

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



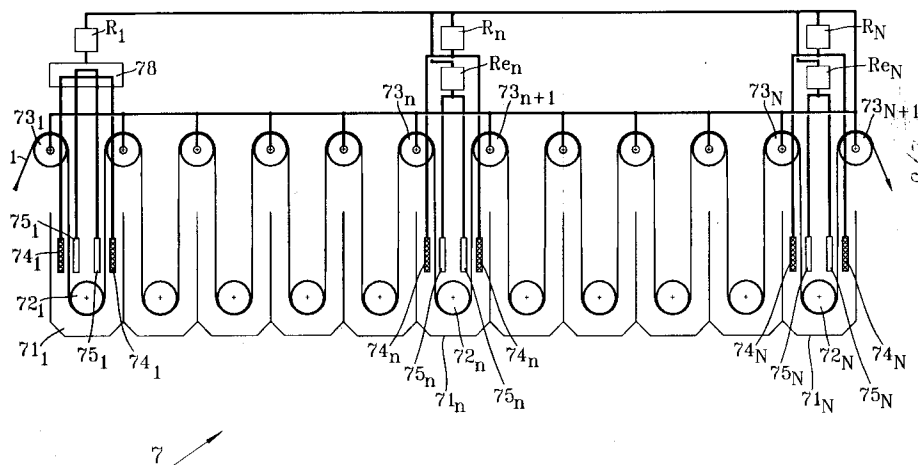
(11) Numéro de publication:

0 621 353 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN(21) Numéro de dépôt: **94200729.5**(51) Int. Cl.⁵: **C25D 21/12**(22) Date de dépôt: **22.03.94**(30) Priorité: **22.04.93 FR 9304878**(43) Date de publication de la demande:
26.10.94 Bulletin 94/43(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL PT
SE**(71) Demandeur: **SOLLAC S.A.**
Immeuble Ellysées-la-Défense,
29, Le Parvis
F-92800 Puteaux (FR)(72) Inventeur: **Defer, Marc**
40, rue des Chenevières
F-57110 Basse-Ham (FR)
Inventeur: **Walter, Jean-Michel**
24, rue de Meilbourg
F-57100 Thionville (FR)(74) Mandataire: **Cabinet Martinet & Lapoux**
BP 405
F-78055 Saint Ouen en Yvelines Cédex
(FR)(54) **Procédé de régulation d'électro-déposition sur une bande de métal.**

(57) L'une des faces d'une bande métallique formant cathode défile en continu à une vitesse déterminée dans un électrolyte devant des anodes (74_1 à 74_N ; 75_1 à 75_N), alimentées respectivement par des redresseurs commandables (R_1 à R_N). La bande est partagée en des incréments de longueur et de largeur et taux de revêtement prédéterminés. Préalablement est déterminé un courant total pour assurer les revêtements des incréments. Puis le procédé de régulation comprend la détermination d'un nombre de redresseurs à mettre en fonctionnement, la détermination d'un courant prévisionnel pour chaque redresseur en équirépartissant le courant total parmi lesdits redresseurs à mettre en fonctionnement, et la détermination de consignes de courant à appliquer aux redresseurs à mettre en fonctionnement. Le procédé est cyclique pour chacune des faces de la bande (1).

FIG. 2**EP 0 621 353 A1**

La présente invention a trait d'une manière générale à l'électro-déposition de métal sur une bande de métal défilant en continu.

Elle concerne plus particulièrement un procédé de régulation de dépôt électrolytique d'un revêtement de métal sur une bande de métal formant cathode et défilant en continu à une vitesse déterminée dans un électrolyte, devant des anodes disposées périodiquement. Les anodes sont alimentées en courant continu respectivement par des redresseurs commandables, et le revêtement déposé sur la bande dépend du courant débité par chaque redresseur.

La technique d'électro-déposition de métal est utilisée par exemple pour l'étamage d'une bande métallique, comme décrit dans le brevet FR-A-2 590 278 qui se rapporte plus particulièrement à la régulation du dépôt de métal à l'aide d'un microprocesseur. Ce document décrit un procédé de régulation de la quantité d'un métal déposée par voie électrolytique sur une bande à revêtir qui défile en continu dans une installation de dépôt comportant plusieurs réservoirs remplis d'électrolyte. La bande passe sur un rouleau conducteur formant cathode associé à chaque réservoir et le métal de revêtement est fourni par des barres dudit métal portées par des ponts conducteurs, formant anodes, disposés dans chaque réservoir sur une partie du trajet de la bande dans ledit réservoir.

Le procédé consiste à calculer à chaque déplacement de la bande entre deux ponts successifs, le dépôt de métal sous chaque pont en fonction de l'intensité du courant d'alimentation de ce pont, de la vitesse de la bande et du rendement du pont, à suivre séparément chaque longueur de bande égale à la distance entre deux ponts successifs en cumulant les dépôts de métal successifs, à établir le bilan du dépôt sous le dernier pont débitant du courant afin de déterminer l'intensité nécessaire sous ce pont pour compléter le dépôt de métal, à déterminer l'intensité de courant globale nécessaire pour obtenir l'intensité de courant désirée sous ce dernier pont, et à chaque acquisition d'une mesure moyenne sur toute la largeur de la bande, à calculer en tenant compte de la distance de transfert, l'écart entre cette valeur moyenne et une valeur de consigne préétablie en déterminant un coefficient correcteur des rendements théoriques du dépôt de métal sous chaque pont. Le procédé comprend notamment la mesure du métal déposé sur chaque face à l'aide d'une jauge à balayage périodique, disposée à la sortie de l'installation, le dépôt étant régulé à partir de données délivrées par la jauge.

Ce procédé diminue la sensibilité de l'installation aux transitoires de vitesse, par rapport à des installations manuelles. Cependant, un tel procédé ne règle pas parfaitement le problème des transitoires de revêtement.

La présente invention vise à fournir un procédé de régulation de revêtement électrolytique qui s'adapte rapidement aux transitoires de revêtement, de manière à ce qu'une faible longueur de bande soit perdue en cas de transitoire de revêtement. En outre, la présente invention vise à fournir un procédé de régulation de revêtement insensible aux transitoires de vitesse.

A cette fin, un procédé de régulation de dépôt électrolytique d'un revêtement de métal sur l'une des faces d'une bande de métal, ladite bande de métal formant cathode et défilant en continu à une vitesse de défilement déterminée dans un électrolyte devant des anodes, les anodes étant alimentées respectivement par des redresseurs commandables ayant des limites en courant inférieures et supérieures respectives, la bande étant partagée en des incréments ayant une longueur fixe, chaque incrément ayant une largeur et un taux de revêtement prédéterminés, le procédé débutant par la détermination d'un courant total nécessaire pour assurer les revêtements des incréments entre les anodes en fonction desdits taux de revêtement, largeurs et de ladite vitesse de défilement, est caractérisé par

la détermination d'un nombre de redresseurs à mettre en fonctionnement en fonction du courant total nécessaire et de limites en courant inférieures des redresseurs,

la détermination d'un courant prévisionnel pour chaque redresseur en équirépartissant le courant total nécessaire parmi lesdits redresseurs à mettre en fonctionnement entre lesdites limites en courant inférieures et supérieures respectives, et

la détermination de consignes de courant à appliquer aux redresseurs à mettre en fonctionnement, une consigne de courant pour un redresseur donné alimentant une anode respective dépendant des largeur de bande et taux de revêtement d'un incrément de bande localisé devant ladite anode respective et des consignes de courant des redresseurs précédant le redresseur donné et étant inférieure au courant prévisionnel dudit redresseur donné. Le procédé est mis en oeuvre de manière cyclique pour chacune des faces de bande à revêtir.

Avantageusement, le courant total nécessaire est le courant nécessaire pour revêtir l'un des incréments ayant le produit largeur par taux de revêtement le plus élevé. Ainsi, un sur-revêtement est imposé par rapport à un sous-revêtement au voisinage d'une soudure entre deux portions de bande successives devant supporter des épaisseurs de revêtement différentes.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le nombre de redresseurs à mettre en fonctionnement dépend d'une densité de courant souhaitée pour le revêtement, et d'une densité de courant minimale au dessous de laquelle il n'est pas souhaité de descendre pour le revêtement. La densité de courant a une influence sur l'aspect du revêtement.

5 Dans un autre aspect de l'invention, la détermination d'un courant prévisionnel pour chaque redresseur dépend d'un état en service ou hors service dudit chaque redresseur et d'états consignés ou non consignés des redresseurs.

La détermination cyclique d'un courant prévisionnel pour chaque redresseur ne dépend pas de l'état 10 consignés des redresseurs dans le cas où l'équirépartition du courant total nécessaire n'est pas possible seulement dans les redresseurs à l'état non consignés. Dans tous les cas, la détermination des courants prévisionnels des redresseurs a pour résultat un ensemble de courants prévisionnels non nuls associés aux redresseurs en fonctionnement et un ensemble de courants prévisionnels nuls.

Selon une autre caractéristique, la détermination cyclique des consignes de courant des redresseurs a 15 pour résultat un ensemble de consignes de courant non nulles associées aux redresseurs en fonctionnement et un ensemble de consignes de courant nulles. Un courant prévisionnel d'un redresseur nul, respectivement non nul, entraîne une consigne de courant pour le redresseur nulle, respectivement non nulle.

Selon encore une autre caractéristique, le procédé comprend, pour chaque redresseur, le calcul du 20 rapport de la consigne de courant dudit chaque redresseur et de la vitesse de défilement de la bande, et l'affectation de ce rapport à l'incrément de bande présent devant les anodes alimentées par ce redresseur.

Le procédé comprend, pour l'incrément de bande passant devant l'anode respective alimentée par le redresseur donné, le calcul d'un vécu qui est la somme des rapports des consignes de courant et de la vitesse de défilement. Les rapports sont calculés pour les redresseurs précédant le redresseur donné et affectés à l'incrément de bande passant devant l'anode respective alimentée par le redresseur donné.

25 Avantageusement, pour chaque redresseur, le calcul de la consigne de courant prend en compte le vécu de l'incrément de bande présent devant les anodes alimentées par le redresseur.

De préférence, un redresseur au moins est toujours en fonctionnement, et ce redresseur est le dernier redresseur qui alimente une anode après laquelle la face de bande de métal est recouverte avec le revêtement de métal prévu.

30 Avantageusement, chaque redresseur en fonctionnement reçoit une consigne de courant supérieure ou égale à une valeur minimale prédéterminée.

Dans un autre aspect de l'invention, le premier redresseur qui alimente une anode avant laquelle la face de bande de métal n'est pas encore subi de dépôt électrolytique est toujours en fonctionnement et il reçoit une consigne de courant égale à une valeur prédéterminée.

35 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de plusieurs réalisations préférées de l'invention en référence aux dessins annexés correspondants dans lesquels :

- la figure 1 est un diagramme schématique d'une ligne d'étamage électrolytique ;
- la figure 2 est une vue en coupe longitudinale schématique d'une unité d'étamage incluse dans la 40 ligne de la figure 1 ;
- la figure 3 est un bloc-diagramme du circuit de commande des redresseurs de l'unité d'étamage ;
- la figure 4 est un algorithme de détermination du courant total, du nombre de redresseurs à mettre en fonctionnement et du courant moyen par redresseur en fonctionnement, pour étamer une bande de métal;
- 45 - la figure 5 est un algorithme de détermination des courants prévisionnels des premier et dernier redresseurs de l'unité d'étamage;
- la figure 6 est un algorithme de détermination des courants prévisionnels des redresseurs autres que les premier et dernier redresseurs de l'unité d'étamage;
- la figure 7 est un algorithme de correction des courants prévisionnels des redresseurs; et
- 50 - la figure 8 est un algorithme de détermination des consignes de courant appliquées aux redresseurs.

En référence à la figure 1, une ligne d'étamage d'acier comprend en amont un dispositif de débobinage 2, qui déroule des bobines de bande d'acier à étamer ayant a priori des largeurs et longueurs différentes. Un dispositif de soudage 3 raboute les bandes de métal provenant d'une bobine en fin de débobinage et d'une bobine en début de débobinage, afin de constituer une bande d'acier continue 1. La bande 1 traverse 55 une tour à boucles 4 qui comprend des rouleaux supérieurs 41 et des rouleaux inférieurs 42.

La bande 1 passe alternativement sur les rouleaux supérieurs et inférieurs, de sorte que la tour à boucles joue le rôle d'accumulateur de bande. Pendant le soudage de la fin de la bande d'une bobine avec le début de la bande de la bobine suivante, le défilement de la bande est interrompu au niveau du dispositif

de soudage 3. Les rouleaux inférieurs 42 de la tour à boucles 4 montent progressivement vers les rouleaux supérieurs 41, de manière à diminuer la quantité de bande 1 accumulée et ainsi alimenter sans interruption la partie de la ligne en aval de la tour à boucles 4. Lorsque l'opération de soudage est terminée, le défilement de la bande depuis la nouvelle bobine jusqu'à la tour à boucles 4 reprend, et la tour à boucles accumule à nouveau une quantité de bande en abaissant progressivement les rouleaux inférieurs. Ainsi, les opérations de changement de bobine et de soudage n'interviennent pas sur le défilement de la bande en aval de la tour à boucles 4, lequel défilement demeure continu.

A la suite de la tour à boucles, la bande 1 passe dans une unité de dégraissage 5 et une unité de décapage 6, afin de préparer la surface de la bande à étamer. La bande 1 traverse ensuite une unité d'étamage proprement dite 7, qui sera décrite en détail en référence à la figure 2. Après l'étamage, la bande entre dans un dispositif de refusion 8, afin de refondre l'étain pour améliorer l'accrochage de l'étain et la résistance à la corrosion. La bande 1 traverse alors un dispositif de traitement chimique 9 pour passiver la surface étamée, par exemple par chromatation. La passivation améliore également la résistance à la corrosion ainsi que notamment l'adhérence de vernis sur la surface étamée.

La bande 1 parvient ensuite à une seconde tour à boucles 10 puis à un dispositif de cisailage et bobinage 11, qui enroule la bande en bobines. La tour à boucles 10 joue un rôle d'accumulateur inverse à celui de la tour à boucles 4. Lorsque le dispositif de cisailage et bobinage 11 termine une bobine, et avant de commencer la bobine suivante, la tour à boucles accumule la bande à bobiner jusqu'à ce que le dispositif de bobinage soit prêt à bobiner la bobine suivante.

Les bobines d'acier étamé sont ensuite découpées, mises en forme et assemblées, pour former par exemple des emballages de produits alimentaires.

En référence à la figure 2, l'unité d'étamage 7 comprend N bacs identiques et successifs 71_1 à 71_N contenant de l'électrolyte, non représenté, chaque bac constituant une période élémentaire de l'unité 7. N est un entier positif, égal par exemple à dix ou onze. Dans le but de ne pas surcharger la figure 2, seuls le premier bac 71_1 , un bac quelconque suivant 71_n et le dernier bac 71_N ont été complètement représentés, n étant un indice entier compris entre 1 et N. Dans le fond de chaque bac est monté à rotation un rouleau déflecteur 72_1 à 72_N sous lequel passe en continu la bande 1 à étamer. Les rouleaux 72_1 à 72_N sont en matière non conductrice. Au dessus des parois transversales des bacs, des seconds rouleaux 73_1 à 73_{N+1} en matière conductrice tendent la bande et la transfèrent successivement dans tous les bacs.

Dans chacun des N bacs 71_1 à 71_N , la bande défile entre deux paires d'anodes verticales 74_1 et 75_1 à 74_N et 75_N , sous la forme de barres d'étain juxtaposées verticalement dans un support. Chaque anode est en regard d'une portion de longueur de l'une des faces supérieure et inférieure de la bande qui constitue la cathode de la réaction électrolytique. Les rouleaux 73_1 à 73_{N+1} et par conséquent la bande 1 sont référencés à un même potentiel de cathode.

Pour le premier bac 71_1 , un redresseur R_1 alimente en courant continu à travers un diviseur de courant 78, la paire d'anodes 74_1 en regard d'une portion de face inférieure de la bande, et la paire d'anodes 75_1 en regard d'une portion de face supérieure de la bande. Dans l'un quelconque des N-1 bacs suivants 71_n , un redresseur commandable R_n alimente les deux anodes en regard de la face inférieure de la bande et un redresseur analogue R_n alimente les deux anodes en regard de la face supérieure de la bande. Selon une variante de réalisation non représentée, chacune des deux paires d'anodes dans le premier bac est alimentée par un redresseur respectif, de manière analogue aux N-1 bacs suivants. Selon une autre variante, dans un ou plusieurs bacs contenant deux paires d'anodes, chaque anode est alimentée individuellement par un redresseur.

Un dispositif de mesure de vitesse de défilement de la bande, non représenté, par exemple sous la forme d'un générateur d'impulsions de défilement, est disposé dans l'unité d'étamage 7.

Une face donnée, supérieure ou inférieure de la bande 1, est étamée par réaction électrolytique entre la cathode, c'est-à-dire la bande, et la succession d'anodes en regard de la face. Chacune des anodes étant alimentée en courant continu par un redresseur, la réaction électrolytique entre la face de bande et l'anode dépend du courant fourni par le redresseur. L'étamage d'une face est indépendant de l'étamage de l'autre face, aux courants de fuite près.

A un instant donné, la longueur de bande développée dans l'unité d'étamage 7 entre les rouleaux supérieurs d'extrémité 73_1 et 73_{N+1} est décomposée en une suite de N incréments de bande de longueur fixe. La longueur d'un incrément est par exemple égale à la longueur de bande comprise entre les tangentes supérieures horizontales de deux rouleaux supérieurs successifs 73_n et 73_{n+1} . Un incrément de bande est caractérisé par sa largeur et par les épaisseurs de revêtement spécifiées sur les faces de l'incrément. Cette longueur d'incrément est indépendante de la localisation des paires d'anode : par exemple, une paire d'anodes pour le revêtement de face inférieure de bande est localisée en regard du rouleau inférieur 72 ; ou les paires d'anodes ou les anodes s'étendent horizontalement dans un grand bac

unique et sont réparties entre des rouleaux entre lesquels défile horizontalement la bande de métal.

Un incrément de bande passe successivement dans tous les bacs d'électrolyse, selon la réalisation illustrée à la figure 2, c'est-à-dire qu'il reçoit sur chaque face des dépôts d'étain résultant de l'électrolyse déterminée par l'intensité des redresseurs. Pour que le revêtement spécifié sur une face de l'incrément de bande soit réalisé il faut que soit vérifié le rapport

$$\frac{\text{INTENSITE}}{\text{VITESSE}} = \frac{k \times \text{LARGEUR} \times \text{REVETEMENT}}{\rho},$$

dans lequel :

- . INTENSITE est l'intensité de courant "reçue" par la face de l'incrément ;
- . VITESSE est la vitesse de défilement de la bande ;
- . k est une constante dépendant du métal déposé et des unités ;
- . LARGEUR est la largeur de l'incrément ;
- . REVETEMENT est la densité surfacique, dit également taux d'étamage, du revêtement souhaité de la face de l'incrément, exprimée en g/m² ; et
- . ρ est le rendement cathodique de l'électrolyse.

En référence à la figure 3, un circuit de commande pour commander les redresseurs de l'unité d'étamage 7 comprend une unité de commande 30, reliée à l'unité d'étamage 7, afin de recevoir des informations de mesures à des fins d'affichages et de transmettre des commandes, notamment de régulation des redresseurs. L'unité de commande est d'autre part reliée à une mémoire programmable 31 dans laquelle sont mémorisés l'algorithme de régulation et les valeurs calculées par ce programme. Enfin, l'unité de commande est reliée à une interface opérateur 32, comprenant par exemple un écran, un clavier alphanumérique et une imprimante, de sorte qu'un opérateur entre des données concernant la bande à étamer et lit en temps réel les différents paramètres de l'étamage et des données concernant la bande transmises à la mémoire 31 par un moyen informatique extérieur au circuit de commande.

En référence aux figures 4, 5, 6, 7 et 8 est expliquée ci-après la détermination des consignes de courant des redresseurs de l'unité d'étamage 7 conformément à l'invention, qui est composée d'étapes opératoires d'un algorithme programmé dans la mémoire 31. Cet algorithme comprend une première partie de prééclage E40 à E76, qui détermine le courant total nécessaire à appliquer sur une face de bande par l'ensemble des redresseurs, le nombre de redresseurs à mettre en fonctionnement et l'intensité de courant prévisionnelle délivrée par chaque redresseur. L'algorithme comprend une seconde partie de calcul E80 à E87 au cours de laquelle la consigne de chaque redresseur est calculée en fonction du courant total à appliquer sur la face et le courant déjà appliqué par les redresseurs précédents.

L'algorithme est déroulé cycliquement, suivant une période prédéterminée, par exemple 500 ms, pour chacune des faces à étamer. La période de déroulement de l'algorithme est fixe et est notamment indépendante de la longueur fixe des incréments de bande ou de la vitesse variable de défilement de la bande dans l'unité d'étamage 7.

Dans la suite de la description, une seule face à étamer est considérée, les redresseurs associés à cette face, qu'elle soit inférieure ou supérieure, sont notés R₁ à R_N.

En référence plus particulièrement à la figure 4, l'algorithme de détermination du courant total à appliquer, du nombre de redresseurs à mettre en fonctionnement et du courant moyen par redresseur en fonctionnement, pour étamer une face de bande comprend les étapes suivantes E40 à E43.

L'étape E40 est la lecture en mémoire :

- de la largeur de chaque incrément de bande : LARGEUR(n) avec 1 ≤ n ≤ N, en considérant les N incréments de bande présents à un instant donné dans une unité d'étamage 7 à N bacs 71₁ à 71_N,
- du taux de revêtement spécifié de chaque incrément, en g/m² : RSPECIFIE(n), avec 1 ≤ n ≤ N,
- de l'intensité de courant maximale débitée par chaque redresseur, en ampères : IBUTEE(n), avec 1 ≤ n ≤ N,
- de la vitesse actuelle de défilement de la bande : VACTU,
- de la table de rendement cathodique en fonction du nombre de redresseurs en fonctionnement et de l'intensité de courant moyenne débitée par ces redresseurs : TAB(ρ), et
- de la densité de courant en A/dm², à laquelle l'opérateur souhaite travailler et de la densité de courant minimale en A/dm², en deçà de laquelle l'opérateur ne souhaite pas travailler : DENS et DENS_{MIN}, respectivement.

Les valeurs de LARGEUR(n) et RSPECIFIE(n) dépendent de la bande à étamer et du revêtement souhaité sur la face de bande. Les valeurs de IBUTEE(n) sont définies par l'opérateur pour chaque redresseur et représentent une limitation en courant (bridage) des redresseurs. La vitesse de défilement actuelle de bande VACTU est prélevée cycliquement dans le dispositif de mesure de vitesse de défilement pour être mémorisée. La table de rendement cathodique est stockée en mémoire.

La densité de courant DENS et la densité de courant minimale DENSMIN sont définies par l'opérateur. Ces deux derniers paramètres sont considérés pour améliorer l'aspect de la bande étamée. En effet, des phénomènes par exemple dits "de bords blancs", qui sont à éviter, sont liés à la densité de courant reçue par la bande, indépendamment de l'intensité totale reçue, donc de l'épaisseur de revêtement.

L'étape E41 comprend le calcul des produits suivants relatifs aux N incréments de la bande 1 présents dans l'unité 7 : LARGEUR(n) x RSPECIFIE(n) pour $1 \leq n \leq N$, et la détermination du plus grand de ces produits, noté L x R. La recherche de ce plus grand produit se justifie en imposant un sur-revêtement par rapport à un sous-revêtement au voisinage d'une soudure entre deux bandes successives devant supporter des épaisseurs de revêtement différentes.

En variante, RSPECIFIE(n) est remplacé par un taux de revêtement RVISE(n), précédemment calculé comme suit :

$$RVISE(n) = A \times RSPECIFIE(n) + B \times RSPECIFIE \text{ AUTRE FACE}(n) + C ,$$

dans lequel RSPECIFIE AUTRE FACE(n) désigne le taux de revêtement spécifié pour l'autre face de l'incrément de bande et A, B, C sont des constantes. La constante B dépend du courant de fuite qui existe entre les deux faces et du taux de revêtement spécifié sur la face considérée.

A l'étape E41 sont également calculées des valeurs d'intensité de courant IDENS et IDENSMIN correspondant aux densités de courant DENS et DENSMIN à partir de la largeur correspondant au produit L x R déterminé à partir de RSPECIFIE(n) ou en variante RVISE(n).

Enfin le rendement cathodique ρ_o est initialement fixé à 1.

L'étape E42 comprend le calcul du courant total qui est nécessaire pour effectuer le revêtement de l'incrément le plus exigeant, c'est-à-dire celui correspondant au produit L x R :

$$ITOTAL = k \times \frac{L \times R}{\rho_o} \times VACTU .$$

A l'étape E42 est également calculé un nombre NBR de redresseurs à mettre en fonctionnement, en plus du premier redresseur R_1 , en dépendance du courant total calculé ITOTAL ; le premier redresseur est mis obligatoirement en fonctionnement et délivre l'intensité de courant constante IBUTEE(1), et chaque redresseur suivant mis en fonctionnement délivre l'intensité de courant IDENS :

$$NBR = ENT \left(\frac{ITOTAL - IBUTEE(1)}{IDENS} \right) .$$

Dans cette relation, ENT désigne la partie entière du quotient de la division (ITOTAL - IBUTEE(1))/IDENS. La partie décimale de la division précédente est désignée par DEC.

Si la partie décimale DEC est égale ou supérieure au rapport

$$\frac{IDENSMIN}{IDENS} ,$$

alors le nombre NBR est majoré de 1.

L'étape E43 comprend le calcul de l'intensité de courant moyenne IMOY délivrée par chacun des NBR redresseurs mis en fonctionnement, le premier redresseur délivrant IBUTEE(1) :

$$\text{IMOY} = \left(\frac{\text{ITOTAL} - \text{IBUTEE}(1)}{\text{NBR}} \right) .$$

5

A l'étape E43 est également vérifiée la convergence des calculs, par détermination du rendement cathodique ρ_1 en fonction de l'intensité de courant IMOY et du nombre de redresseurs en fonctionnement NBR, avec la table de rendement cathodique TAB(ρ).

10 Si la différence ($\rho_0 - \rho_1$) est supérieure en valeur absolue à un seuil prédéterminé, les calculs sont recommencés, à partir du calcul de ITOTAL (étape E42), avec la nouvelle valeur de rendement cathodique ρ_1 . Les valeurs de ITOTAL, NBR et IMOY sont recalculées et un nouveau rendement cathodique est déterminé à partir de la table TAB(ρ); les calculs sont recommencés autant de fois que nécessaire pour assurer la convergence. En pratique, avec un seuil fixé à 0,05, deux ou trois itérations sont suffisantes. En
15 variante, le calcul de ITOTAL, NBR et IMOY est réalisé une seule fois, avec un rendement cathodique fixe, par exemple égal à 1, et la convergence des calculs n'est pas vérifiée. Cette variante, quoique moins précise, ne nécessite pas la table TAB(ρ).

Après la détermination des valeurs ITOTAL, NBR et IMOY, l'algorithme passe à la partie de calcul des intensités de courant prévisionnelles des redresseurs. Cette partie est composée d'étapes E50 à E54 pour
20 déterminer les intensités de courant prévisionnelles des premier et dernier redresseurs R_1 et R_N , d'étapes E60 à E64 pour déterminer les intensités de courant prévisionnelles des autres redresseurs R_2 à R_{N-1} , et d'étapes E70 à E76 pour corriger les intensités de courant prévisionnelles.

En référence à la figure 5, l'étape E50 consiste en la lecture en mémoire :

- de l'état en service ou hors service de chaque redresseur : ETATREDESHS(n), avec $1 \leq n \leq N$, qui est
25 une valeur logique valant "1" si le redresseur R_n est en service, c'est-à-dire susceptible de délivrer un courant, ou "0" sinon,
- de l'état consigné ou non consigné de chaque redresseur : ETATCONSIGNE(n), avec $1 \leq n \leq N$, qui est une valeur logique fixée par l'opérateur, valant "0" si le redresseur est consigné, c'est-à-dire si l'opérateur ne souhaite l'utiliser qu'en cas de nécessité absolue, ou "1" si le redresseur n'est pas
30 consigné.

Afin de mieux fixer les idées, un redresseur quelconque R_n avec $1 \leq n \leq N$ peut être dans les états suivants.

Il peut être hors service, en raison d'opération de maintenance par exemple ; il n'est pas apte à délivrer un courant et ne sera pas mis en fonctionnement.

35 Il peut également être en service, il est alors apte à délivrer du courant.

Si le redresseur R_n est en service, il peut être non consigné, il est alors sélectionnable sans restriction par l'algorithme pour être mis en fonctionnement, c'est-à-dire délivrer effectivement du courant.

Si le redresseur R_n est en service, il peut être consigné, il ne sera alors choisi par l'algorithme pour être mis en fonctionnement qu'en cas de nécessité absolue, comme il sera exposé dans la suite.

40 Des variables de travail sont initialisées à l'étape E51, ainsi que les valeurs des intensités de courant prévisionnelles délivrées par les redresseurs R_1 à R_N : IPREV(n), avec $1 \leq n \leq N$.

Les variables de travail sont :

- INTAREPARTIR : intensité de courant à répartir, initialisée à la valeur ITOTAL calculée à l'étape E42;
- NB : nombre de redresseurs à utiliser, en plus du premier, initialisé à la valeur NBR calculée à l'étape
45 E42;
- CUMULAREPARTIR : cumul des intensités de courant qu'il est impossible de faire débiter aux redresseurs, en raison de leur limitation en courant, initialisé à la valeur "0"; et
- CUMULDISPO : cumul des intensités de courant que peuvent encore débiter les redresseurs qui ne sont pas en butée, c'est-à-dire qui n'ont pas encore atteint leurs limitations en courant, initialisé à la
50 valeur "0".

L'étape E52 concerne le calcul du courant prévisionnel IPREV(1) délivré par le premier redresseur R_1 de l'unité d'étamage 7. Comme déjà dit, le premier redresseur est toujours en fonctionnement, et délivre le courant constant IBUTEE(1) défini par l'opérateur et n'est donc pas régulé. En variante, le premier redresseur délivre le courant IMOY, si la valeur IMOY est inférieure à la valeur IBUTEE(1), ou IBUTEE(1)
55 sinon. Dans les deux cas, la variable de travail INTAREPARTIR est mise à jour.

Le dernier redresseur R_N est utilisé en priorité, après le premier redresseur R_1 , et avant tous les autres redresseurs R_2 à R_{N-1} . L'étape E53 détermine l'intensité de courant prévisionnelle IPREV(N) débitée par le dernier redresseur de l'unité d'étamage. L'intensité de courant IPREV(N) est égale à IMOY, si la valeur

IMOY est inférieure à la valeur IBUTEE(N), ou égal à IBUTEE(N) sinon. Dans le premier cas, la variable de travail CUMULDISPO est mise à jour, en tenant compte du fait qu'une intensité de courant égale à IBUTEE(N)-IMOY peut encore être affectée au redresseur R_N en cas de nécessité, comme il sera exposé dans la suite. Dans le second cas, la variable de travail CUMULAREPARTIR est mise à jour, en tenant compte du fait que l'intensité de courant égale à IMOY-IBUTEE(N) ne peut être affectée au redresseur R_N , et reste à répartir aux autres redresseurs.

A l'étape E54, les variables de travail INTAREPARTIR, représentant l'intensité de courant restant à répartir, et NB, représentant le nombre de redresseurs restant à tester, sont mises à jour.

L'algorithme passe ensuite aux étapes E60 à E64 pour calculer des intensités de courant prévisionnelles des autres redresseurs R_2 à R_{N-1} .

En référence à la figure 6, le reste du courant à répartir, égal à ITOTAL-IPREV(1)-IPREV(N) est réparti sur (NBR-1) redresseurs parmi les redresseurs R_2 à R_{N-1} , qui sont en service et non consignés.

A l'étape E60, le paramètre n est initialisé à 2, correspondant au redresseur R_2 , puis à l'étape E61 la variable INTAREPARTIR est comparée à zéro pour savoir si du courant reste à répartir. Si le résultat est "non", le déroulement de l'algorithme passe directement à l'étape E80 qui est décrite plus loin. Si le résultat est "oui", l'état en/hors service et l'état consigné ou non du redresseur R_n sont testés. Si le redresseur R_n est ou hors service, ou consigné, alors l'algorithme passe à l'étape E64. Si le redresseur R_n est en service et non consigné, alors l'intensité de courant prévisionnelle IPREV(n) du redresseur R_n est calculée à l'étape E62. Les variables CUMULAREPARTIR ou CUMULDISPO sont calculées et mises à jour de la même manière qu'à l'étape E53 relative au redresseur R_N . Puis à l'étape E63 le courant restant à répartir est mis à jour, le nombre NB de redresseurs restant à tester est mis à jour et testé.

Si le nombre NB est nul, NBR redresseurs autres que le redresseur R_1 ont été testés, et l'algorithme passe à l'étape E70 qui est décrite plus loin.

L'étape E64 incrémente le paramètre n, et si n est inférieur ou égal à la valeur N-1, c'est-à-dire s'il reste au moins un redresseur à tester, l'algorithme est rebouclé à l'étape E61 précédemment décrite. Sinon, l'algorithme passe à l'étape E75 qui est décrite plus loin.

L'étape E62 pour la détermination des intensités de courant prévisionnelles IPREV(n) est déroulée tant qu'il reste du courant à répartir, selon l'étape E61, tant que le nombre NBR de redresseurs à mettre en fonctionnement n'est pas atteint selon l'étape E63, et tant que tous les redresseurs R_2 à R_{N-1} n'ont pas été testés selon l'étape E64.

Si toute l'intensité de courant à répartir ITOTAL est répartie sur au plus NBR+1 redresseurs, comprenant le redresseur R_1 , le redresseur R_N et NBR-1 redresseurs parmi les redresseurs R_2 à R_{N-1} , les intensités de courant prévisionnelles calculées IPREV(n) avec $1 \leq n \leq N$ sont mémorisées. Certaines intensité de courant IPREV(n) peuvent être nulles, par exemple lorsqu'un redresseur est hors service, ou lorsque NBR + 1 est strictement inférieur à N.

Si toute l'intensité de courant à répartir n'a pas pu être répartie, la répartition est recommencée, plusieurs cas sont alors possibles.

En référence à la figure 7, les étapes E70, E71, E72, E73 et E74 sont parcourues lorsque le nombre de redresseurs à mettre en fonctionnement est atteint et l'intensité de courant à répartir n'a pas pu être entièrement répartie sur les redresseurs en fonctionnement, c'est-à-dire lorsque CUMULAREPARTIR reste strictement positif, et lorsque les redresseurs déjà mis en fonctionnement sont encore disponibles pour délivrer l'intensité de courant restant à répartir, c'est-à-dire que la valeur de CUMULDISPO est supérieure ou égale à CUMULAREPARTIR. La répartition d'intensité de courant consiste alors à saturer des redresseurs en fonctionnement à leur valeur respective IBUTEE(n) à partir du redresseur R_2 . Lorsque ces conditions sont vérifiées à l'étape E70, la variable n est initialisée à 2 à l'étape E71 pour effectuer l'ensemble des étapes E72, E73 et E74, redresseur par redresseur, à partir du redresseur R_2 .

A l'étape E72, l'intensité de courant prévisionnelle calculée IPREV(n) est testée; si elle est nulle, le redresseur R_n n'est pas en fonctionnement et n est incrementé de 1 pour passer au redresseur suivant. Si le courant IPREV(n) est non nul, l'étape E73 vérifie si l'intensité de courant restant à répartir CUMULAREPARTIR est supérieure ou égale à ce qu'il est encore possible d'affecter au redresseur R_n , c'est-à-dire IBUTEE(n)-IPREV(n). En fonction du résultat de l'étape E73, l'intensité de courant prévisionnelle IPREV(n) est recalculée à l'étape E74.

Si l'intensité de courant restant à répartir CUMULAREPARTIR n'est plus qu'inférieure à la valeur IBUTEE(n)-IPREV(n), alors l'intensité de courant IPREV(n) est majorée de la valeur CUMULAREPARTIR. Ainsi, il n'y a plus d'intensité courant à répartir et le calcul des intensités de courant prévisionnelles IPREV(n) est terminé. L'algorithme passe à l'étape E80, qui est décrite plus loin.

Si l'intensité de courant restant à répartir CUMULAREPARTIR est supérieure ou égale à la valeur courante IBUTEE(n)-IPREV(n), alors IPREV(n) prend la valeur IBUTEE(n) et CUMULAREPARTIR est

diminué de $IBUTEE(n) - IPREV(n)$. Comme dans ce cas il reste encore de l'intensité de courant à répartir CUMULAREPARTIR, le calcul est recommencé pour le redresseur suivant à partir de l'étape E72, et continue jusqu'au redresseur R_{N-1} au plus.

Lorsque les conditions de l'étape E70 ne sont pas vérifiées, c'est-à-dire la valeur de CUMULAREPARTIR est supérieure à la valeur de CUMULDISPO, ou bien lorsqu'il n'est pas possible de rendre nulle la valeur de CUMULAREPARTIR en saturant des redresseurs en fonctionnement à l'étape E74, ou encore lorsqu'à l'étape E64 tous les redresseurs de R_2 à R_{N-1} ont été testés et le nombre de redresseurs à mettre en fonctionnement n'a pas été atteint, parce qu'il y a trop de redresseurs consignés, l'étape E75 vérifie si des redresseurs sont consignés. Si le résultat est positif, l'étape E76 déconsigne tous les redresseurs consignés de R_2 à R_{N-1} . Si le résultat est négatif, le nombre NBR de redresseurs à mettre en fonctionnement est majoré de 1, dans la mesure où il en reste de disponible, l'intensité de courant moyenne IMOY est recalculée avec cette nouvelle valeur de NBR. Dans les deux cas, après l'étape E76, le calcul est repris à l'étape E51, soit avec tous les redresseurs déconsignés, soit avec de nouvelles valeurs de NBR et IMOY.

En référence à la figure 8 sont décrites les étapes E80 à E87 pour la détermination des consignes d'intensité de courant à appliquer à chaque redresseur.

A l'étape E80, la consigne d'intensité de courant IREF(1) du premier redresseur R_1 est égale à $IBUTEE(1)$ puisque, comme déjà exposé selon cette réalisation préférée, aucune régulation n'est prévue sur ce redresseur qui fonctionne toujours en courant fixe. Le rapport intensité/vitesse $[I/V]REF(1) = IBUTEE(1) / VACTU$ du premier redresseur est calculé puis est mémorisé incrément de bande par incrément de bande au cours du déroulement de la bande; en d'autres termes ce rapport est appliqué à l'incrément de bande présent devant les anodes alimentées par le redresseur R_1 .

A chaque incrément de bande est associé le rapport de dépôt "vécu" $[I/V]VECU(n)$, qui est représentatif des dépôts successifs antérieurs sur l'incrément et qui est égal à la somme des rapports $[I/V]REF(i)$, avec $1 \leq i \leq n-1$, que l'incrément en regard des anodes 74_n ou 75_n alimentées par le redresseur R_n a "reçu" des redresseurs précédents. Pour un incrément de bande donné, le rapport $[I/V]VECU(n)$ peut être la somme des moyennes de chaque terme $[I/V]REF(i)$, avec $1 \leq i \leq n-1$.

Les consignes d'intensité de courant IREF(n) pour $2 \leq n \leq N-1$ sont calculées à partir de l'étape E81. Tous les calculs suivants sont effectués successivement à partir du redresseur R_2 jusqu'au redresseur R_{N-1} . En variante, l'ordre des calculs peut être inversé. L'étape E81 initialise le calcul pour le redresseur R_2 . Puis l'étape E82 teste si l'intensité de courant prévisionnelle $IPREV(n)$ du redresseur R_n , avec $2 \leq n \leq N-1$, calculée et mémorisée finalement à l'étape E62 ou E74, est positive.

Si la valeur $IPREV(n)$ est nulle, alors le redresseur R_n n'est pas en fonctionnement, et les valeurs IREF(n) et $[I/V]REF(n)$ sont nulles (étape E83). Le calcul pour le redresseur R_n est terminé, et n est incrémenté de 1 (étape E86) et si n n'est pas égal à N, le calcul est recommencé à partir de l'étape E82.

Si la valeur $IPREV(n)$ n'est pas nulle, alors l'étape E83 détermine la valeur de $[I/V]VECU(n)$ qui est la somme des termes $[I/V]REF(i)$, $1 \leq i \leq n-1$, que l'incrément en regard des anodes 74_n ou 75_n alimentées par le redresseur R_n a "reçu" des redresseurs précédents R_1 à R_{n-1} . Puis, la consigne d'intensité de courant IREF(n) vaut alors le produit de la différence entre $[I/V]VISE(n)$ et $[I/V]VECU(n)$ par la vitesse de défilement mesurée VACTU, diminué de $IPREV(N)$. Dans ce calcul, $[I/V]VISE(n)$ est égal à $(k \times LARGEUR(n) \times R(n)) / \rho$, où la valeur de $R(n)$ vaut RSPECIFIE(n) ou RVISE(n) selon les variantes. Le terme $IPREV(N)$ résulte du fait que le redresseur R_N est toujours en fonctionnement.

La consigne d'intensité de courant IREF(n), si elle est non nulle, est bornée par IDENSMIN et $IPREV(n)$. Si IREF(n) sort de cette plage par valeur inférieure, respectivement supérieure, IREF(n) vaut alors IDENSMIN, respectivement $IPREV(n)$. En variante, la consigne IREF(n) peut être limitée à une valeur IMTMAX(n), qui désigne l'intensité maximale débitable par le redresseur R_n , qui peut être saturé en tension.

La valeur $[I/V]REF(n)$ est calculée à l'étape E85 et vaut $IREF(n) / VACTU$. La valeur $[I/V]REF(n)$ est mémorisée incrément de bande par incrément de bande c'est-à-dire qu'elle est affectée à l'incrément de bande présent devant les anodes alimentées par le redresseur R_n . La valeur $[I/V]REF(n)$ sert à calculer la valeur de $[I/V]VECU(n+1)$, comme exposé précédemment. A l'étape E86, le paramètre n est incrémenté de 1 pour passer au redresseur suivant, et si n n'est pas égal à N, le calcul pour le redresseur suivant commence à partir de l'étape E82.

Lorsque toutes les consignes IREF(2) à IREF(N-1) pour les redresseurs R_2 à R_{N-1} , ont été calculées, la consigne d'intensité de courant IREF(N) pour le redresseur R_N est calculée à l'étape suivante E87.

L'étape E87 détermine le "vécu" $[I/V]VECU(N)$ qui est la somme des termes $[I/V]REF(i)$, avec $1 \leq i \leq N-1$, que l'incrément en regard des anodes 74_N ou 75_N alimentées par le redresseur R_N a reçu des redresseurs précédents. Puis est calculée la consigne d'intensité de courant IREF(N) du dernier redresseur R_N dans l'unité 7. La consigne IREF(N) est égale à $([I/V]VISE(N) - [I/V]VECU(N)) \times VACTU$. Le terme $[I/V]VISE(N)$

vaut $(k \times \text{LARGEUR}(N) \times R(N))/\rho$, où $R(N)$ est $\text{RSPECIFIE}(N)$ ou $\text{RVISE}(N)$, suivant les variantes.

La consigne $\text{IREF}(N)$ n'est jamais nulle, et doit être comprise entre IDENSMIN , intensité minimale déterminée à l'étape E41, et $\text{IBUTEE}(N)$. Si $\text{IREF}(N)$ sort de cette plage par valeur inférieure, respectivement supérieure, alors la valeur IDENSMIN , respectivement $\text{IBUTEE}(N)$, lui est affectée. Après le calcul de $\text{IREF}(N)$, le terme $[\text{I/V}]\text{REF}(N)$ est déterminé. Lorsque toutes les consignes d'intensité de courant ont été calculées, les consignes sont appliquées aux redresseurs.

Puis un autre cycle, typiquement de 500 ms, est à nouveau mis en oeuvre à partir de l'étape E40.

Comme déjà dit, le procédé de régulation selon l'invention est double lorsque des revêtements, différents ou non, sont à déposer sur les deux faces de la bande de métal. Chacun des deux procédés se déroule en parallèle avec l'autre et est associé à des paramètres initiaux respectifs, tels que RSPECIFIE , IBUTEE , DENS , DENSMIN , etc., relatifs au revêtement lui-même et aux redresseurs reliés aux anodes en regard de la face de bande associée.

Le procédé de régulation selon l'invention a été décrit en référence à une ligne d'étamage, mais il s'applique à tout type de dépôt électrolytique, tel qu'électrozingage.

Revendications

1. Procédé de régulation de dépôt électrolytique d'un revêtement de métal sur l'une des faces d'une bande de métal, ladite bande de métal formant cathode et défilant en continu à une vitesse de défilement déterminée (VACTU) dans un électrolyte devant des anodes (74_1 à 74_N ; 75_1 à 75_N), les anodes étant alimentées respectivement par des redresseurs commandables (R_1 à R_N) ayant des limites en courant inférieures et supérieures respectives ($\text{IBUTEE}(1)$ à $\text{IBUTEE}(N)$; IDENS), la bande étant partagée en des incréments ayant une longueur fixe, chaque incrément ayant une largeur et un taux de revêtement prédéterminés ($\text{LARGEUR}(n)$, $R(n)$), le procédé débutant par la détermination (E42) d'un courant total (ITOTAL) nécessaire pour assurer les revêtements des incréments entre les anodes en fonction desdits taux de revêtement, largeurs et vitesse de défilement, caractérisé par
 - la détermination (E41) d'un nombre (NBR) de redresseurs à mettre en fonctionnement en fonction du courant total nécessaire (ITOTAL) et de limites en courant inférieures (IDENS , IDENSMIN) des redresseurs,
 - la détermination (E52 à E76) d'un courant prévisionnel ($\text{IPREV}(1)$ à $\text{IPREV}(N)$) pour chaque redresseur en équirépartissant le courant total nécessaire (ITOTAL) parmi lesdits redresseurs à mettre en fonctionnement entre lesdites limites en courant inférieures et supérieures respectives, et
 - la détermination (E80 à E87) de consignes de courant ($\text{IREF}(1)$ à $\text{IREF}(N)$) à appliquer aux redresseurs à mettre en fonctionnement, une consigne de courant pour un redresseur donné (R_n) alimentant une anode respective (74_n ; 75_n) dépendant des largeurs de bande et taux de revêtement ($[\text{I/V}]\text{VISE}(n)$) d'un incrément de bande passant devant ladite anode respective et des consignes de courant ($\text{IREF}(1)$ à $\text{IREF}(n-1)$) des redresseurs (R_1 à R_{n-1}) précédant le redresseur donné et étant inférieure au courant prévisionnel ($\text{IPREV}(n)$) dudit redresseur donné.
2. Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est mis en oeuvre de manière cyclique pour chacune des faces de la bande (1).
3. Procédé conforme à la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le courant total nécessaire (ITOTAL) est le courant nécessaire pour revêtir l'un des incréments de bande ayant le produit largeur par taux de revêtement le plus élevé.
4. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le nombre de redresseurs à mettre en fonctionnement (NBR) dépend d'une densité de courant (DENS) souhaitée pour le revêtement, et d'une densité de courant minimale (DENSMIN).
5. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite détermination (E61) d'un courant prévisionnel pour chaque redresseur ($\text{IPREV}(1)$ à $\text{IPREV}(N)$) dépend d'un état en service ou hors service dudit chaque redresseur ($\text{ETATREDESHS}(1)$ à $\text{ETATREDESHS}(N)$) et d'états consignés ou non consignés des redresseurs ($\text{ETATCONSIGNE}(1)$ à $\text{ETATCONSIGNE}(N)$).
6. Procédé conforme à la revendication 5, caractérisé en ce que ladite détermination (E76) d'un courant prévisionnel pour chaque redresseur ($\text{IPREV}(1)$ à $\text{IPREV}(N)$) ne dépend pas de l'état consigné

(ETATCONSIGNE(1) à ETATCONSIGNE(N)) des redresseurs dans le cas où l'équirépartition du courant total nécessaire (ITOTAL) n'est pas possible seulement dans les redresseurs à l'état non consigné.

- 5 7. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'un courant prévisionnel (IPREV(n)) d'un redresseur (R_n , $2 \leq n \leq N-1$) nul, respectivement non nul, entraîne une consigne de courant (IREF(n)) pour le redresseur (R_n) nulle, respectivement non nulle.
- 10 8. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la détermination de la consigne de courant pour chaque redresseur (R_n) comprend le calcul (E80, E85, E87) d'un rapport de la consigne de courant (IREF(n)) dudit chaque redresseur (R_n) et de la vitesse de défilement (VACTU) de la bande (1), et l'affectation de ce rapport à l'incrément de bande présent devant les anodes alimentées par ce redresseur (R_n).
- 15 9. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'une consigne de courant pour ledit incrément de bande (1) passant devant l'anode respective alimentée par ledit redresseur donné (R_n) est déterminé en calculant (E83, E87) un vécu ($[I/V]VECU(n)$) qui est la somme de rapports des consignes de courant (IREF(i), $1 \leq i \leq n-1$) et de la vitesse de défilement (VACTU), lesdits rapports étant calculés pour les redresseurs ($R(i)$, $1 \leq i \leq n-1$) précédant le redresseur donné et affectés
20 audit incrément de bande.
10. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le dernier redresseur (R_N) au moins est toujours en fonctionnement.
- 25 11. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que chaque redresseur en fonctionnement (R_n) reçoit (E84, E87) une consigne de courant (IREF(n)) supérieure ou égale à une valeur minimale prédéterminée (IDENSMIN).
- 30 12. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le premier redresseur (R_1) est toujours en fonctionnement et reçoit (E80) une consigne de courant (IREF(1)) égale à une valeur prédéterminée (IBUTEE(1)).

35

40

45

50

55

FIG. 1

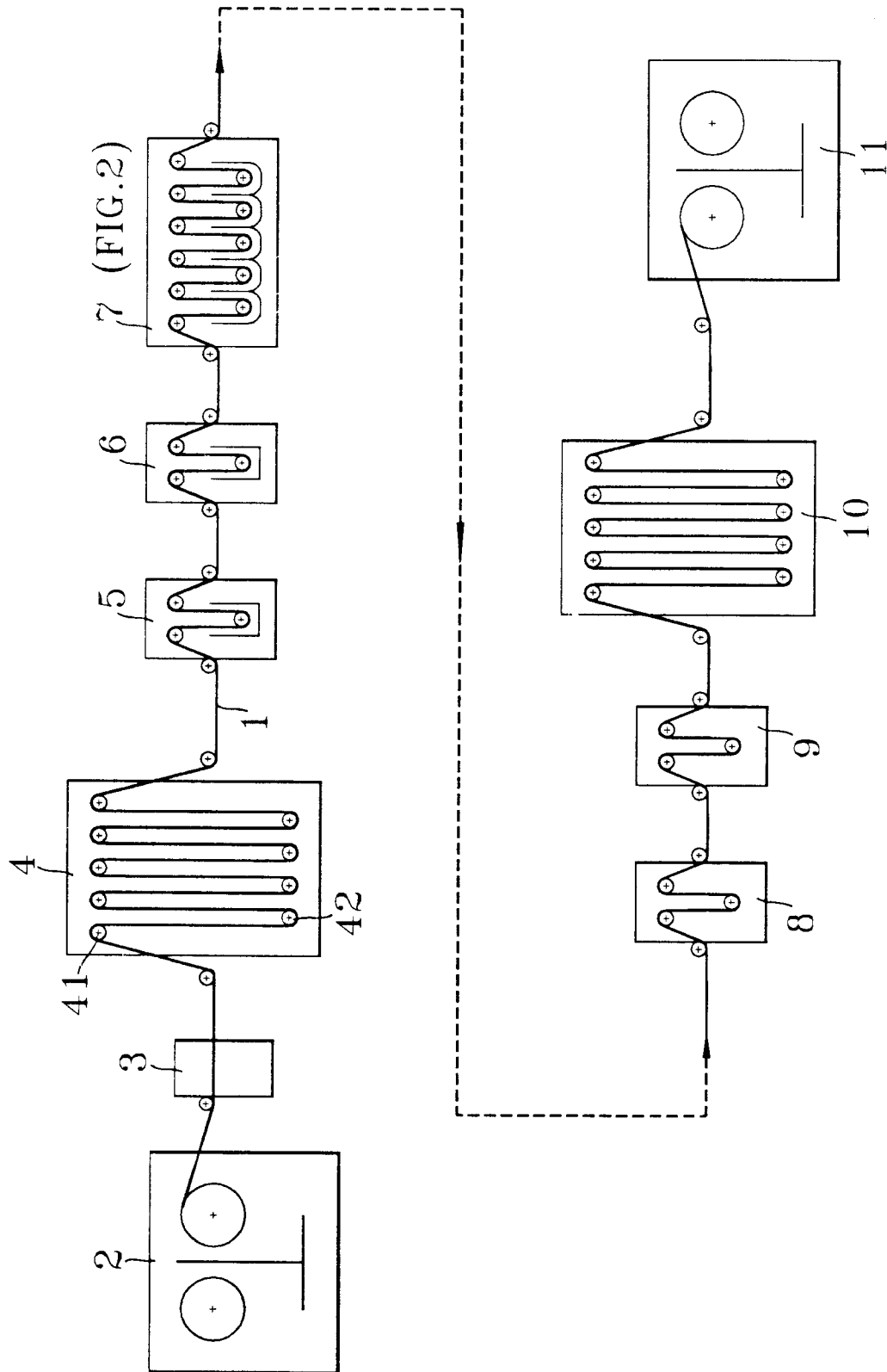


FIG. 2

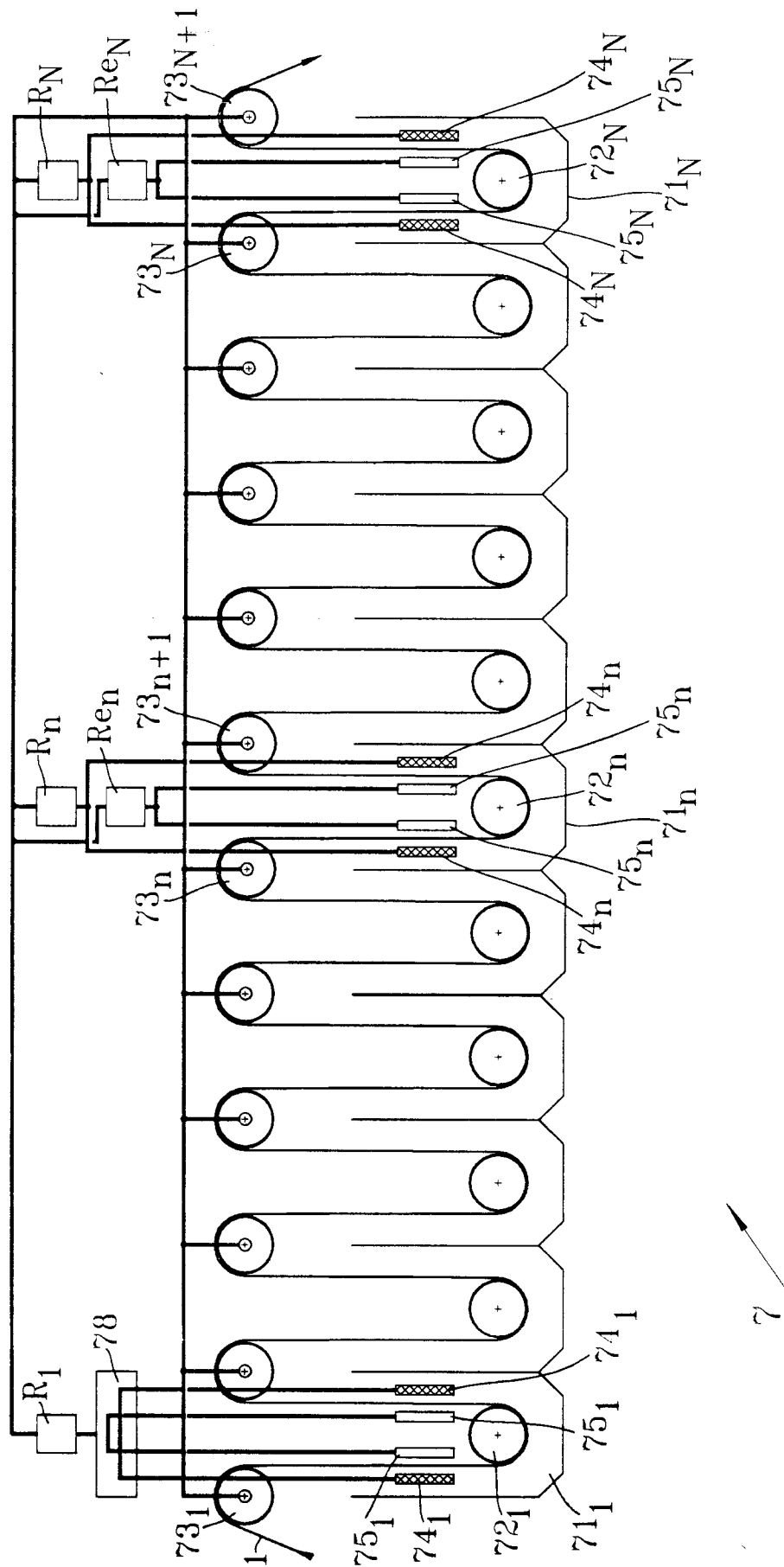


FIG. 3

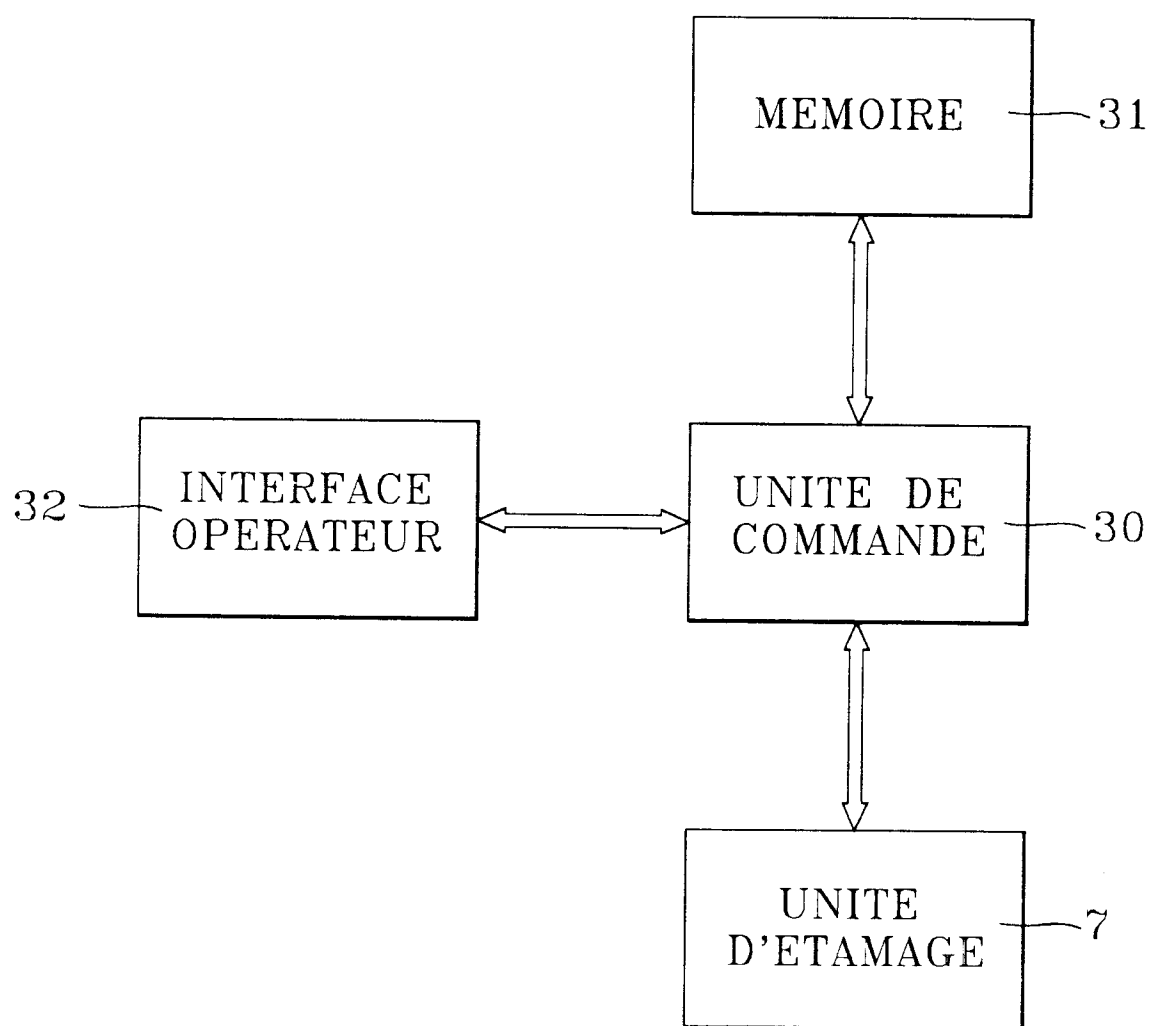


FIG. 4

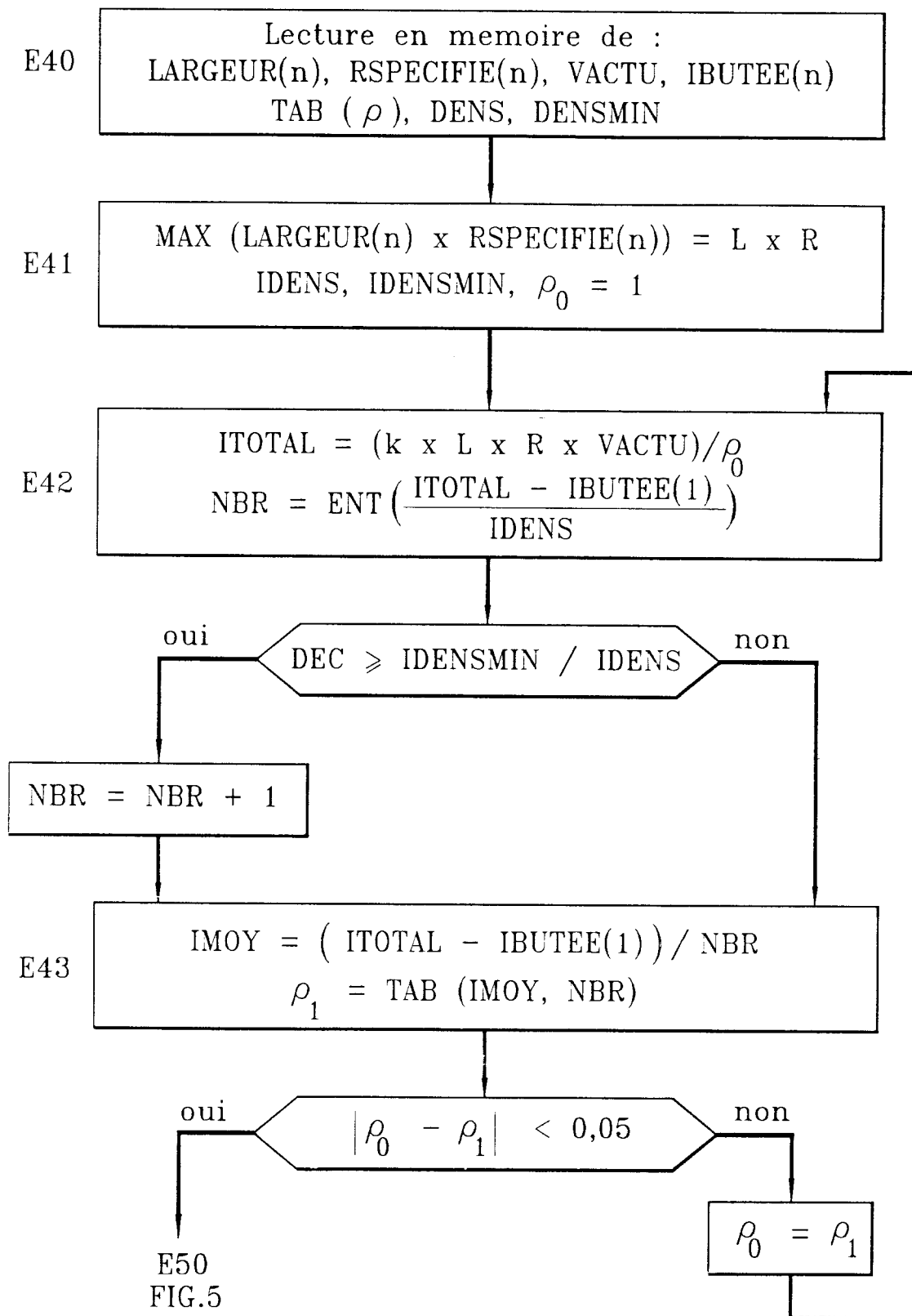


FIG.5

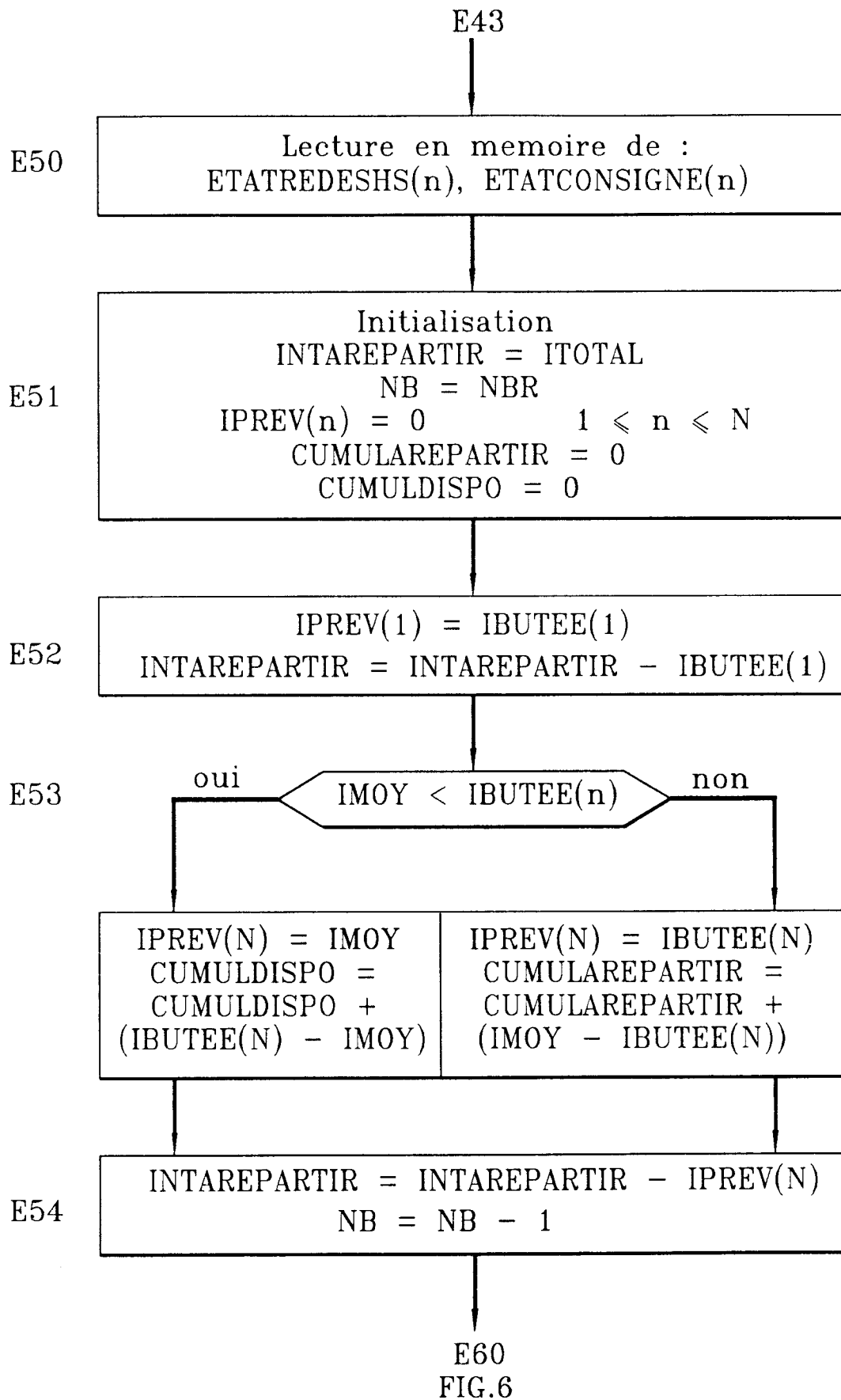


FIG. 6

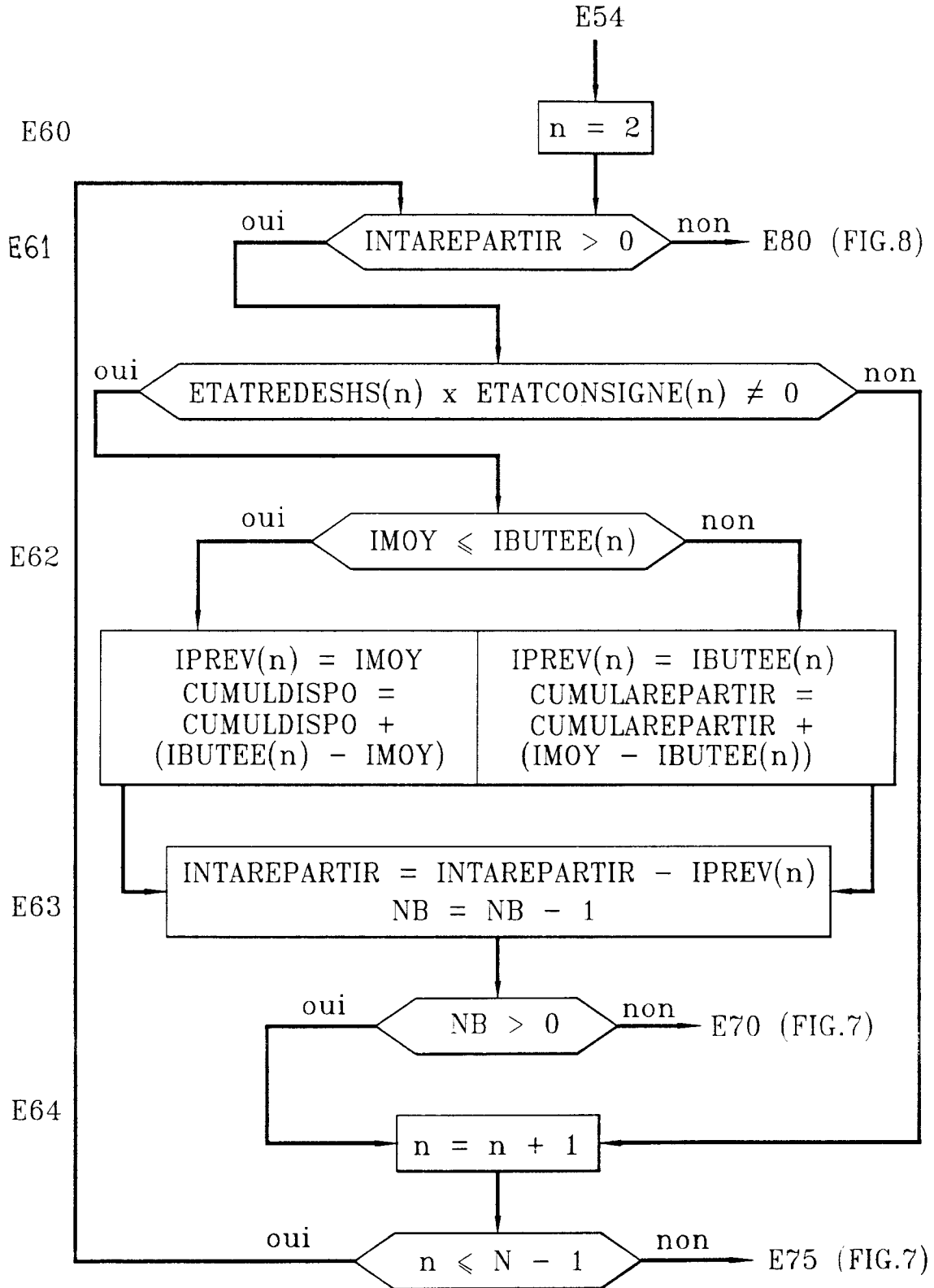


FIG. 7

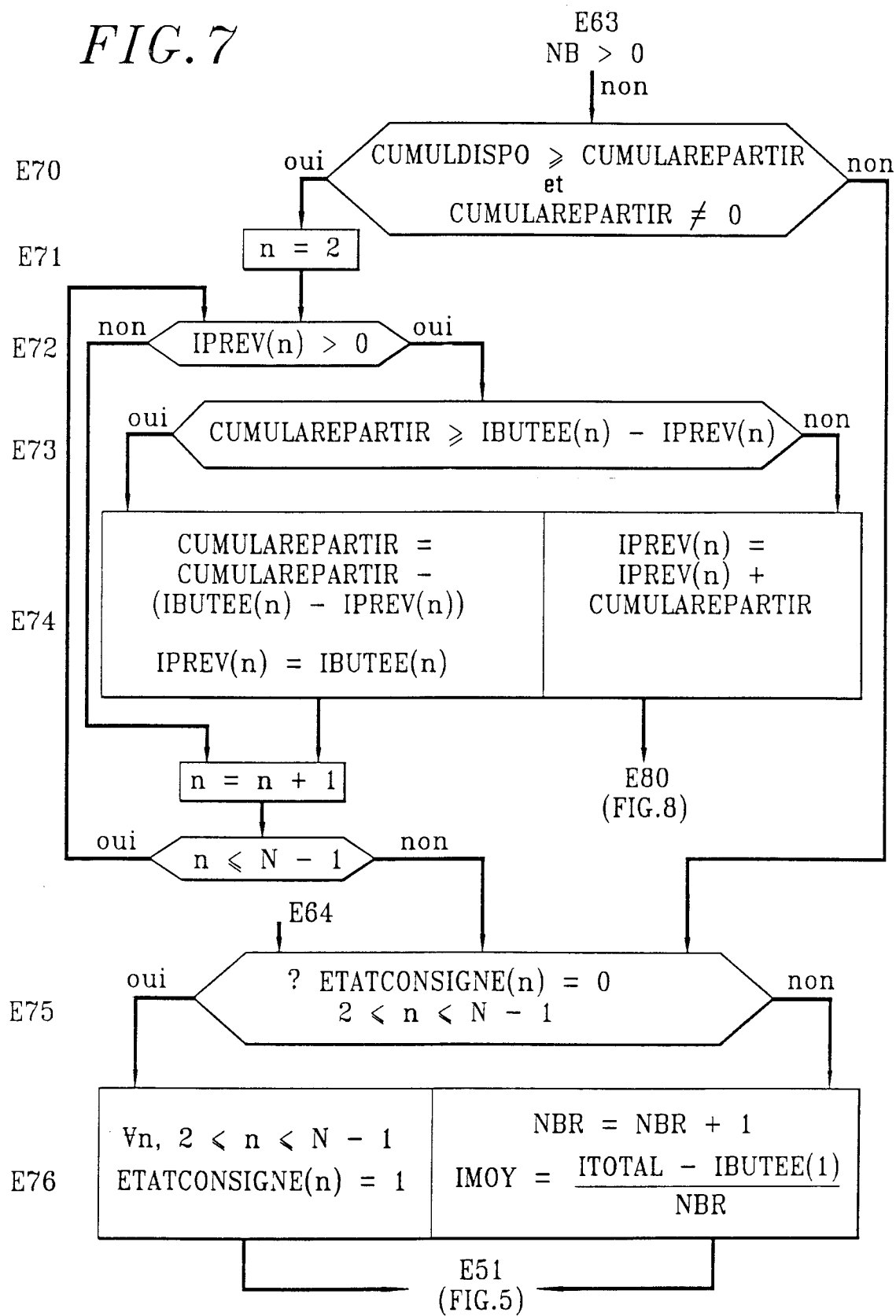
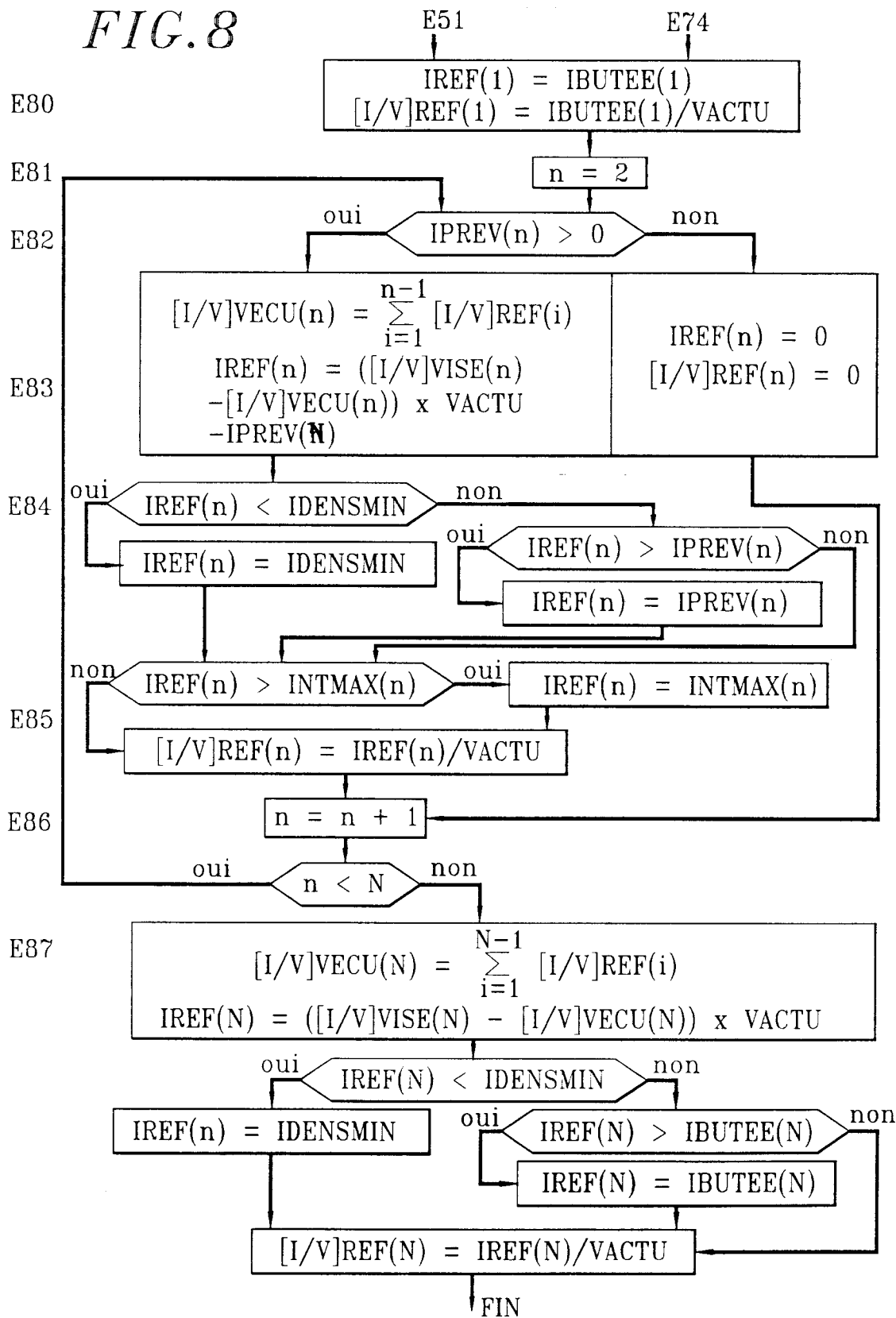


FIG. 8





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 94 20 0729

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.5)
A,D	FR-A-2 590 278 (UNION SIDERURGIQUE DU NORD ET DE L'EST DE LA FRANCE) -----		C25D21/12
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
			C25D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 6 Mai 1994	Examineur Nguyen The Nghiep, N
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			