

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 03.12.99.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 08.06.01 Bulletin 01/23.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : SCHNEIDER ELECTRIC INDUS-  
TRIES SA Société anonyme — FR.

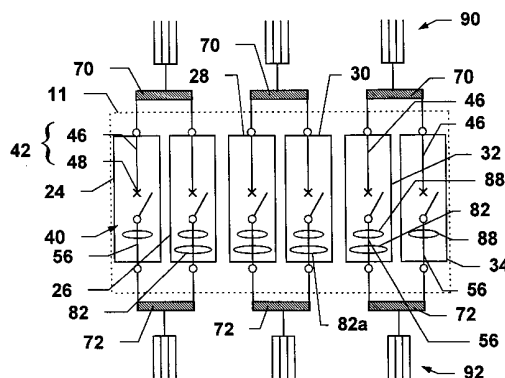
⑦② Inventeur(s) : GRELIER CLAUDE et MOREL  
ROBERT.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : SCHNEIDER ELECTRIC INDUS-  
TRIES SA.

⑤④ APPAREILLAGE DE COUPURE TRIPHASE DE FORTE INTENSITE A DEUX POLES JUMELES PAR PHASE,  
MUNI DE CIRCUITS MAGNETIQUES DE COMPENSATION.

⑤⑦ Dans un appareillage de coupure triphasé 10 ayant  
deux pôles adjacents par phase, on munit le pôle intérieur  
26, 32 de chaque phase latérale d'un circuit magnétique 82  
de compensation, destiné à optimiser la répartition du cou-  
rant entre les deux pôles 24, 26 et 32, 34 de chaque phase  
latérale en régime triphasé équilibré. Cette disposition per-  
met d'équilibrer les courants circulants dans les deux pôles  
d'une même phase latérale, en diminuant spécifiquement  
l'intensité du courant et la température dans le pôle intérieur  
26, 32 des phases latérales.



## **APPAREILLAGE DE COUPURE TRIPHASE DE FORTE INTENSITE A DEUX POLES JUMELES PAR PHASE, MUNI DE CIRCUITS MAGNETIQUES DE COMPENSATION**

- 5 L'invention concerne les appareillages de coupure triphasés à forte intensité, avec ou sans neutre, comportant des compartiments polaires branchés en parallèle.

Le document EP 0 320 412 décrit un appareillage de coupure triphasé à forte intensité, en l'espèce un disjoncteur, comportant deux compartiments polaires adjacents par pôle, et deux compartiments polaires adjacents pour le neutre. Chaque compartiment polaire  
10 comporte deux contacts séparables reliés chacun à une plage de contact. Les compartiments polaires d'une même phase sont jumelés en reliant électriquement deux à deux les plages de contact par l'intermédiaire d'une barrette de raccordement. Chaque paire de pôles jumelés constitue ainsi une boucle de courant formée par les deux  
15 barrettes de raccordement et les conducteurs des deux compartiments polaires. Chaque phase est raccordée au niveau de ses barrettes de raccordement à un jeu de barre.

Il s'avère que lorsque le disjoncteur est fermé, en régime triphasé alternatif équilibré, l'interaction électromagnétique mutuelle entre les courants de phases donne lieu à une  
20 répartition des courants non homogène dans les barres et dans les parties conductrices du disjoncteur. Le champ électromagnétique produit par chacun des conducteurs influence la répartition du courant dans les autres conducteurs. Globalement, on observe alors un échauffement non homogène de certaines parties conductrices, connu sous le nom d'effet de proximité. Du fait que les forces électromotrices induites par la  
25 circulation du courant dans les différentes branches de circuit augmentent avec le calibre du disjoncteur, l'hétérogénéité est d'autant plus importante que le calibre du disjoncteur est élevé. Pour un courant nominal de phase de 6300A par exemple, on peut observer une répartition de la valeur efficace du courant de l'ordre de 1/3, 2/3 entre les deux compartiments d'une même phase, de sorte que les intensités ou les températures  
30 atteintes en certains points peuvent dépasser les limites fixées par les normes.

Pour stabiliser la répartition du courant entre les deux branches correspondant à deux pôles jumelés d'une même phase d'un disjoncteur de puissance basse tension, il a déjà été proposé dans le document FR 2 063 078 de faire se croiser les conducteurs des deux  
35 branches, de manière à superposer de deux portions de conducteurs traversées par des courants en sens opposés, et de disposer un circuit magnétique enlaçant les deux conducteurs superposés. Selon l'enseignement de ce document, un tel dispositif permet de compenser les différences d'intensité entre les deux branches d'une même phase,

engendrées par les différences de résistance électrique, par exemple au niveau des résistances de contact des contacts de chacune des branches. Sachant que dans la pratique, les différences entre résistances de contact de deux pôles sont de l'ordre de 5%, ce dispositif s'avère efficace pour de faibles variations de l'intensité du courant

5 entre les deux compartiments d'une même phase. Toutefois, le dispositif s'avère difficile à mettre en œuvre lorsque le déséquilibre entre phase devient important ou lorsque le calibre de l'appareillage augmente. En particulier, le croisement des conducteurs dans un même circuit magnétique, s'il ne pose pas de problème pour des courants d'intensité moyenne, de l'ordre de 630A, ne peut plus être appliqué pour les

10 appareillages de très forte intensité, au delà de 4000A notamment, pour des raisons évidentes d'encombrement. Or c'est justement sur les appareils de très forte intensité que l'effet des forces électromotrices induites mutuelles entre branches du circuit électrique interne à l'appareillage devient critique. L'enseignement du document FR 2 063 078 ne permet donc pas de résoudre le problème spécifique posé par l'effet de

15 proximité entre phases décrit précédemment.

Une autre méthode pour stabiliser la répartition du courant entre les deux branches correspondant à deux pôles jumelés d'une même phase d'un disjoncteur de puissance basse tension, consisterait à disposer les deux pôles de chaque phase de manière non

20 contiguë, par exemple de manière à ce que les deux pôles de chaque phase soient séparés l'un de l'autre par l'un des pôles de chacune des deux autres phases. Si l'on numérote de 1 à 6 les six compartiments polaires d'un côté à l'autre du disjoncteur, on aurait ainsi : les pôles 1 et 4 pour une première phase, les pôles 2 et 5 pour une deuxième, et les pôles 3 et 6 pour la troisième phase. Mais une telle disposition

25 engendre un encombrement important au niveau des jeux de barres des différentes phases et des pontages entre pôles d'une même phase. De plus, elle interdit tout dispositif d'interaction entre compartiments polaires d'une même phase : elle interdit notamment de disposer entre les deux compartiments polaires d'une même phase un orifice de communication comme décrit par exemple dans le document FR 2 778 788,

30 orifice qui permet d'assurer une répartition adéquate de l'énergie de coupure en cas d'ouverture de l'appareillage sur défaut.

L'invention vise donc à améliorer, voire optimiser, la distribution du courant électrique et des températures entre les pôles jumelés composant les phases d'un appareillage de

35 coupure triphasé à pôles jumelés contigus, en limitant le surcoût induit par les dispositions adoptées ainsi que l'augmentation de l'encombrement de l'appareillage.

Selon l'invention, cet objectif est atteint grâce à un appareillage électrique de coupure triphasé comportant un boîtier en matériau isolant comportant au moins six compartiments polaires disposés côte à côte, chaque phase comportant :

- deux pôles adjacents, chaque pôle comportant
  - 5           – un desdits compartiment polaires et
  - une paire d'organes de contact séparables formée par un premier et un deuxième organe de contact ;
- un premier pontage, reliant électriquement les premiers organes de contact des deux pôles adjacents de ladite phase ;
- 10       – un deuxième pontage, reliant électriquement les deuxièmes organes de contact des deux pôles adjacents de ladite phase ;

l'une des trois phases constituant une phase médiane encadrée par les deux autres phases qui forment chacune une phase latérale, l'un des deux pôles de chaque phase latérale formant un pôle intérieur dont le compartiment polaire est adjacent  
15       de l'un des compartiments polaires de la phase médiane,  
et dans lequel :

- chacun desdits compartiments polaires intérieurs des phases latérales comporte un circuit magnétique de compensation, disposé entre l'un des deux pontages de ladite phase et la paire d'organes de contact dudit compartiment polaire  
20       intérieur,
- les deux autres compartiments polaires des deux phases latérales sont dépourvus de circuits magnétiques de compensation.

En effet, il apparaît qu'en régime triphasé équilibré, l'interaction électromagnétique  
25       entre les phases disposées dans un même plan, a pour effet d'augmenter l'intensité du courant circulant dans les pôles intérieurs des phases latérales, au détriment du courant circulant dans les pôles extérieurs des mêmes phases. Ce sont donc également les pôles intérieurs des phases latérales qui se trouvent les plus affectés par l'augmentation des températures par effet Joule. Selon l'invention, en disposant judicieusement les circuits  
30       magnétiques sur les branches intérieures des phases latérales, on introduit dans le circuit une impédance qui fait diminuer le courant de manière ciblée dans le compartiment polaire où est situé le circuit magnétique. On obtient ainsi le résultat souhaité avec un surcoût minimal.

35       Le fait que les pontages fassent partie de l'appareillage, permet d'éliminer l'influence des parties du circuit situées à l'extérieur de l'appareillage, notamment l'influence du jeu de barres d'alimentation. En d'autres termes, les boucles de courants de chaque phase, constituées par les conducteurs des deux compartiments polaires et les pontages

amont et aval, sont définies dès la conception de l'appareillage, et ne dépendent pas du montage sur site. Il est donc possible de calibrer judicieusement le circuit magnétique, de manière à obtenir la compensation souhaitée pour des conditions d'alimentation données. La compensation obtenue est alors indépendante de la composition ou de la disposition des circuits amont et aval, et notamment de la disposition des jeux de barres.

Avantageusement, pour chaque compartiment polaire intérieur, le circuit magnétique de compensation fait partie d'un transformateur de courant comportant en outre un enroulement secondaire d'alimentation d'un circuit électronique de l'appareillage. Les appareillages de coupure sont souvent munis d'au moins un circuit magnétique d'alimentation disposé sur chacun des circuits polaires. On utilise alors, pour la compensation, l'un des circuits magnétiques d'alimentation existants, et l'on se contente de ne pas monter le circuit magnétique d'alimentation du compartiment polaire adjacent de la même phase. L'effet recherché est alors obtenu avec une baisse de coût par rapport au coût unitaire d'un pôle.

Avantageusement, pour chaque pôle intérieur, le circuit magnétique comporte :

- une partie principale entourant une partie conductrice de l'un des organes de contact, une portion de cette partie principale constituant un noyau pour l'enroulement secondaire ; et
- un shunt magnétique disposé en dérivation sur ladite portion constituant le noyau de l'enroulement secondaire, le shunt magnétique comportant un entrefer total ou partiel.

L'entrefer est dit partiel lorsqu'il est non nul sur une partie de la section du shunt, et nul sur la partie restante de la section. Ce type de circuit, décrit par exemple dans le document EP 0 704 867, offre classiquement l'avantage de shunter le noyau assurant l'alimentation du circuit secondaire, lorsque le courant primaire dépasse une certaine valeur seuil. Ce type de circuit magnétique permet ici en outre de séparer les deux fonctions d'alimentation et de compensation, remplies par le circuit magnétique. On peut en effet dimensionner de manière relativement indépendante l'un de l'autre, d'une part le noyau destiné à la fonction d'alimentation du circuit électronique, et d'autre part le shunt assurant la fonction de compensation et d'écrêtage au delà de la valeur seuil.

Selon un mode de réalisation préféré, pour chaque compartiment polaire intérieur, le transformateur de courant est situé à l'intérieur dudit compartiment polaire. On utilise alors l'emplacement dédié habituellement au transformateur de courant d'alimentation.

En d'autres termes, il est possible avec une telle disposition d'adopter une architecture commune pour un appareillage à un pôle par phase et pour un appareillage à deux pôles jumelés par phase.

- 5 Selon un autre mode de réalisation, pour chaque compartiment polaire intérieur, le transformateur de courant est situé à l'extérieur dudit compartiment polaire. Cette disposition offre plus de place pour loger le circuit magnétique. Elle permet en outre d'éviter que l'échauffement du circuit magnétique provoqué par les pertes fer n'échauffe le compartiment polaire intérieur correspondant.

10

- Préférentiellement, le circuit magnétique de compensation est dimensionné de telle manière que lorsque l'appareillage est alimenté en régime triphasé équilibré à sa tension assignée, et traversé par son courant assigné à sa fréquence assignée, chaque circuit magnétique de compensation engendre dans le compartiment polaire intérieur une
- 15 impédance telle que le courant traversant le pôle intérieur de chaque phase latérale soit inférieur ou égal au courant traversant l'autre pôle de la même phase. La stricte égalité entre les valeurs efficaces des courants traversant les deux branches d'une phase latérale permet d'obtenir l'équilibre entre les énergies dissipées dans les deux compartiments polaires d'une même phase. Mais on sait que dans de nombreuses configurations,
- 20 l'évacuation de la chaleur est potentiellement plus importante pour les pôles extérieurs des phases latérales. Dans ce cas, une surcompensation permet de faire passer la plus grande part du courant dans le compartiment le plus facile à refroidir.

- Avantageusement, les pontages sont solidaires du boîtier. L'appareillage est alors livré
- 25 sur site avec ses pontages montés. Préférentiellement les pontages sont fixés à l'extérieur des compartiments polaires.

Selon un mode particulier de réalisation, l'appareillage est un appareillage débrochable et comporte :

- 30 – un châssis dans lequel est apte à coulisser le boîtier entre une position embrochée et une position débrochée,
- des plages de raccordement solidaires du châssis, chaque organe de contact ayant une des plages de raccordement lui correspondant,
- des pinces d'embrochage, chacun desdits organes de contact ayant une ou
- 35 plusieurs pinces d'embrochage lui correspondant et qui permettent une liaison électrique débrochable entre ledit organe de contact et la plage de raccordement correspondante,

lesdits pontages étant disposés de telle manière que pour chaque phase, le premier pontage relie électriquement les premiers organes de contact au travers de la ou des pinces d'embrochage correspondant auxdits premiers organes de contact reliés et que pour chaque phase, le deuxième pontage relie électriquement les deuxièmes organes de contact au travers de la ou des pinces d'embrochage correspondant auxdits deuxièmes organes de contact reliés.

Cette disposition permet de prendre en compte dans la compensation les courants circulant dans les circuits de liaison entre les plages de raccordement et les organes de contact, y compris les pinces d'embrochage.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront de la description qui va suivre de différents modes de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés dans lesquels:

- la figure 1 représente une vue en perspective éclatée d'un appareillage électrique de coupure selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 représente une vue en perspective de l'appareillage électrique de coupure selon le premier mode de réalisation de l'invention, montrant en particulier la partie postérieure de l'appareillage ;
- la figure 3 représente une vue en coupe d'un compartiment polaire intérieur d'une phase latérale de l'appareillage de la figure 1 ;
- la figure 4 représente une vue en coupe d'un compartiment polaire extérieur d'une phase latérale de l'appareillage de la figure 1 ;
- la figure 5 représente de manière schématique un détail d'un circuit magnétique utilisé dans le premier mode de réalisation de l'invention, en vue de dessus ;
- la figure 6 représente un schéma électrique d'un circuit triphasé de l'appareillage électrique de la figure 1 ;
- la figure 7 représente un courant circulant dans une phase latérale de l'appareillage de la figure 1 ;
- la figure 8 représente un schéma électrique d'un circuit triphasé d'un appareillage électrique selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

En référence aux figure 1 à 5, un disjoncteur 10 triphasé hexapolaire comporte un boîtier isolant formé par l'assemblage d'un socle postérieur 12, d'un bloc intermédiaire 14 à fonds ouverts et d'une face avant 16, qui délimitent un compartiment postérieur et un compartiment antérieur, de part et d'autre d'une cloison antérieure 18 du bloc intermédiaire 14. Dans le compartiment antérieur est logé un mécanisme de commande

20 du disjoncteur 10, qui agit sur un arbre de commutation 22 commun à l'ensemble des pôles du disjoncteur. Ce mécanisme 20 est rapporté sur la cloison antérieure 18 du bloc intermédiaire 14.

5 Comme le montre la figure 2, le compartiment postérieur est lui-même subdivisé en six compartiments polaires élémentaires 24, 26, 28, 30, 32, 34 par des cloisons intercalaires 25, 27, 29, 31, 33. Les compartiments polaires sont alignés côte à côte et forment ainsi trois paires adjacentes, chaque paire correspondant à une phase du disjoncteur. Les cloisons 25, 29 et 33, qui séparent chacune les deux compartiments  
10 polaires d'une même phases, sont munies d'un orifice de communication 36, décrit en détail dans le document FR 2 778 788. Cet orifice 36 est destiné à améliorer la répartition de l'énergie de coupure lors de la séparation des contacts. Les cloisons 27 et 31 sont quant à elles étanches. Dans la suite, la phase comprenant les compartiments polaires 28, 30 sera dite phase médiane, et les deux autres phases, qui encadrent la  
15 phase médiane, seront dites latérales. L'une des phases latérales comporte le compartiment polaire 26 dit intérieur, jouxtant le compartiment polaire 28 de la phase médiane et le compartiment polaire 24 dit extérieur, alors que l'autre phase latérale comporte le compartiment polaire 32 dit intérieur, jouxtant le compartiment polaire 30 de la phase médiane, et le pôle 34 dit extérieur.

20

Chaque pôle comporte un organe de contact mobile 40, un organe de contact fixe 42, et une chambre d'extinction d'arc 44 munie de séparateurs, ainsi que le compartiment polaire correspondant qui loge au moins partiellement ces éléments. L'organe de contact fixe 42 comporte une plage de contact 46 en matériau conducteur, en  
25 l'occurrence du cuivre, traversant le socle postérieur 12 du boîtier, et une pastille de contact 48. L'organe de contact mobile 40 est doté d'une pluralité de doigts de contact 50 disposés côte à côte et montés à pivotement sur un premier axe transversal 52 d'une cage de support 54. Le talon de chaque doigt 50 est connecté à une deuxième plage de contact 56 traversant le socle 12, par l'intermédiaire d'une tresse 58 en matériau  
30 conducteur. Les plages de contact 46, 56 sont destinées à être raccordées au réseau amont et aval, par exemple à travers un jeu de barres. L'extrémité de la cage 54 située à proximité de la deuxième plage de contact 56 est équipée d'un axe logé dans un palier solidaire du boîtier isolant, de façon à autoriser le pivotement de la cage 54 entre une position ouverte et une position fermée du pôle autour d'un axe géométrique 59  
35 matérialisé sur la figure 3. Un dispositif à ressorts de pression de contact 60 est disposé dans une encoche de la cage 56 et sollicite les doigts de contact 50 en pivotement autour du premier axe 52 en direction du contact 48. Chaque doigt de contact 50 comporte une pastille de contact 62 qui, dans la position représentée sur la figure 3, est en contact

avec la pastille unique 48 disposée sur l'organe de contact fixe 42. La cage 54 est accouplée à l'arbre de commutation 22 par l'intermédiaire d'une bielle de transmission 64 de telle sorte que la rotation de l'arbre 22 induise un pivotement de la cage 54 autour de l'axe 59.

5

Sur la figure 2 est représenté un pontage 70 en matériau conducteur qui relie électriquement les organes de contact fixes 42 des deux pôles adjacents 24, 26 formant l'une des phases latérales. De même, un pontage 72 relie électriquement les organes de contact mobiles 40 des deux pôles adjacents 24, 26. Les deux autres phases sont également munies de pontages identiques aux pontages 70, 72, mais ces pontages n'ont pas été représentés sur la figure 2, afin de permettre de visualiser la partie postérieure des plages de contact 46, 56. Pour chaque phase, les pontages 70, 72 permettent le jumelage des pôles adjacents branchés en parallèle, et constituent une boucle de courant avec les conducteurs situés dans les compartiments polaires jumelés.

15

Comme indiqué sur les figures 3 et 5, chacun des pôles intérieurs 26, 32 des phases latérales est muni d'un transformateur de courant 80, destiné à alimenter un circuit électronique du disjoncteur. Le transformateur de courant d'alimentation 80 comporte, de manière connue en soi, un circuit magnétique 82 composé par un empilement de tôles de transformateur, composant un circuit magnétique autour du conducteur constituant la plage de contact 56 de l'organe de contact mobile 40, et un bobinage 84 constituant un enroulement secondaire d'alimentation du circuit électronique du disjoncteur. Le transformateur de compensation 80 est du type à shunt magnétique à entrefer partiel ou total, tel que décrit dans le document EP 0 704 867 A. Le circuit magnétique comporte un circuit principal 83 entourant le conducteur primaire constitué par la plage de contact 56. Une portion du circuit magnétique principal 83 constitue un noyau magnétique 85 de l'enroulement secondaire 84. Le circuit magnétique 82 comporte en outre un shunt magnétique 86 mis en dérivation sur le noyau 85. Ce shunt magnétique comporte un entrefer 87, situé entre une extrémité du shunt 86 et une partie du circuit magnétique principal, qui relie une zone proche du conducteur primaire et le noyau 85 de l'enroulement secondaire 84. La section du shunt magnétique 86 à proximité de l'entrefer, est supérieure à la section du circuit magnétique à l'endroit du noyau 85 de l'enroulement secondaire 84. Le circuit magnétique principal 83, le noyau 85 et le shunt 86 forment une même pièce, constituée par des tôles empilées ou par d'autres matériaux magnétiques.

35

Les deux pôles extérieurs des phases latérales sont, quant à eux, dépourvus de transformateurs de courant d'alimentation, comme le montre la figure 4.

Chacun des deux pôles 28, 30 de la phase médiane comporte un transformateur de courant d'alimentation 80a identique aux transformateurs 80, avec un circuit magnétique 82a et un enroulement secondaire 84a.

5

La présence d'au moins un transformateur de courant d'alimentation 80, 80a du circuit électronique par phase est rendue nécessaire afin d'assurer le fonctionnement de l'électronique du disjoncteur dans toutes les configurations d'utilisation, et notamment lorsqu'une seule des trois phases est alimentée.

10

Par ailleurs, chacun des compartiments polaires est pourvu d'un tore de mesure 88 dit de Rogowsky entourant la plage de contact, délivrant un signal de faible puissance proportionnel au courant traversant la plage de contact.

15

La figure 6 représente schématiquement le circuit électrique formé par les trois phases du disjoncteur, branché à un jeu de barres amont 90 et à un jeu de barres aval 92. Pour chaque phase, les pontages 70, 72 sont branchés entre le jeu de barres amont et le jeu de barres aval de la phase.

20

Le schéma électrique correspondant à une phase latérale a été représenté de manière plus dépouillée sur la figure 7. Lorsque l'on observe le courant traversant la boucle fermée, représentée sur la figure 7, on peut exprimer les intensités  $i_1$  et  $i_2$  du courant traversant chacune des branches de la boucle en fonction du courant d'alimentation  $I$  entrant dans la boucle, de la manière suivante :

25

$$\begin{cases} i_1 = I/2 + \Delta I \\ i_2 = I/2 - \Delta I \end{cases}$$

avec  $(i_1 + i_2) = I$  et  $\Delta I = \frac{1}{2} (i_1 - i_2)$

30

$\Delta I$  représente alors un courant de boucle, qui est nul lorsque les courants sont équilibrés.

35

Dans la phase médiane, les deux branches de la boucle de courant sont identiques, du fait de la présence d'un transformateur de courant 80a dans chaque branche, et sont soumises à des influences électromagnétiques relativement équilibrées engendrées par les phases latérales. Par conséquent, le courant se répartit de manière relativement équilibrée entre les deux branches de la phase médiane.

Dans chacune des phases latérales, la branche de circuit comportant le compartiment polaire intérieur (26, respectivement 32) est munie d'un circuit magnétique 82 constitué par le transformateur de courant d'alimentation 80, qui n'a pas d'équivalent dans la  
 5 branche comportant le compartiment extérieur (24, resp. 34). On s'attendrait donc à une distribution déséquilibrée du courant entre les deux branches, du fait de l'impédance introduite dans la branche intérieure par le circuit magnétique 82. Or tel n'est pas le cas : en effet, l'impédance du transformateur de courant 80 ne fait que compenser le déséquilibre dû aux forces électromotrices induites par les autres phases  
 10 sur chacune des branches de la phase en question.

C'est ce que confirme l'essai reproduit sur la table n°1 avec le disjoncteur de l'invention. Le disjoncteur fermé était traversé par un courant triphasé de valeur efficace 6300 A par phase, et après stabilisation, au bout de 8 heures de  
 15 fonctionnement, on a mesuré l'intensité efficace traversant chaque pôle, ainsi que la température de la plage de contact fixe :

| phase latérale gauche            |                                  | phase médiane                    |                                  | phase latérale droite            |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| pôle extérieur                   | pôle intérieur                   | pôle gauche                      | pôle droit                       | pôle intérieur                   | pôle extérieur                   |
| $t^{\circ} = 79^{\circ}\text{C}$ | $t^{\circ} = 86^{\circ}\text{C}$ | $t^{\circ} = 90^{\circ}\text{C}$ | $t^{\circ} = 87^{\circ}\text{C}$ | $t^{\circ} = 83^{\circ}\text{C}$ | $t^{\circ} = 80^{\circ}\text{C}$ |
| $i_1 = 3600\text{A}$             | $i_2 = 3000\text{A}$             | $i_1 = 3200\text{A}$             | $i_2 = 3300\text{A}$             | $i_1 = 3100\text{A}$             | $i_2 = 3400\text{A}$             |

table 1 : disjoncteur selon l'invention

25 A titre de comparaison, on a représenté schématiquement sur la table n°2 les résultats obtenus dans les mêmes conditions avec un disjoncteur dont les compartiments polaires extérieurs des phases latérales sont munis de transformateurs de courant d'alimentation identiques aux transformateurs des compartiments polaires intérieurs. On observe alors une répartition très déséquilibrée des courants de branches :

30

| phase latérale gauche            |                                  | phase médiane                     |                                  | phase latérale droite             |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| pôle extérieur                   | pôle intérieur                   | pôle gauche                       | pôle droit                       | pôle intérieur                    | pôle extérieur                   |
| $t^{\circ} = 76^{\circ}\text{C}$ | $t^{\circ} = 97^{\circ}\text{C}$ | $t^{\circ} = 100^{\circ}\text{C}$ | $t^{\circ} = 97^{\circ}\text{C}$ | $t^{\circ} = 110^{\circ}\text{C}$ | $t^{\circ} = 76^{\circ}\text{C}$ |
| $i_1 = 2500\text{A}$             | $i_2 = 4000\text{A}$             | $i_1 = 3750\text{A}$              | $i_2 = 3500\text{A}$             | $i_1 = 4050\text{A}$              | $i_2 = 2300\text{A}$             |

35

table 2 : disjoncteur avec un transformateur par pôle

Ce déséquilibre est dû aux interactions entre phases, qui se traduisent au niveau de chaque branche du circuit de courant par une inductance de valeur différente. Le courant traversant le pôle intérieur s'avère alors toujours plus élevé que le courant traversant le pôle extérieur correspondant.

5

La comparaison montre qu'en ôtant des branches extérieures des phases latérales les transformateurs de courant d'alimentation, on favorise un rééquilibrage des courants de branches. En l'occurrence, il y a même en l'espèce une légère surcompensation, puisque le courant traversant les pôles extérieur est supérieur au courant traversant les pôles intérieurs des phases latérales. Cela est avantageux, car le pôle extérieur peut mieux diffuser la chaleur dans l'environnement.

Il se trouve donc en pratique que l'impédance d'un transformateur de courant d'alimentation 80a tel qu'utilisé habituellement avec ce type de pôle, correspond sensiblement à l'impédance du circuit magnétique 82 qu'il faut introduire pour rééquilibrer le circuit. Les transformateurs de courant d'alimentation des phases latérales ont alors également une fonction de circuit magnétique de compensation. Pour faciliter l'industrialisation, les transformateurs 80 sont idéalement identiques aux transformateurs 80a de la phase médiane, qui n'ont pas la fonction de rééquilibrage. Mais il est également possible de prévoir des transformateurs spécifiques 80, différant des transformateurs 80a par leur taille ou leur constitution.

Pour que le rééquilibrage entre les courants des branches polaires entraîne un rééquilibrage des températures internes des conducteurs dans les compartiments polaires, il est important que le transformateur de courant 80 servant à la compensation n'engendre pas par sa présence un échauffement du compartiment polaire correspondant. C'est la raison pour laquelle on utilise de préférence un circuit magnétique en tôles de transformateur empilées, permettant de minimiser les courants de Foucault dans le circuit magnétique.

30

La structure du circuit magnétique 82 avec un shunt à entrefer 87, offre l'avantage de permettre de dimensionner séparément le noyau 85 et le shunt 86 pour leur fonction propre. L'entrefer 87 du shunt 86 provoque en effet un comportement non linéaire du transformateur : à bas niveau de courant primaire, seule une très faible portion du flux magnétique peut passer par le shunt 86 et traverser l'entrefer 87; la quasi totalité du flux passe alors par le noyau magnétique 85. Lorsque le courant primaire  $I$  augmente, la proportion de flux magnétique pouvant passer par le shunt 87 augmente et la proportion de flux passant par le noyau 85 diminue. Le flux magnétique traversant

35

l'entrefer augmente très rapidement lorsque l'induction magnétique produite par le courant primaire circulant dans le conducteur dépasse un certain seuil, qui est déterminé par la taille et la forme de l'entrefer. Ceci permet de limiter la valeur efficace du courant secondaire et la puissance dissipée dans le circuit secondaire tout en dimensionnant la masse magnétique du shunt 86 en fonction de l'inductance de compensation que l'on souhaite créer dans le pôle intérieur. On peut en particulier dimensionner le shunt de manière à obtenir ou non, suivant les besoins, une saturation du circuit magnétique pour le courant assigné du disjoncteur. L'entrefer du shunt peut être total ou partiel. Dans ce dernier cas, on dispose d'un paramètre de plus pour l'optimisation du comportement non linéaire du shunt, à savoir la section de la partie du shunt ayant un entrefer nul.

Suivant une variante de réalisation, il est possible de disposer le transformateur de courant de compensation 80 du côté postérieur du socle postérieur du boîtier, en dehors du compartiment polaire, l'essentiel étant qu'il soit à l'intérieur de la boucle de courant définie par les deux pontages, sur la branche interne des phases latérales. Cette disposition permet d'éviter que la présence du transformateur de courant provoque un échauffement du pôle. On peut alors se passer de dispositions constructives spécifiques limitant l'échauffement du transformateur lui-même.

Suivant une autre variante de réalisation pour un disjoncteur fixe, chaque pôle est muni d'un transformateur de courant d'alimentation. Un circuit magnétique de compensation spécifique est alors ajouté sur les branches internes des boucles de courant des phases latérales. Dans ce cas, tant pour des contraintes d'encombrement que pour des contraintes thermiques, il est avantageux de disposer les deux circuits magnétiques sur la face postérieure du socle postérieur du boîtier du disjoncteur.

La figure 8 représente un schéma électrique d'un appareillage électrique de coupure selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Les signes de références utilisés sont identiques à ceux du premier mode de réalisation, pour les parties identiques. L'appareillage comporte un châssis dans lequel est apte à coulisser un boîtier de disjoncteur, entre une position embrochée et une position débrochée. Le disjoncteur est composé de compartiments polaires semblables à ceux illustrés dans le premier mode de réalisation de l'invention. Les plages de contacts 46, 56 de chaque pôle sont reliées à des plages de raccordement 100 supportées par une plaque 102 formant le fond du châssis, par l'intermédiaire de pinces d'embrochage 104. On a représenté une pince d'embrochage unique par plage de contact, mais on peut également prévoir une pluralité de pinces d'embrochage par plage de contact, comme décrit par exemple dans le

document EP 0 926 793. La représentation plane dépliée du schéma électrique de la figure 8 impose de faire figurer deux fois la plaque 102 de fond du châssis, du côté amont et du côté aval, mais il est clair qu'en réalité, la réalisation est tridimensionnelle et il n'existe qu'une seule plaque de fond 102. Les plages de raccordement 100 sont  
5 reliées deux à deux par l'intermédiaire de pontages 106, 108 dont la fonction est identique à celle des pontages 70, 72 du premier mode de réalisation. Ainsi sont formées des boucles de courant qui regroupent, pour chaque phase, les pontages 106, 108, les plages de raccordement 100, les pinces d'embrochage 102, et les organes de contacts des pôles jumelés.

10

Contrairement au premier mode de réalisation de l'invention, tous les compartiments polaires du disjoncteur sont munis d'un transformateur de courant d'alimentation 80a. Un circuit magnétique de compensation 110 est en outre disposé dans la branche interne de chaque phase latérale. Ce circuit magnétique 110 a une inductance permettant de  
15 compenser le déséquilibre dû à l'interaction entre phases.

Cette variante présente l'intérêt de permettre un équilibrage sur une boucle de dimension plus importante, incluant les pinces d'embrochage 107 et au moins partiellement les plages de raccordement 100. Elle permet de plus de disposer le circuit  
20 magnétique d'équilibrage 110 en dehors du boîtier du disjoncteur 10, à un endroit où il a une faible influence sur la température interne des compartiments polaires. Par contre, elle nécessite des circuits magnétiques supplémentaires par rapport au premier mode de réalisation. De plus, elle ne permet pas une fabrication complète en usine. Les circuits magnétiques de compensation peuvent être disposés soit à l'extérieur du châssis, comme  
25 indiqué sur la figure 7, soit à l'intérieur, sur la face de la plaque 102 faisant face au disjoncteur 10, voire entre les plages de contact et les pinces.

Diverses variations sont envisageables. En particulier, le boîtier en matériau isolant peut être constitué de deux parties, correspondant chacune à un boîtier d'un disjoncteur  
30 triphasé à un pôle par phase, ces deux parties étant assemblées l'une à l'autre comme décrit dans le document EP 0 320 412.

L'invention s'applique aussi bien à un appareillage triphasé avec neutre qu'à un appareillage triphasé sans neutre. Le neutre peut comporter un ou deux compartiments  
35 polaires, situés à côté de l'une de phases latérales. Son influence sur la répartition des courants en régime permanent est faible et ne nécessite pas de compensation particulière.

L'appareillage peut être un disjoncteur, un interrupteur, avec ou sans fonction de sectionnement et, de manière générale, tout appareillage de coupure à très forte intensité assignée.

- 5 Les tores de mesure, les circuits magnétiques d'alimentation et/ou de compensation peuvent être disposés indifféremment du côté de l'organe de contact mobile ou du côté de l'organe de contact fixe. L'essentiel est que les circuits magnétiques servant à la compensation soient à l'intérieur de la boucle de courant délimitée par les pontages, sur la branche interne des phases latérales. De même, les tores de mesure, et les circuits  
10 magnétiques d'alimentation et/ou de compensation peuvent être disposés indifféremment du côté source ou du côté charge.

Grâce à l'invention, il est possible de dimensionner les circuits magnétiques de compensation pour obtenir un équilibrage des courants  $i_1$  et  $i_2$  pour une valeur efficace  
15 du courant  $I$  correspondant au courant assigné (au sens de la norme CEI 947-2), c'est à dire au calibre du disjoncteur. Il est également possible de prévoir une compensation partielle, notamment si l'on recherche essentiellement à homogénéiser les températures à l'intérieur des compartiments polaires. En effet, on a indiqué que le circuit magnétique est lui-même une source de chaleur qui, si le circuit est à l'intérieur du  
20 compartiment ou autour de la plage de contact, influe par conduction thermique et/ou rayonnement thermique, sur la température à l'intérieur du compartiment. Enfin, si le circuit magnétique dissipe peu de chaleur ou s'il est disposé à l'extérieur des compartiments polaires, il est également possible de prévoir au contraire une surcompensation, en dimensionnant le circuit magnétique de telle manière que la valeur  
25 efficace de l'intensité du courant dans le pôle interne soit inférieure à la valeur efficace de l'intensité dans le pôle externe. En effet, le refroidissement des compartiments polaires extérieurs des phases latérales est plus facile du fait que sur une face, ils ne sont pas exposés à la chaleur d'un compartiment adjacent. L'optimal pour l'équilibrage des températures peut donc correspondre à un courant plus élevé dans le pôle extérieur  
30 des phases latérales.

Enfin, le circuit magnétique n'est pas nécessairement du type à shunt magnétique à entrefer total ou partiel.

## REVENDICATIONS

1. Appareillage électrique de coupure triphasé (10) comportant un boîtier en matériau isolant (11) comportant au moins six compartiments polaires (24, 26, 28, 30, 32, 34) disposés côte à côte, chaque phase comportant :
- deux pôles adjacents, chaque pôle comportant
    - un desdits compartiment polaires (24, 26, 28, 30, 32, 34) et
    - une paire d'organes de contact séparables (40, 42) formée par un premier et un deuxième organe de contact ;
  - un premier pontage (70), reliant électriquement les premiers organes de contact (42) des deux pôles adjacents de ladite phase ;
  - un deuxième pontage (72), reliant électriquement les deuxièmes organes de contact (44) des deux pôles adjacents de ladite phase ;
- l'une des trois phases constituant une phase médiane encadrée par les deux autres phases qui forment chacune une phase latérale, l'un des deux pôles de chaque phase latérale formant un pôle intérieur dont le compartiment polaire (26, 32) est adjacent de l'un des compartiments polaires (28, 30) de la phase médiane,
- caractérisé en ce que :
- chacun desdits compartiments polaires intérieurs (26, 32) des phases latérales comporte un circuit magnétique de compensation (82), disposé entre l'un des deux pontages (70, 72) de ladite phase et la paire d'organes de contact (40, 42) dudit compartiment polaire intérieur (26, 32),
  - les deux autres compartiments polaires (24, 34) des deux phases latérales sont dépourvus de circuits magnétiques de compensation.
2. Appareillage selon la revendication 1 caractérisé en ce que, pour chaque compartiment polaire intérieur (26, 32), le circuit magnétique de compensation (82) fait partie d'un transformateur de courant (80) comportant en outre un enroulement secondaire (84) d'alimentation d'un circuit électronique de l'appareillage.
3. Appareillage selon la revendication 2 caractérisé en ce que, pour chaque pôle intérieur, le circuit magnétique (82) comporte :

- une partie principale (83) entourant une partie conductrice (56) de l'un des organes de contact (40, 42), une portion (85) de cette partie principale constituant un noyau pour l'enroulement secondaire (84), et
    - un shunt magnétique (86) disposé en dérivation sur ladite portion (85) constituant le noyau de l'enroulement secondaire (84), le shunt magnétique (86) comportant un entrefer total ou partiel.
- 5
- 10
4. Appareillage selon la revendication 2 caractérisé en ce que, pour chaque compartiment polaire intérieur (26, 32), ledit transformateur de courant (80) est situé à l'intérieur dudit compartiment polaire (26, 32).
- 15
5. Appareillage selon la revendication 2 caractérisé en ce que, pour chaque compartiment polaire intérieur (26, 32), ledit transformateur de courant (80) est situé à l'extérieur dudit compartiment polaire (26, 32).
- 20
6. Appareillage selon la revendication 1 caractérisé en ce que le circuit magnétique de compensation (82) est dimensionné de telle manière que lorsque l'appareillage est alimenté en régime triphasé équilibré à sa tension assignée, et traversé par son courant assigné à sa fréquence assignée, chaque circuit magnétique de compensation (82) engendre dans le compartiment polaire intérieur (26, 32) une impédance telle que l'intensité du courant traversant le pôle intérieur de chaque phase latérale soit inférieure ou égale à l'intensité du courant traversant l'autre pôle de la même phase.
- 25
- 30
7. Appareillage selon la revendication 1 caractérisé en ce que les pontages (70, 72) sont solidaires du boîtier (11).
- 35
8. Appareillage selon la revendication 7 caractérisé en ce que les pontages (70, 72) sont fixés à l'extérieur des compartiments polaires (24, 26, 28, 30, 32, 34).
9. Appareillage selon la revendication 8 caractérisé en ce que l'appareillage est un appareillage débrochable et comporte :

- un châssis dans lequel est apte à coulisser le boîtier (11) entre une position embrochée et une position débroschée,
  - des plages de raccordement (100) solidaires du châssis, chaque organe de contact (40, 42) ayant une des plages de raccordement lui correspondant,
  - 5    – des pinces d'embrochage (104), chacun desdits organes de contact (40, 42) ayant une ou plusieurs pinces d'embrochage lui correspondant et qui permettent une liaison électrique débroschable entre ledit organe de contact (40, 42) et la plage de raccordement correspondante (100),
- lesdits pontages (70, 72) étant disposés de telle manière que pour chaque phase, le
- 10   premier pontage (70) relie électriquement les premiers organes de contact (40) au travers de la ou des pinces d'embrochage (104) correspondant auxdits premiers organes de contact reliés et que pour chaque phase, le deuxième pontage (72) relie électriquement les deuxièmes organes de contact (42) au travers de la ou des pinces d'embrochage (104) correspondant auxdits deuxièmes organes de contact
- 15   reliés.

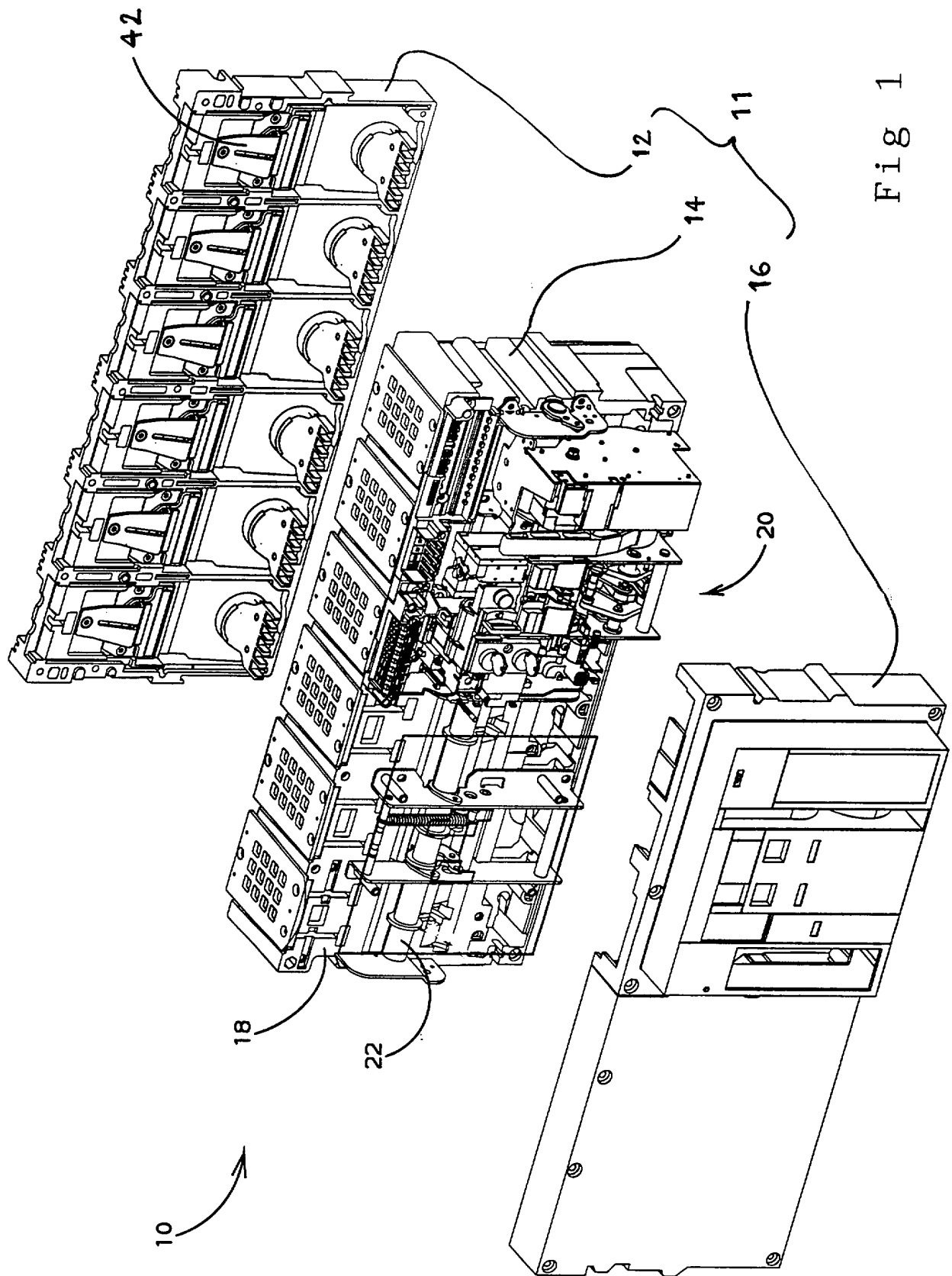


Fig 1

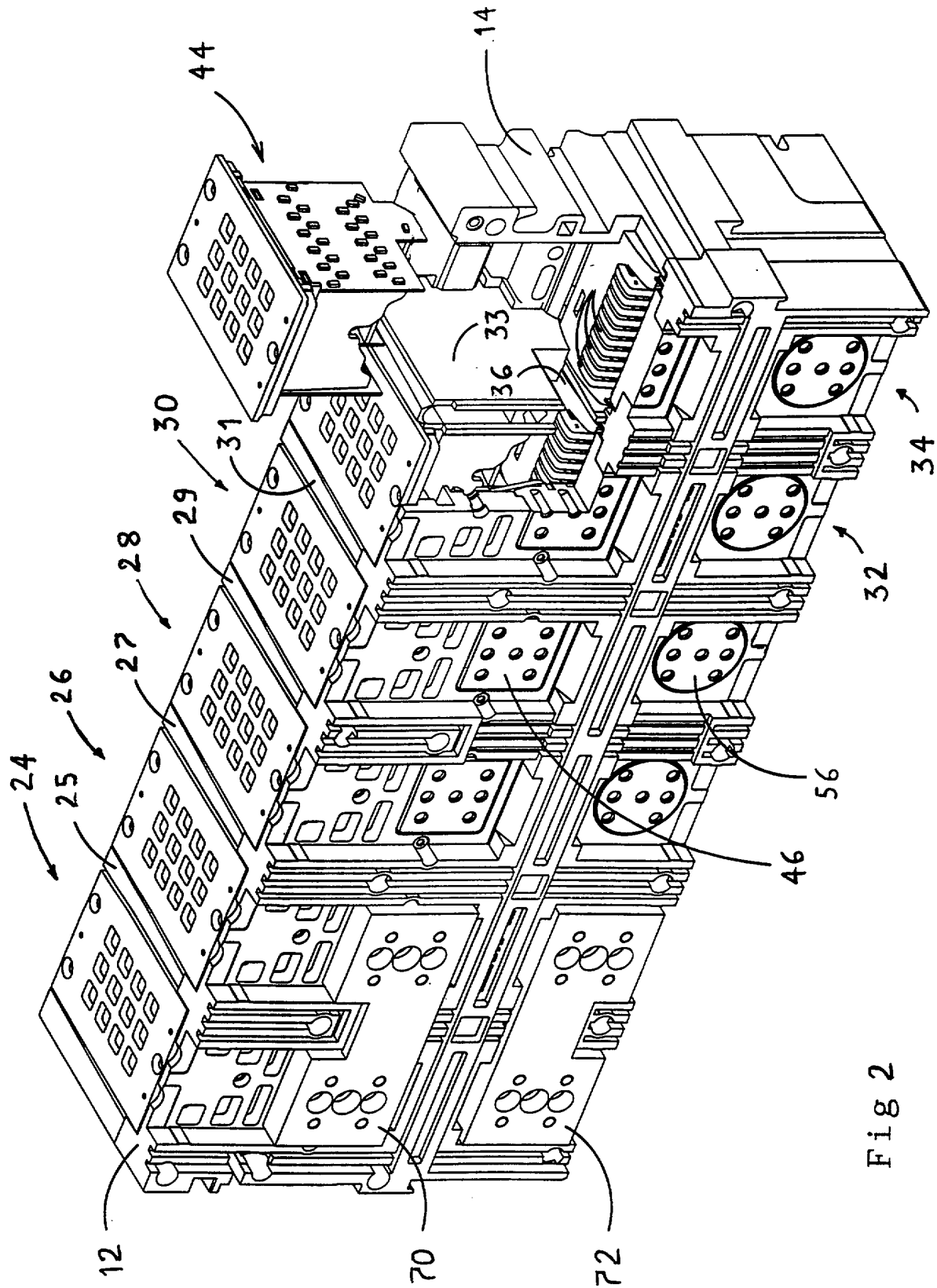


Fig 2

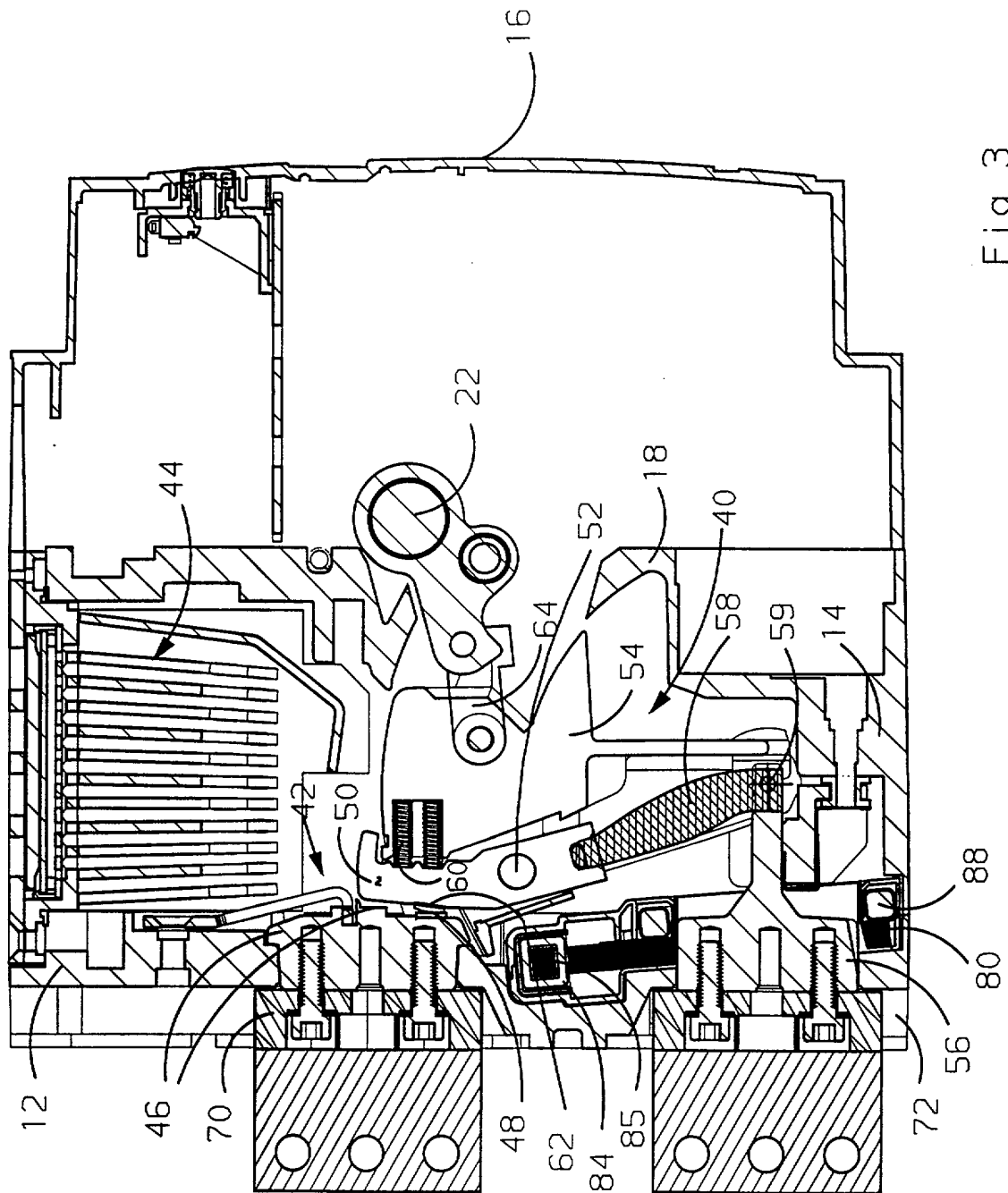


Fig 3

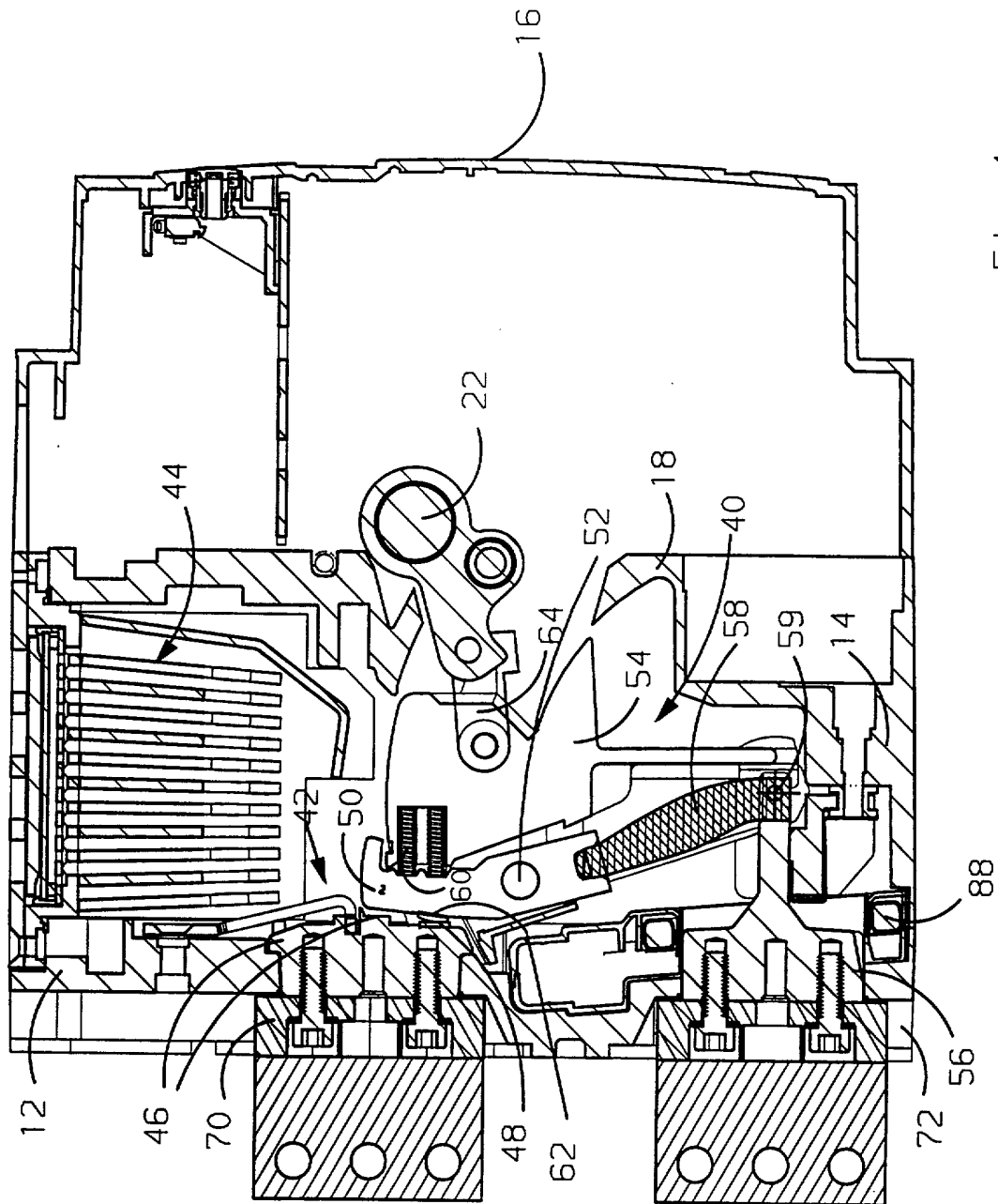


Fig 4

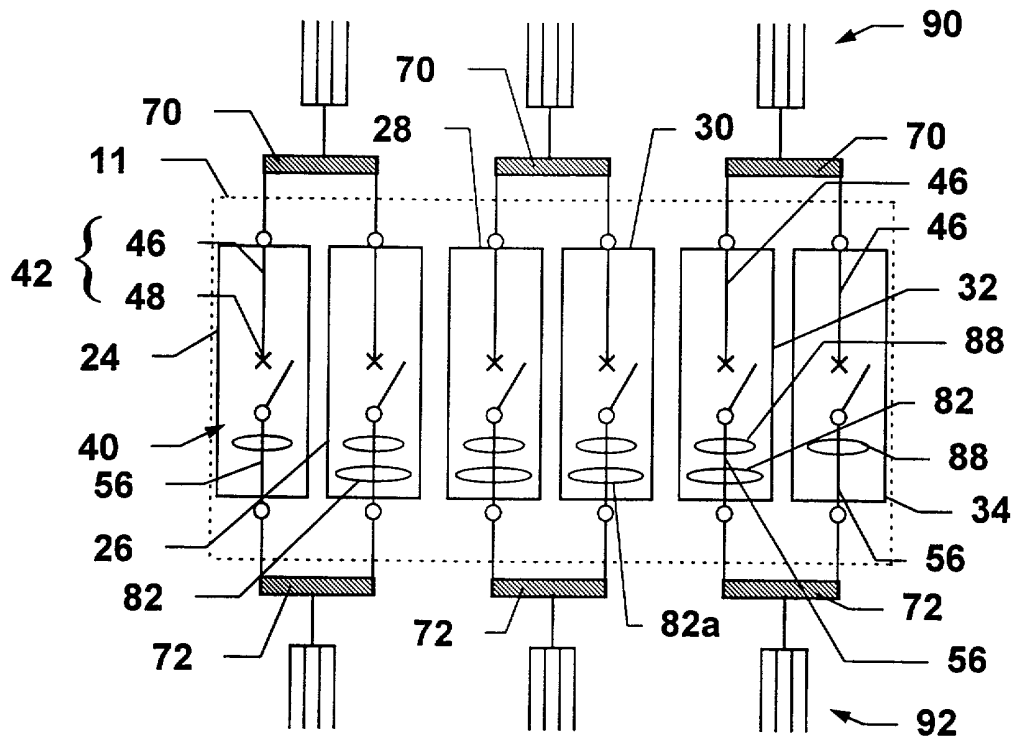


FIG. 6

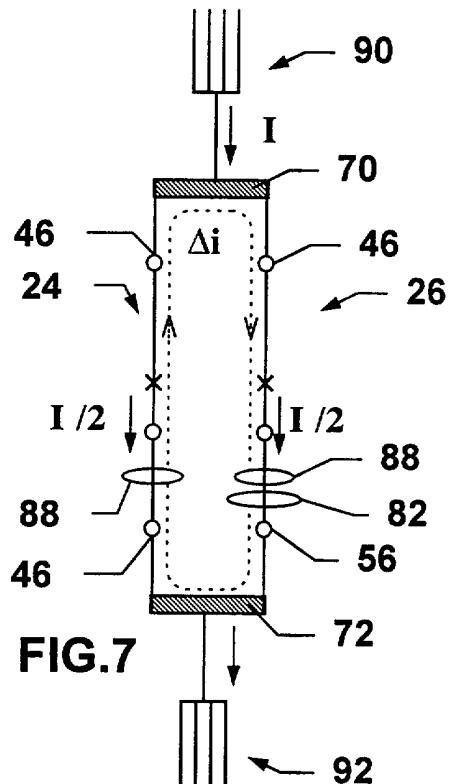


FIG. 7

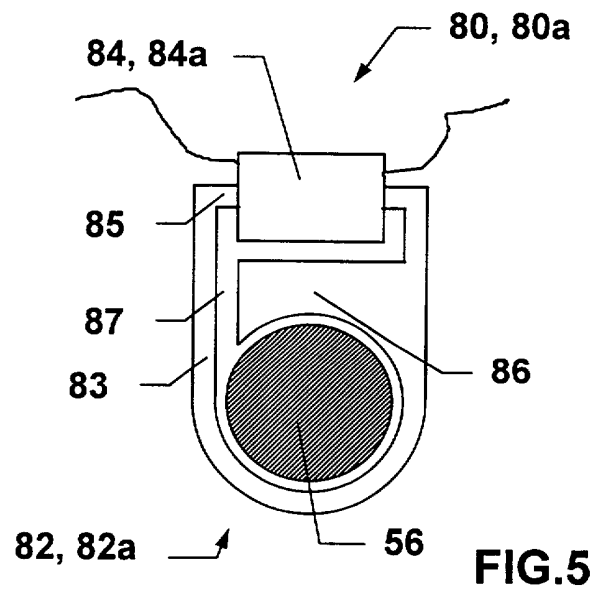


FIG. 5

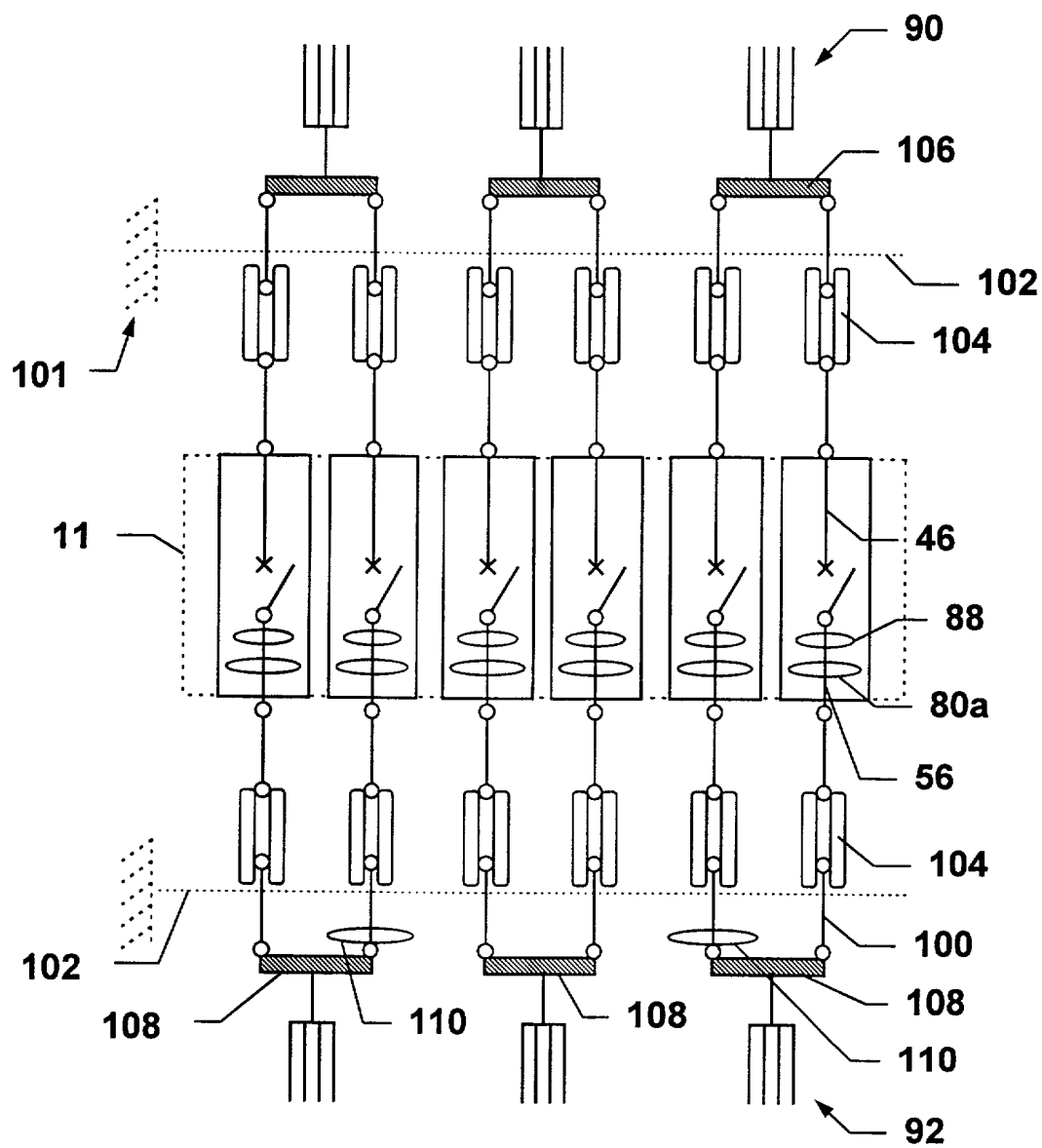
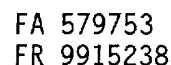


FIG.8



page 1 de 2

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         | Revendication(s)<br>concernée(s) | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                      |                                  |                                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 4 215 328 A (CHABOT FERDINAND E ET AL)<br>29 juillet 1980 (1980-07-29)<br>* abrégé; revendications * | 1-6                              |                                                 |
| A,D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | FR 2 725 320 A (SCHNEIDER ELECTRIC SA)<br>5 avril 1996 (1996-04-05)<br>* le document en entier *        | 2-6                              |                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                  | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHÉS (Int.CL.7)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                                  |                                                 |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                         | Examineur                        |                                                 |
| 14 août 2000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                         | Durand, F                        |                                                 |
| <p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>A : arrière-plan technologique<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |                                                                                                         |                                  |                                                 |

1  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)