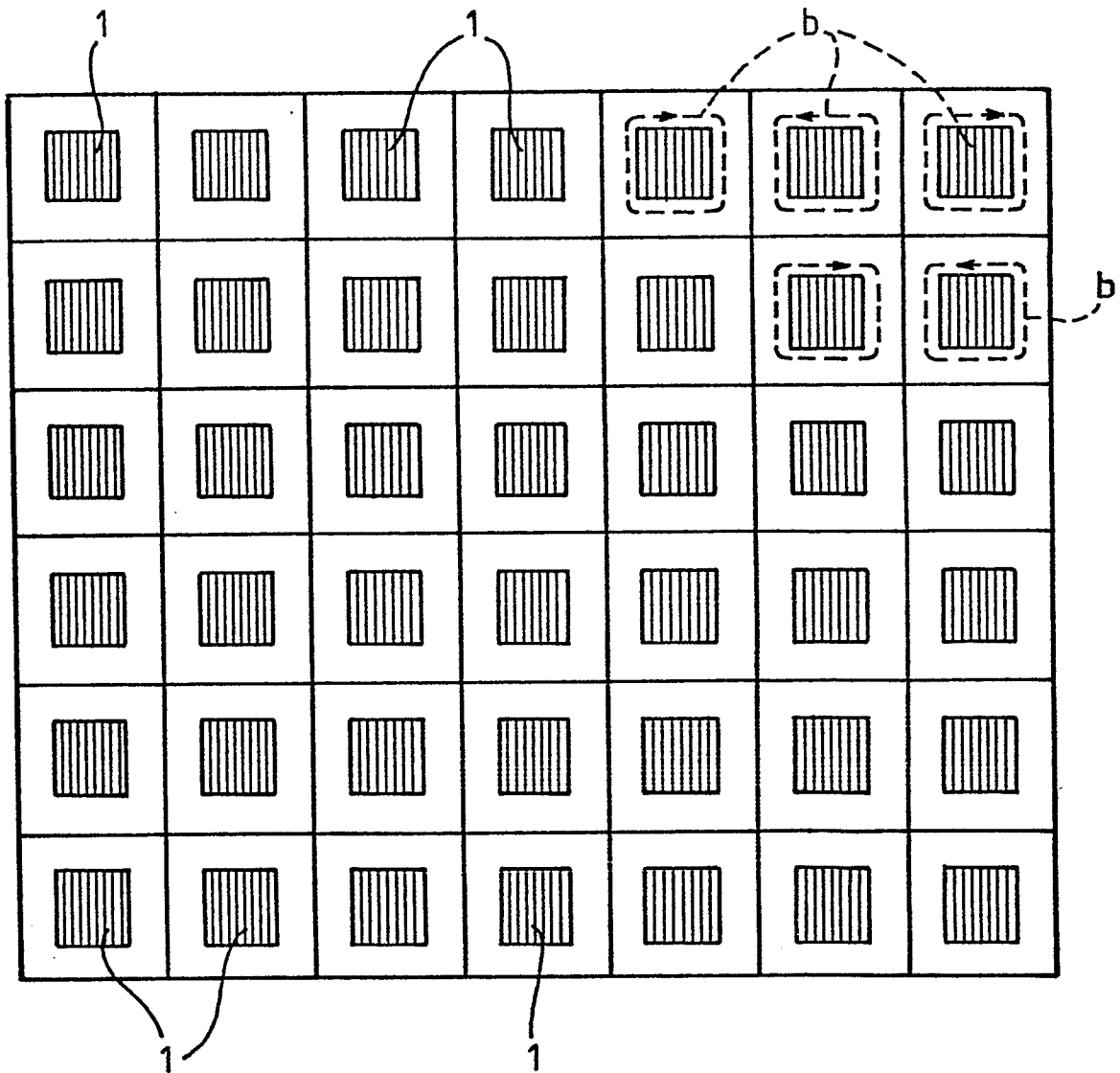


FIG. 2

3/8

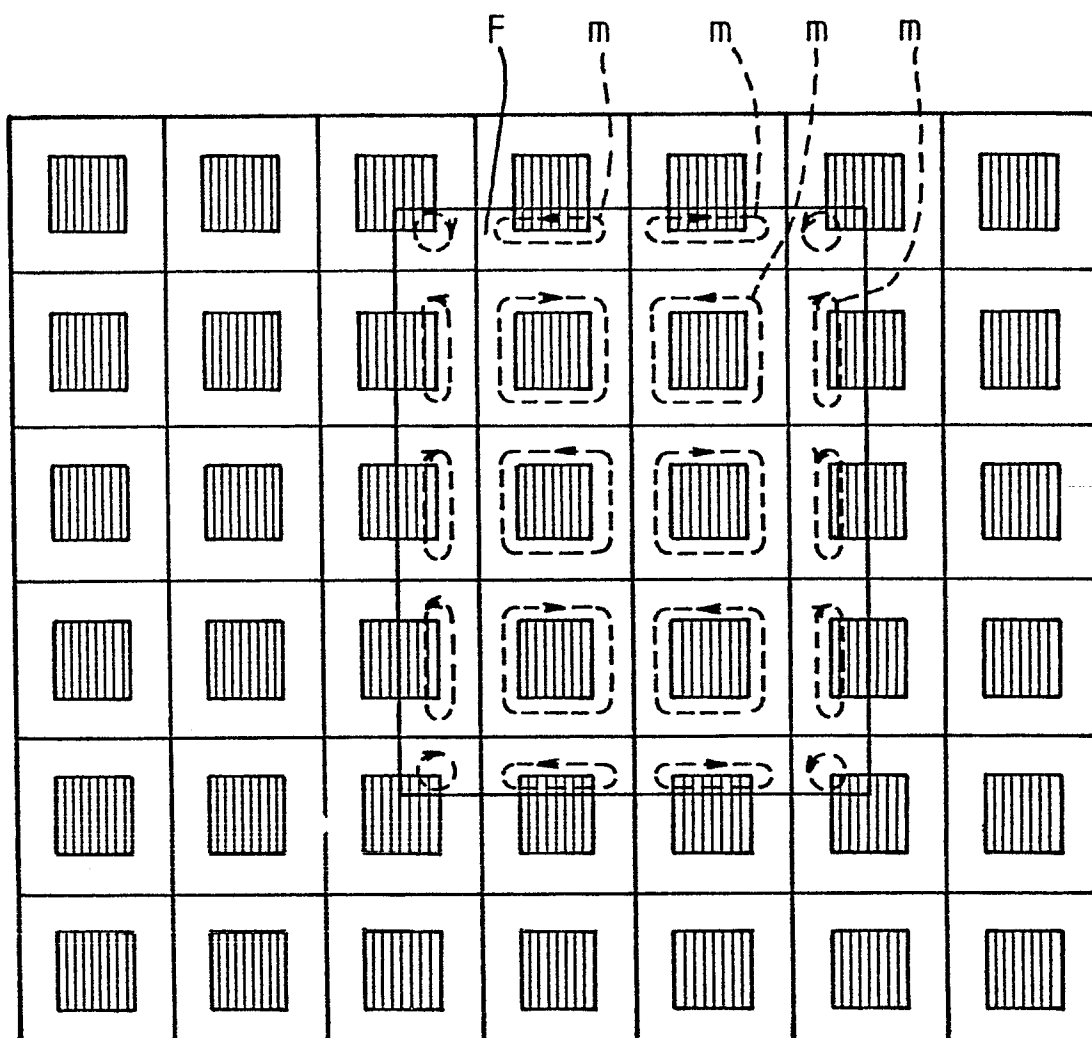


FIG.3

4/8

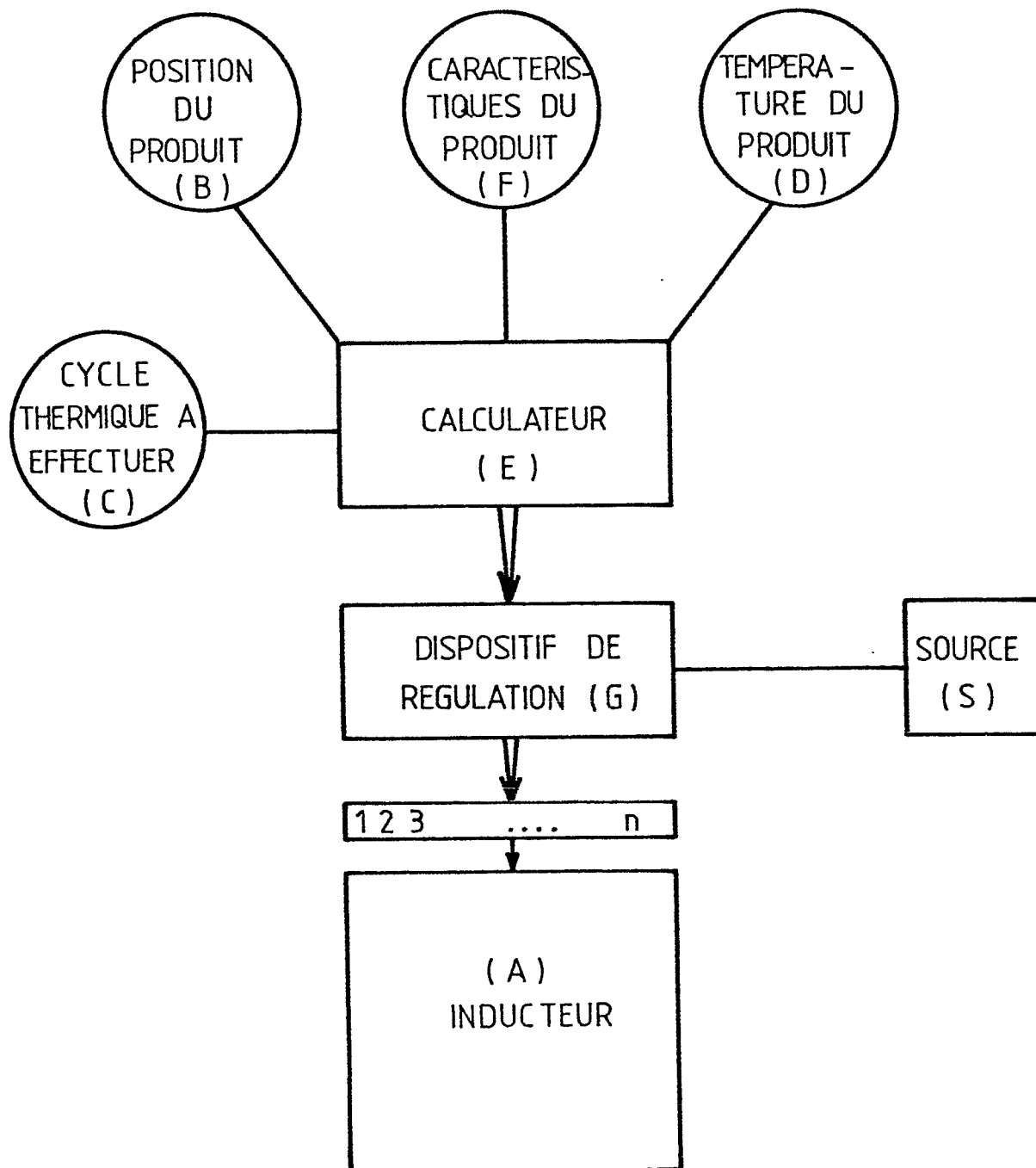


FIG. 5

5/8

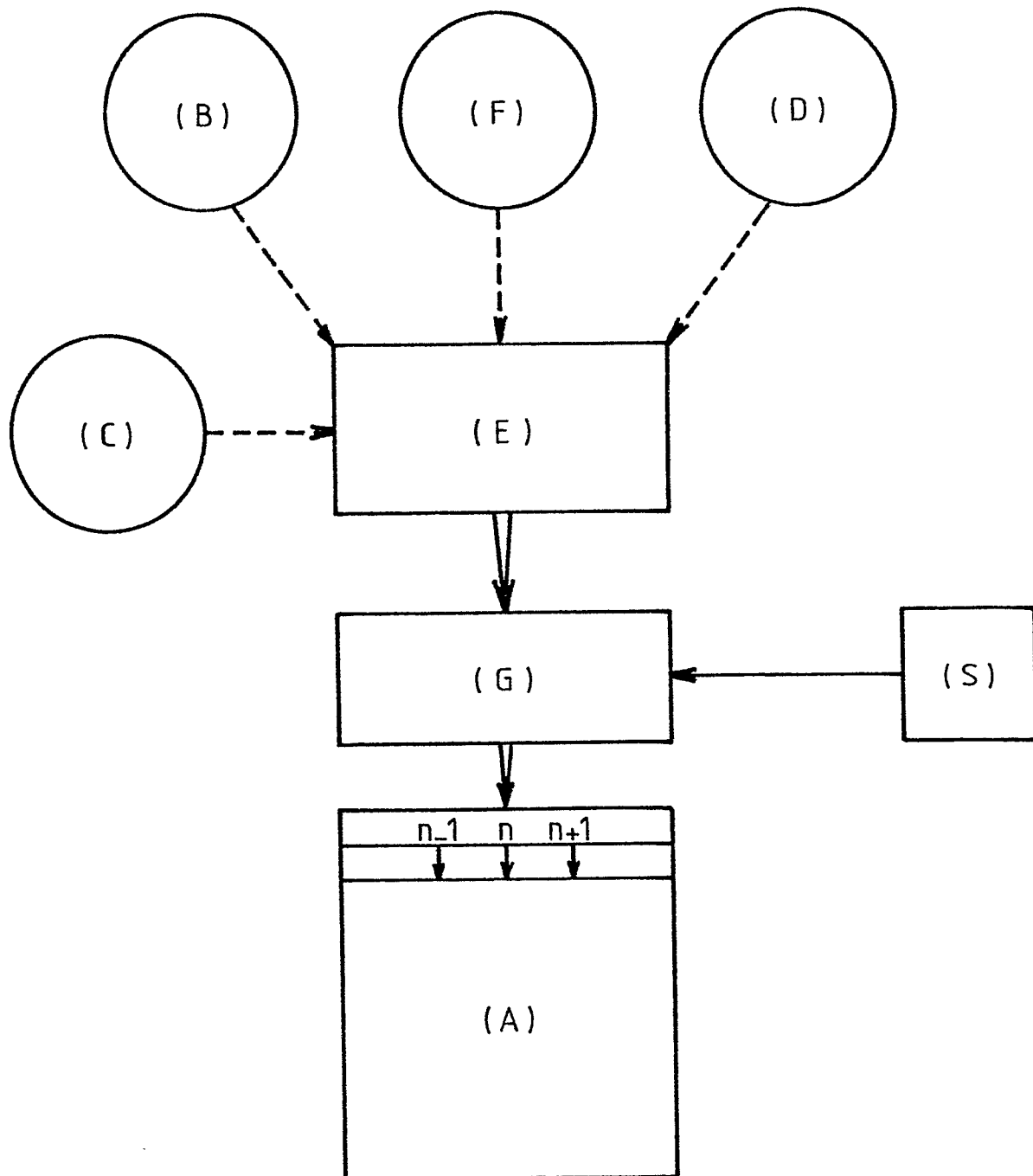


FIG. 5A

6/8

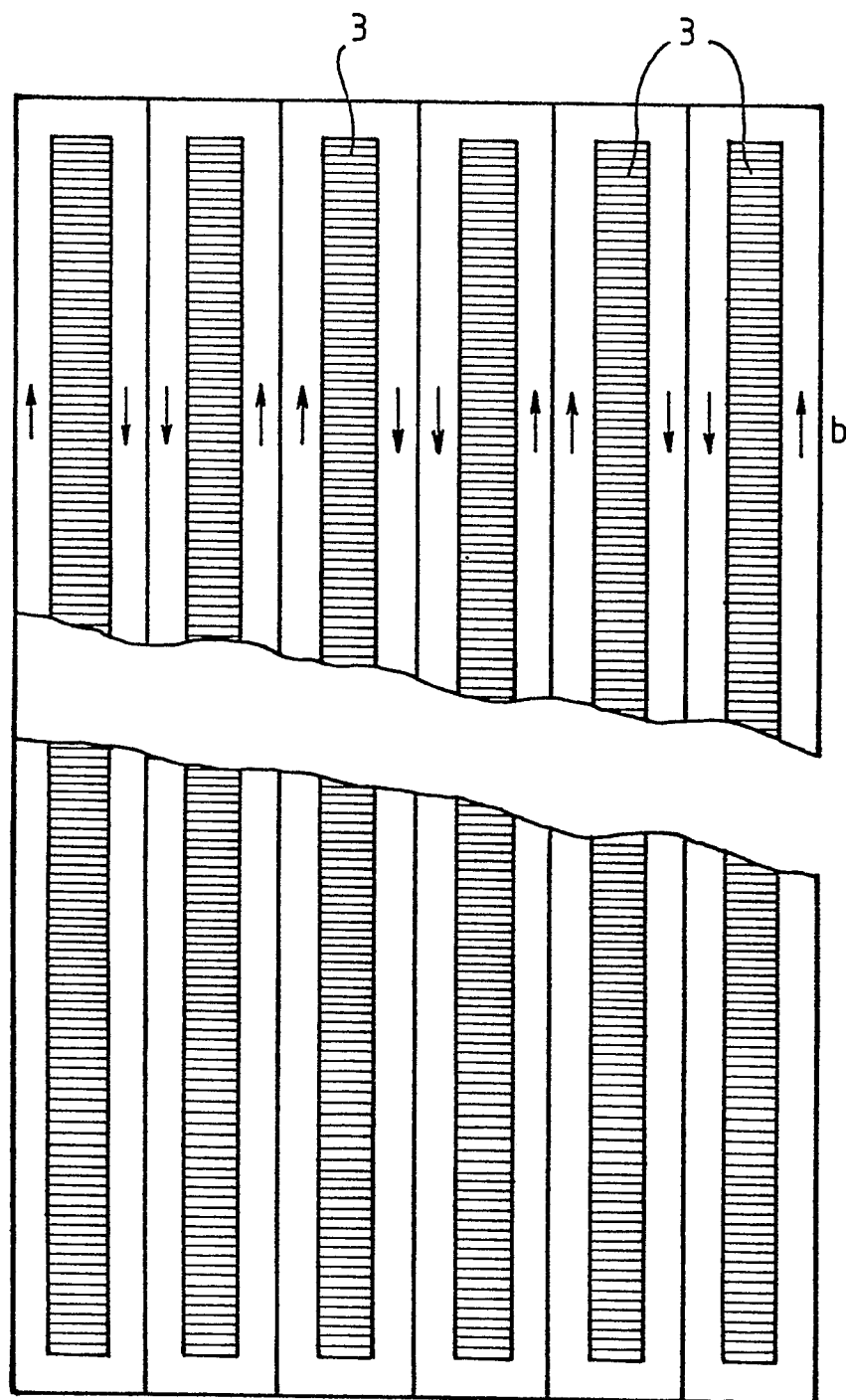
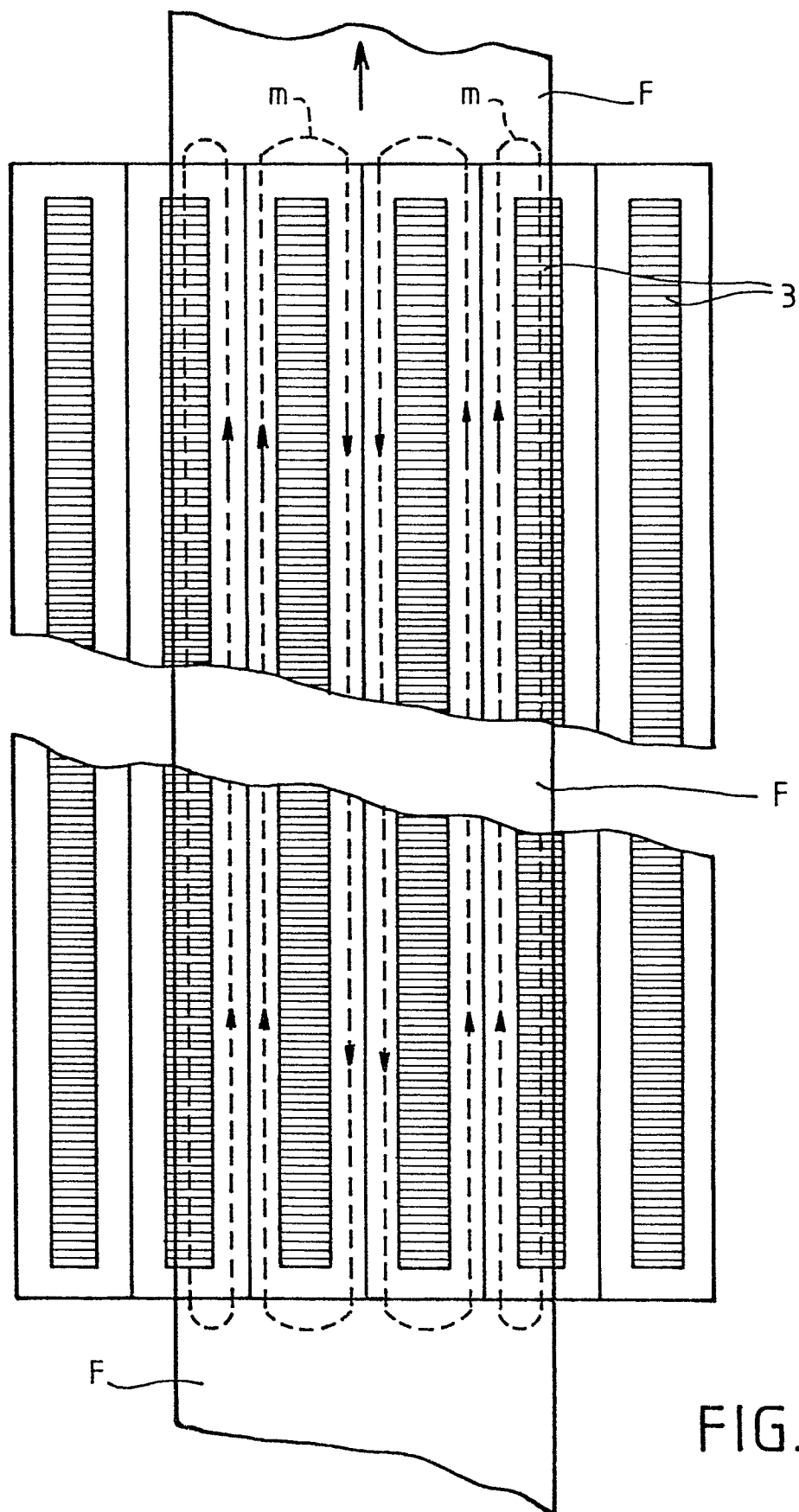


FIG. 6



8/8

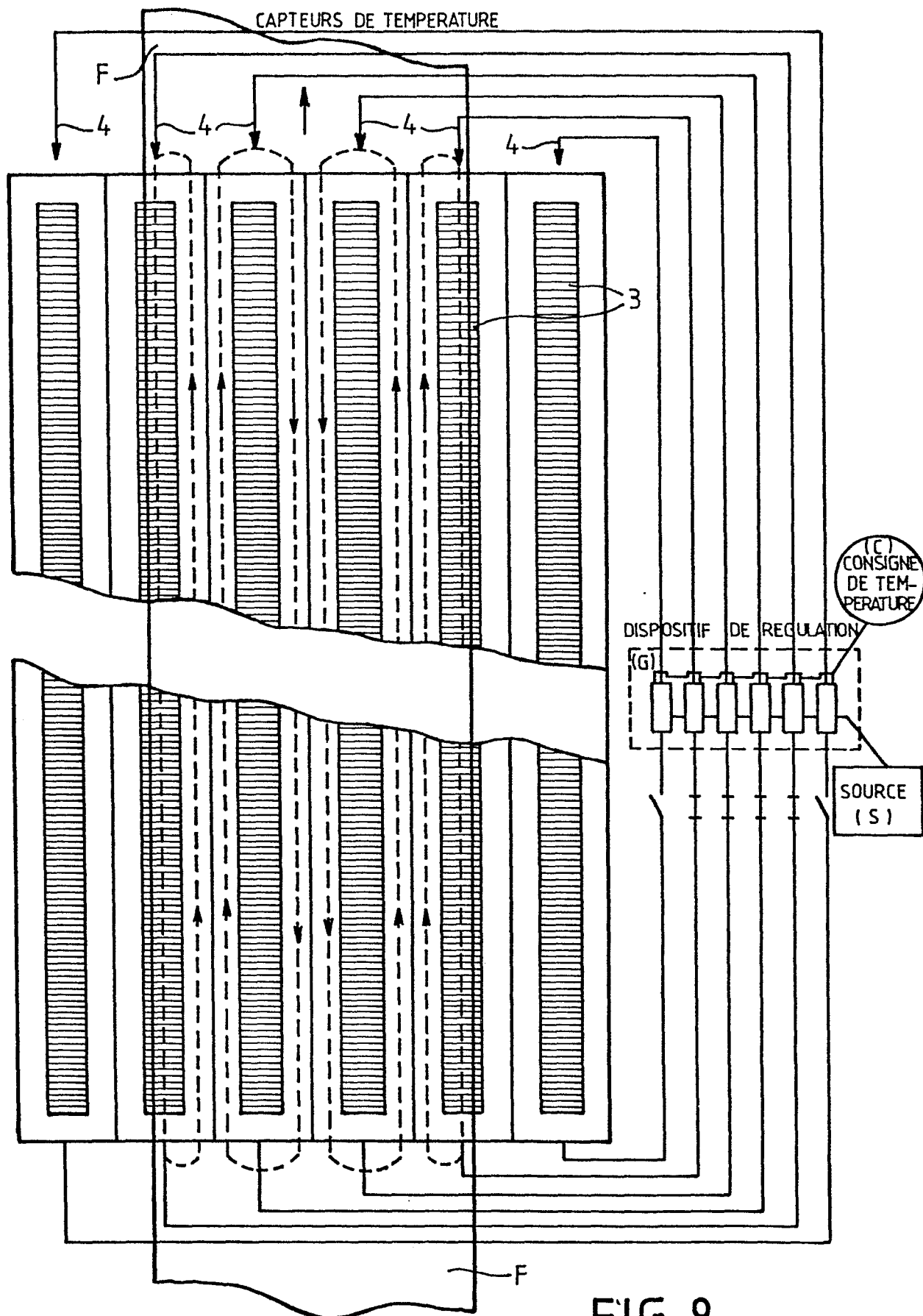


FIG. 8



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
A	DE-A-2 609 978 (THE ELECTRICITY COUNCIL) *Page 3, 2e et 3e alinéas; page 8, 2e et 3e alinéas; page 14, 2e et 3e alinéas; figures 1,3*	1,3-5	H 05 B 6/02 H 05 B 6/06
A	US-A-4 122 321 (CACHAT) *Colonne 4, lignes 3 à 65; figures 1,4*	1,3-6, 8,10	
A	DE-A-2 622 825 (SIEMENS) *Page 3, ligne 25 à page 4, ligne 17; page 6, ligne 34 à page 7, ligne 18*	4-8,10	
A	FR-A-2 334 755 (SUNDWIGER EISENHUTTE MASCHINENFABRIK GRAH & CO et al.) *Page 2, lignes 22 à 26; page 4, lignes 26 à 29; page 5, lignes 19 à 24*	6-8,11 ,12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3) H 05 B 6/00 F 27 D C 21 D
A	DE-C- 903 977 (SIEMENS)		
A	DE-C- 921 401 (SIEMENS)		
A	FR-A-1 202 900 (PENN INDUCTION)		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20-10-1982	Examineur RAUSCH R.G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Categorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
A	US-A-3 272 956 (BAERMANN)		

A	US-A-3 444 346 (RUSSELL et al.)		

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20-10-1982	Examineur RAUSCH R.G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	