

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :

3 083 383

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

18 55902

51 Int Cl⁸ : H 02 J 9/04 (2018.01), H 02 H 7/122

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 28.06.18.

30 Priorité :

71 Demandeur(s) : ELECTRICITE DE FRANCE Société
anonyme — FR.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 03.01.20 Bulletin 20/01.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

72 Inventeur(s) : DENEUVILLE BORIS.

73 Titulaire(s) : ELECTRICITE DE FRANCE Société ano-
nyme.

○ Demande(s) d'extension :

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

54 PROCÉDE DE PROTECTION D'UN RESEAU SUSCEPTIBLE D'ETRE ISOLE D'UN RESEAU PRINCIPAL.

57 La présente invention concerne un procédé de protec-
tion d'un réseau susceptible d'être isolé d'un réseau princi-
pal, ledit réseau comprenant :

- un dispositif de production d'électricité statique alimen-
tant le réseau ;
- une protection de départ adapté pour mettre la portion
de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonc-
tion de la valeur de courant qui la traverse ;
- une charge de consommation d'électricité en aval de la
protection de départ ;
- un moyen de réglage de la protection de départ adapté
à régler en temps et en intensité, un seuil de déclenchement
magnétique et/ou thermique de ladite protection de départ ;
ledit procédé comportant la configuration du moyen de ré-
glage telle que les caractéristiques de seuil de déclenche-
ment magnétique et/ou thermique de la protection de départ
sont inférieures à une courbe temps / courant traversant la
protection représentant la caractéristique en surcharge du
dispositif de production d'électricité statique.

FR 3 083 383 - A1



PROCEDE DE PROTECTION D'UN RESEAU SUSCEPTIBLE D'ETRE ISOLE D'UN RESEAU PRINCIPAL

5 **DOMAINE DE L'INVENTION**

La présente invention concerne un procédé de protection d'un réseau susceptible d'être isolé d'un réseau principal, notamment lorsque dans un mode isolé, l'alimentation en électricité est réalisée par des générateurs statiques.

10 La présente invention concerne également un système de protection d'un réseau mettant en œuvre un tel procédé.

ETAT DE LA TECHNIQUE

Certains lieux isolés comme des îles ou des zones montagneuses disposent de réseaux électriques qui sont ou peuvent se trouver isolés d'un réseau public (ou réseau principal). Ils
15 peuvent en être isolés de manière permanente, comme dans le cas d'une île non raccordée électriquement au continent, ou temporairement, par exemple suite à un incident sur les lignes d'alimentation en électricité lors de situations météorologiques difficiles.

En cas d'isolement, des ressources énergétiques locales parfois associées à du stockage peuvent être utilisées pour maintenir une production électrique dans le réseau isolé.

20 Ces réseaux d'alimentation dit de type micro-réseau électrique (« microgrid » en anglais) peuvent être alimentés en électricité par des générateurs dits « statiques », c'est-à-dire composés d'interrupteurs statiques, en ce sens qu'ils permettent de commuter un courant électrique sans recours à des éléments mécaniques ou électromécaniques, plus communément appelés onduleurs. C'est le cas notamment du stockage par batterie électro-
25 chimique raccordé au réseau par un générateur statique.

Le contexte de protection des micro-réseaux électriques lorsqu'ils sont alimentés par des générateurs statiques et non par les générateurs tournants est une problématique connue. Toutefois, aucune méthode générique ne permet d'en déterminer le plan de protection.

Pour les réseaux qui ne sont pas des micro-réseaux électriques, c'est-à-dire les réseaux
30 interconnectés et les réseaux alimentés par des générateurs tournants comme les groupes diesels, l'homme de l'art dispose de méthodes connues pour l'élaboration d'un plan de protection.

Pour ces réseaux, on note deux caractéristiques majeures :

35 - D'abord les sources de production et les réseaux d'alimentation peuvent être modélisés par des modèles électriques linéaires composés de sources de tension, de

résistances, d'inductances et de capacitances. L'homme de l'art dispose de méthodes de calcul permettant de calculer les courants de court-circuit nécessaires à l'élaboration du plan de protection. C'est l'objet par exemple de la norme IEC 60909.

- Par ailleurs, concernant les réseaux hautes et basses tensions, on considère dans l'élaboration des plans de protection que les réseaux d'alimentation situés en amont peuvent alimenter un défaut autant de temps que nécessaire. S'agissant de groupes synchrones alimentant un réseau déconnecté du réseau principal, on connaît les échéances de temps dites « sub transitoires », « transitoires » et « synchrones » dans lesquelles l'homme de l'art dispose d'éléments lui permettant de faire des calculs de courants de court-circuit à différents instants après le court-circuit.

Dans le cas d'un micro-réseau électrique alimenté par des générateurs statiques, aucune méthode ne permet de calculer les courants de court-circuit. En effet, les générateurs statiques utilisés pour alimenter les micro-réseaux électriques ne sont pas linéaires. Le moyen connu de l'homme de l'art est de procéder à des simulations temporelles.

De plus, dans le cas général, les générateurs statiques ont une contribution au courant de court-circuit plus de trois fois plus faible qu'un générateur synchrone ou un réseau d'alimentation. Il en résulte que certaines protections utilisables en dehors des micro-réseaux électriques ne le sont plus dans le contexte d'un micro-réseau électrique car les courants sont trop faibles.

Egalement, dans le cas général, le générateur statique ne peut fournir de courant supérieur à son courant nominal que quelques centaines de millisecondes. Souvent le fabricant du générateur statique précise sa capacité de surcharge (OCC) en anglais « Overload Current Capacity » qui détermine la durée durant laquelle le générateur peut délivrer un courant supérieur à son courant nominal, par exemple 120% pendant 10s, 150% pendant 2s et 200% pendant 200 ms.

Ainsi, l'homme de l'art n'est pas en mesure d'établir un plan de protection dans le contexte de micro-réseaux électriques.

En outre, dans le cas des réseaux qui peuvent être alimentés soit avec un groupe synchrone ou un réseau d'alimentation, soit avec une source statique, l'homme de l'art n'a pas de garantie que les protections en place seront bien fonctionnelles en alimentation de type micro-réseau électrique.

EXPOSE DE L'INVENTION

L'invention a pour but de pallier les inconvénients de l'art antérieur décrits ci-avant.

En particulier, un but de l'invention est de proposer un procédé de protection d'un réseau susceptible d'être isolé d'un réseau principal, ledit réseau comprenant :

- un dispositif de production d'électricité statique alimentant le réseau ;
- au moins une protection de départ adaptée pour mettre la portion de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonction de la valeur de courant qui la traverse;
- au moins une charge de consommation d'électricité en aval de la protection de départ ;
- au moins un moyen de réglage de la protection de départ adapté à régler en temps et en intensité, un seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de ladite protection de départ ;

le dispositif de production d'électricité statique, lorsqu'il alimente le réseau en configuration isolée, disposant d'un gabarit de surcharge qui détermine, pour plusieurs valeurs de courant supérieur à son courant nominal, la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité statique peut délivrer ce courant, ledit procédé étant caractérisé en qu'il comporte les étapes de :

- détermination d'un modèle de simulation décrivant le comportement du dispositif de production d'électricité statique sur un réseau défini ;
- et à partir dudit modèle et en fonction du gabarit de surcharge ;
- détermination d'une courbe temps/courant traversant la protection, qui représente la caractéristique en surcharge du dispositif de production d'électricité statique sur le réseau à partir de laquelle ledit dispositif de production d'électricité statique est susceptible de se déconnecter du réseau; et
 - configuration du moyen de réglage telle que les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ sont inférieures à la courbe temps/courant.

Avantageusement, mais facultativement, le système selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- l'étape de détermination du modèle temporel comporte des simulations de courts-circuits monophasés, biphasés et triphasés à chaque nœud du réseau en aval de la protection ;
- les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ sont inférieures, d'au moins une marge de temps prédéfinie, à la courbe temps/courant (courant traversant la protection) qui représente la caractéristique en surcharge du dispositif de production d'électricité statique ;

- la charge comporte également un disjoncteur de branchement apte à s'ouvrir pour déconnecter ladite charge du réseau, ledit disjoncteur étant caractérisé par une courbe de déclenchement qui détermine son temps d'ouverture en fonction de la valeur de courant qui le traverse ; et dans lequel les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ sont supérieures, d'au moins une marge de temps prédéfinie, à la courbe de déclenchement ;
- la marge de temps prédéfinie est d'environ 100 ms.
- le procédé comporte également une valeur I_{max} prédéfinie associée à chaque portion de réseau en aval de la protection de départ, ladite valeur I_{max} correspondant au courant maximal pouvant être appelé par ledit départ; et dans lequel les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ sont supérieures, d'au moins une marge d'intensité de 10% de I_{max} , à I_{max} ;
- le procédé comporte également :
 - la détermination d'une valeur de courant de court-circuit minimum I_{ccmin} pour chaque ensemble de nœud de raccordement des charges en aval d'une protection de départ ;
 - l'obtention d'un temps maximal d'élimination d'un défaut réseau prédéfini T_{max} ; et dans lequel les caractéristiques de seuil de déclenchement thermique de la protection de départ sont inférieures en temps et en intensité à T_{max} et I_{ccmin} ;

L'invention a également pour objet un système de protection d'un réseau susceptible d'être isolé d'un réseau principal, ledit réseau comprenant :

- un dispositif de production d'électricité statique alimentant le réseau;
- au moins une protection de départ adaptée pour mettre la portion de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonction de la valeur de courant qui le traverse;
- au moins une charge de consommation d'électricité en aval de la protection de départ;
- au moins un moyen de réglage de la protection de départ adapté à régler en temps et en intensité, un seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de ladite protection de départ ;

le dispositif de production d'électricité statique, lorsqu'il alimente le réseau en configuration isolée, disposant d'une gabarit de surcharge qui détermine, pour plusieurs valeurs de courant

supérieur à son courant nominal, la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité peut délivrer ce courant, ledit système étant caractérisé en qu'il comporte au moins:

- un moyen de détermination d'un modèle de simulation décrivant le comportement du dispositif de production d'électricité statique sur un réseau défini ;
- 5 - un moyen de détermination, à partir dudit modèle de simulation et en fonction du gabarit de surcharge, d'une courbe temps/courant traversant la protection, qui représente la caractéristique en surcharge du dispositif de production d'électricité statique sur le réseau à partir de laquelle ledit dispositif de production d'électricité est susceptible de se déconnecter du réseau; et
- 10 - un moyen de configuration du moyen de réglage telle que les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ sont inférieures à la courbe temps/courant.

L'invention a également pour objet un réseau susceptible d'être isolé d'un réseau principal, ledit réseau comprenant :

- un dispositif de production d'électricité statique alimentant le réseau;
- au moins une protection de départ adaptée pour mettre la portion de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonction de la valeur de courant qui le traverse;
- au moins une charge de consommation d'électricité en aval de la protection de départ;
- 20 - au moins un moyen de réglage de la protection de départ adapté à régler en temps et en intensité, un seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de ladite protection de départ ;

le dispositif de production d'électricité statique, lorsqu'il alimente le réseau en configuration isolée, disposant d'une gabarit de surcharge qui détermine, pour plusieurs valeurs de courant supérieur à son courant nominal, la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité peut délivrer ce courant, ledit réseau étant caractérisé en qu'il comporte au moins:

- un moyen de détermination d'un modèle de simulation décrivant le comportement du dispositif de production d'électricité statique sur un réseau défini ;
- un moyen de détermination, à partir dudit modèle de simulation et en fonction du gabarit de surcharge, d'une courbe temps/courant traversant la protection, qui représente la caractéristique en surcharge du dispositif de production d'électricité statique sur le réseau à partir de laquelle ledit dispositif de production d'électricité est susceptible de se déconnecter du réseau; et
- 30

- un moyen de configuration du moyen de réglage telle que les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ sont inférieures à la courbe temps/courant.

5 L'invention a également pour objet un dispositif de configuration de protection de départ d'un réseau susceptible d'être isolé d'un réseau principal, ladite protection de départ étant adaptée pour mettre la portion de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonction de la valeur de courant qui le traverse ledit réseau comprenant :

- un dispositif de production d'électricité statique alimentant le réseau;
- 10 - au moins une charge de consommation d'électricité en aval de la protection de départ ;
- au moins un moyen de réglage de la protection de départ adapté à régler en temps et en intensité, un seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de ladite protection de départ ;

15 le dispositif de production d'électricité statique, lorsqu'il alimente le réseau en configuration isolée, disposant d'une gabarit de surcharge qui détermine, pour plusieurs valeurs de courant supérieur à son courant nominal, la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité peut délivrer ce courant, le dispositif de configuration de protection de départ étant configuré pour:

- 20 - déterminer un modèle de simulation décrivant le comportement du dispositif de production d'électricité statique sur un réseau défini ;

et à partir dudit modèle et en fonction du gabarit ;

- un moyen de détermination, à partir dudit modèle de simulation et en fonction du gabarit de surcharge, d'une courbe temps/courant traversant la protection, qui
- 25 représente la caractéristique en surcharge du dispositif de production d'électricité statique sur le réseau à partir de laquelle ledit dispositif de production d'électricité statique est susceptible de se déconnecter du réseau; et
- configurer le moyen de réglage tel que les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ sont inférieures à la courbe
- 30 temps/courant.

L'invention a également pour objet un procédé d'installation d'un dispositif de configuration de protection de départ selon la caractéristique précédente, sur un réseau susceptible d'être isolé d'un réseau principal, ladite protection de départ étant adapté pour

mettre la portion de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonction de la valeur de courant qui le traverse.

DESCRIPTION DES FIGURES

- 5 D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, au regard des figures annexées, données à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquelles :
- la figure 1 illustre la topologie d'un réseau, susceptible d'être isolé d'un réseau principal, mettant en œuvre un procédé de protection selon l'invention ;
 - 10 - la figure 2 illustre une courbe de réglage de protection de départ selon l'état de l'art ;
 - la figure 3 illustre une courbe de déclenchement à temps inverse d'une charge selon l'état de l'art ;
 - la figure 4 illustre un gabarit de surcharge selon l'état de l'art ;
 - la figure 5 représente schématiquement les principales étapes d'un procédé de protection selon l'invention ;
 - 15 - la figure 6A illustre les résultats de simulations de courts-circuits réalisées avec un modèle de simulation temporel du réseau et d'un dispositif de production d'électricité statique selon l'invention ;
 - la figure 6B illustre une courbe temps/courant, élaborée selon le procédé de l'invention, représentant le courant traversant une protection de départ sur le réseau et caractéristique de la surcharge du dispositif de production d'électricité statique, c'est-à-dire à partir de laquelle le dispositif de production d'électricité statique est susceptible de se déconnecter du réseau principal ; et
 - 20 - la figure 7 illustre le réglage d'une protection de départ selon la courbe temps / courant, selon le procédé de l'invention.
 - 25

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

En référence à la figure 1, il est illustré une portion de réseau d'alimentation électrique 100. La topologie dudit réseau 100 peut être décrite selon un ensemble de tronçons, chaque tronçon ayant une longueur, un type de conducteurs et deux nœuds d'extrémité (tels que des nœuds de raccordement des clients par exemple).

Le réseau 100 comporte une zone d'alimentation comprenant un réseau d'alimentation ou groupe synchrone 101, et un au moins un dispositif de production d'électricité statique 102.

Le réseau 100 comporte également un relais de tension homopolaire 103. Celui-ci détecte si une tension homopolaire apparaît sur le réseau, ce qui signifie qu'il y a un défaut à

la terre en amont d'un transformateur de tension 104 (décrit par sa tension de court-circuit, sa puissance et son couplage). Dans ce cas, il peut ouvrir un interrupteur 107 du dispositif de production d'électricité statique 102.

Le réseau 100 peut comporter également des « protections des départs » (par exemple un disjoncteur et un relais de protection) 105. Celles-ci surveillent la valeur du courant qui les traverse et peuvent se déclencher pour mettre le réseau aval hors tension. Elles disposent pour cela comme illustré en **figure 2** :

- d'un seuil magnétique SM réglable en temps et en intensité ;
- d'une courbe de déclenchement thermique ST composée de plusieurs segments de longueur réglage, et réglages en temps, en intensité et en coefficient directeur temps/intensité.

En référence de nouveau à la **figure 1**, une pluralité de charges/clients consommateurs 106 disposent entre autres d'une protection dite « disjoncteur de branchement » (non représentée) capable de déclencher et donc de les déconnecter du réseau 100 en cas de défaut phase-phase ou phase-neutre chez eux.

Le temps d'ouverture de ce disjoncteur de branchement est défini par une courbe nommée « courbe de déclenchement à temps inverse du client » (CD), comme illustré en **figure 3**.

Cette protection comporte ainsi un seuil de déclenchement dépendant du temps, la temporisation diminuant quand le courant mesuré augmente. En effet, en cas de fort courant, il est important que la protection se déclenche rapidement pour éviter des dommages à l'équipement. Par contre, quand le courant est relativement faible par rapport à ce que peut supporter l'équipement, la temporisation doit être longue afin d'éviter un déclenchement intempestif.

En référence à la **figure 4**, le dispositif de production d'électricité statique 102 dispose d'un gabarit de surcharge OCC (dit en anglais « Overload Current Capacity ») qui détermine, pour plusieurs valeurs de courant supérieur à son courant nominal I_n (qui peut être délivré sans limite de temps), la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité statique 102 peut délivrer ce courant, et d'un courant maximum I_{max} .

Le gabarit OCC est décrit par un ensemble de segments d'extrémité (I_k, t_n), k étant par exemple compris entre 1 et 4, I étant l'axe représentant le pourcentage de courant délivré en rapport avec le courant nominale, et t l'axe représentant la durée durant laquelle ce courant peut être injecté.

Ainsi, comme illustré, le gabarit de surcharge détermine la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité statique 102 peut délivrer un courant supérieur à son courant nominal, par exemple 120% pendant 10s (I2, t2), 150% pendant 2s (I3, t3) et 200% pendant 200 ms (I4, t4). Le courant maximum I_{max} étant déterminé par le courant maximum en référence au gabarit de surcharge OCC.

En référence à la **figure 5**, il est maintenant illustré certaines étapes d'un procédé d'élaboration d'un plan de protection du réseau lorsque ce dernier a une alimentation en électricité de type « microgrid », c'est-à-dire qu'il peut être déconnecté d'un réseau principal et que l'alimentation en électricité peut être réalisée par des sources qui ne sont pas des générateurs tournants synchrones, c'est-à-dire des générateurs statiques.

Le procédé peut être mis en œuvre par un dispositif 200 de configuration de protection de départ, ledit dispositif 200 comporte des moyens de traitement, typiquement un processeur, ainsi qu'une mémoire. Le dispositif 200 peut être intégré à une protection de départ 105 ou distinct de celle-ci.

Dans une étape **E10**, il est déterminé, par exemple par un capteur, si au moins un groupe de puissance au moins égale à la puissance du plus petit groupe synchrone susceptible d'alimenter seul le réseau est sous tension, ou si le réseau d'alimentation est raccordé.

Dans ce cas, dans une étape **E20**, le plan de protection est déterminé selon les réglages proposés par l'exploitant du réseau 100.

Sinon, dans le cas où seul le dispositif de production d'électricité statique 102 est raccordé, dans une étape **E30**, un mode de configuration d'alimentation isolé est activé. Le plan de protection est ainsi déterminé selon les réglages déterminés par le procédé.

Dans ce but, le procédé peut disposer d'au moins un moyen de télécommunication lui permettant de changer les réglages des protections des départs.

A la suite de l'étape **E30**, il est déterminé dans une étape **E31** si le dispositif de production d'électricité statique 102 dispose d'une mise à la terre du neutre. En effet, lorsque le dispositif de production d'électricité statique 102 alimente seule le réseau, si celui-ci n'a pas de mise à la terre, le réseau en amont du transformateur est en neutre isolé. Il faut alors que le relais de tension homopolaire soit actif. Ainsi, dans une étape **E32**, le relais de tension homopolaire est activé.

Egalement à la suite de l'étape **E30**, dans une étape **E33**, parallèle ou postérieure à l'étape **E31**, il est procédé au calcul des réglages de protection.

Ce calcul peut prendre en compte les paramètres suivants, décrit par exemple dans une interface utilisateur :

- 5 - les courbes de déclenchement des clients (CD);
- la puissance de court-circuit minimale du réseau d'alimentation ;
- la puissance du plus petit groupe synchrone susceptible d'alimenter seul le réseau et de ses réactances synchrones, subtransitoires et transitoires ;
- 10 - les réglages des « protections des départs » valables dans le cas le plus défavorable parmi les cas « alimentation du réseau par le réseau d'alimentation » ou « alimentation par le plus petit groupe synchrone susceptible d'alimenter seul le réseau » ;
- une valeur I_{max} associée à chaque portion de réseau en aval des protections des départs. C'est le courant maximal qui puisse être appelée par ce départ ; et
- 15 - un temps maximal d'élimination du défaut réseau : $T_{\text{defaut_max}}$

Dans une sous-étape **E33a** de **E33**, il est réalisé à partir des valeurs de I_{max} et de I_n , un modèle de simulation temporel du dispositif de production d'électricité statique 102.

- 20 Egalement, à partir de la topologie du réseau, un modèle de simulation comprenant le réseau 100 et le dispositif de production d'électricité statique 102 est créé. Ainsi, avec ce modèle, il est procédé à des simulations de courts-circuits monophasés, biphasés et triphasés à chaque nœud du réseau en aval d'une protection de départ 105 ;

Ensuite, le procédé enregistre :

- 25 - les plus grand courants, parmi les courants de chaque phase, délivrés par le dispositif de production d'électricité statique 102 (courant générateur statique) et
- le plus grand courant i parmi les courants de chaque phase qui circule dans la protection départ en amont du nœud sur lequel le court-circuit a été réalisé (courant protection de départ).

- 30 Cet ensemble de points (Courant générateur statique ; Courant protection de départ) obtenu dans cette étape, est par exemple illustré dans la courbe en **figure 6A**.

- Par la suite, en référence à la **figure 6B**, dans une sous-étape **E33b** de **E33**, avec la fonction $i = f(u)$ décrite par le biais du gabarit OCC du dispositif de production d'électricité statique 102, et en utilisant le courant délivré par le dispositif de production d'électricité statique 102 comme élément de jointure, il est calculé l'ensemble des points de coordonnées [Courant
- 35

protection de départ i ; Temps t]. Il est ainsi obtenu une courbe dite « SURCH-TC », représentant la limite à partir de laquelle le dispositif de production d'électricité statique 102 va se déconnecter, mais n'utilisant que des grandeurs mesurées par les protections des départs (le temps et le courant les traversant).

5

En référence maintenant à la **figure 7**, dans une étape sous-étape **E33c** de **E33**, il est procédé au traitement des protections des départs une par une. Ainsi l'ensemble des résultats des nœuds en aval d'une même protection du départ est isolé. Puis, il est procédé au report de ces points sur un diagramme temps / courant. Il est ainsi obtenu une courbe dite « SURCH-TC-DEPART »,

10

En outre, pour chaque ensemble de nœud en aval d'une protection de départ il est déterminé le plus petit courant de court-circuit, appelé I_{ccmin} . Cette valeur I_{ccmin} est ensuite reportée sur le diagramme temps / courant de la **figure 7**.

15

Le diagramme temps/courant comporte également le report de la valeur I_{max} déterminée par l'exploitant du réseau public, le report des courbes de déclenchement client, et le placement d'un point de coordonnées [$I_{cc\ min}$, $T_default_max$]

Dans une étape **E34**, il est ensuite déterminé un réglage pour la protection du départ par exemple selon une ou plusieurs règles de configuration.

20

Par exemple, dans un mode de réalisation particulier, l'étape **E34** est réalisée selon au moins une des règles suivantes :

25

30

- la courbe de la protection du départ est sous la courbe « SURCH-TC-DEPART » avec une marge de sécurité maximale basée sur les incertitudes relatives au temps de coupure des organes de coupures et des modèles de simulation. Typiquement une valeur supérieure à environ 100 ms ;
- la courbe de la protection du départ est au-dessus de toutes les courbes de déclenchement client avec une marge de sécurité maximale déterminée. Par exemple une marge supérieure à environ 100 ms ;
- la courbe de la protection du départ est à droite de la courbe I_{max} , avec une marge de sécurité maximale déterminée. Par exemple une marge supérieure à environ 10% de I_{max} ;
- la courbe de la protection du départ est à gauche du point [$I_{cc\ min}$, $T_default_max$] avec une marge de sécurité maximale déterminée. Par exemple une marge supérieure à environ 20% de $I_{cc\ min}$.

Ainsi, grâce au procédé de protection :

- un défaut phase/phase ou phase/neutre chez un client mettra hors tension le client avant que les protections du départ 105 ne se déclenchent
- 5 - un défaut phase/phase ou phase/neutre sur le réseau mettra hors tension la partie de réseau en défaut, et le dispositif de production d'électricité statique 102 se déconnectera pas.

10 Dans un mode de réalisation particulier, il est également proposé des paramètres optionnels pour la détermination du réglage des protections de départ.

Ainsi, il peut être proposé un paramètre « sélectivité totale obligatoire » actif ou non-actif (par défaut actif).

15 Si ce paramètre est actif et si pour au moins une protection de départ, l'étape **E34** n'arrive pas à déterminer de réglage qui satisfasse les règles précédemment exposées, alors il est procédé à la déconnection du dispositif de production d'électricité statique 102.

Dans ce but, le procédé dispose d'un moyen de forcer l'arrêt du dispositif de production d'électricité statique 102.

20 Si le réglage est non-actif, et si pour au moins une protection de départ 105 l'étape **E34** n'arrive pas à déterminer de réglage qui satisfasse les règles précédemment exposées, alors il est procédé à la détermination d'un réglage selon une règle prédéterminée.

25 Par exemple une règle selon laquelle « la courbe de la protection du départ est à gauche du point [$I_{cc\ min}$, 500 ms] avec une marge de sécurité maximale et supérieure à 20% de $I_{cc\ min}$ » et qui satisfasse le maximum de règles parmi les 3 règles restantes décrites précédemment. Ainsi, dans cet exemple, un défaut chez un client soit provoquera le déclenchement de la protection du client, soit il provoquera le déclenchement de la protection de départ en 500 ms. La sélectivité n'est pas assurée mais la sécurité est bien garantie.

Si aucun réglage n'est possible, il est alors procédé à la déconnection du dispositif de production d'électricité statique 102.

30 Dans un mode de réalisation particulier, il est également proposé un mode expert.

Dans ce mode expert l'exploitant du réseau peut renseigner pour chaque nœud une valeur de courant de court-circuit minimal ($I_{cc_min_cli_Gr_Res}$) calculée avec les méthodes connues de l'homme de l'art et correspondant au type d'alimentation « groupe synchrone ou réseau d'alimentation ».

Alors dans ce mode, il est procédé au calcul des temps de déclenchement maximal des disjoncteurs de branchement des clients :

- avec la valeur $I_{cc_min_cli_Gr_Res}$, pour le cas « groupe synchrone ou un réseau d'alimentation ».
- 5 - pour le cas micro-réseau électrique en utilisant les valeurs de i calculée précédemment.

Si pour un client ou plus le temps de déclenchement est supérieur à une valeur paramétrable, typiquement environ 20 ms pour les réseaux à 50Hz, soit pour le cas « groupe synchrone ou un réseau d'alimentation » ou pour le cas micro-réseau électrique, dans une étape optionnelle le procédé détermine/indique si le client fait partie du cas 1, 2 ou 3 définis par :

- Cas 1 : temps de déclenchement est de plus 20ms dans les cas « groupe synchrone ou un réseau d'alimentation » et micro-réseau électrique.
- 15 - Cas 2 : temps de déclenchement est de plus 20ms dans les cas micro-réseau électrique uniquement
- Cas 3 : temps de déclenchement est de plus 20ms dans les cas « groupe synchrone ou un réseau d'alimentation » uniquement.

20 Pour résoudre ces cas problématiques, le procédé détermine et indique par exemple à l'exploitant que :

- Dans le cas 2 : l'exploitant doit procéder à la modification du dispositif de production d'électricité statique 102 ou au renforcement du réseau.
- Dans le cas 3 : l'exploitant doit procéder à la modification du groupe synchrone ou à la modification du réseau d'alimentation ou au renforcement réseau »
- 25

Dans le cas 1, le procédé réalise une sous-étape de calcul supplémentaire dans l'étape **E34**. Dans cette sous-étape, le dispositif de production d'électricité statique 102 est remplacée par une source de tension idéale et il est calculé les nouveaux courants de court-circuit.

30 Dans un premier cas 1.1 : les valeurs avec source de tension idéale sont à environ 10% près égales au cas « micro-réseau électrique » ou au cas « groupe synchrone ou réseau d'alimentation » ou les deux. Alors, le procédé détermine et indique par exemple à l'exploitant qu'il doit procéder au renforcement du réseau.

35 En effet dans ce cas le client est très éloigné électriquement du transformateur. Dans ces cas où il est très éloigné, si l'impédance de la boucle de défaut forme une charge de puissance

inférieure à la puissance nominale du dispositif de production d'électricité statique 102, alors le dispositif 102 est en mesure d'alimenter un défaut sans dépasser son courant nominal. Elle est aussi en mesure de maintenir proche de 1 la valeur de la tension à ses bornes. Alors dans ce cas 1.1 le type d'alimentation ne modifie pas considérablement le courant de court-circuit et même une source de tension avec une puissance infinie ne peut pas augmenter la valeur du courant de court-circuit.

Dans un second cas 1.2 : les valeurs avec source de tension idéale sont supérieures de plus d'environ 10% au cas « micro-réseau électrique » et au cas « groupe synchrone ou un réseau d'alimentation ». Alors, le procédé détermine et indique par exemple à l'exploitant qu'il doit procéder à la modification du groupe synchrone ou réseau d'alimentation, et à la modification du dispositif de production d'électricité statique 102.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de protection d'un réseau (100) susceptible d'être isolé d'un réseau principal, ledit réseau (100) comprenant :

- 5 - un dispositif de production d'électricité statique (102) alimentant le réseau (100) ;
- au moins une protection de départ (105) adaptée pour mettre la portion de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonction de la valeur de courant qui le traverse;
- au moins une charge de consommation d'électricité (106) en aval de la protection de départ (105) ;
- 10 - au moins un moyen de réglage de la protection de départ (105) adapté à régler en temps et en intensité, un seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de ladite protection de départ (105) ;

le dispositif de production d'électricité statique (102), lorsqu'il alimente le réseau (100) en configuration isolé, disposant d'un gabarit de surcharge (OCC) précisant la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité statique (102) peut délivrer un courant supérieur à son courant nominal, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de :

- 15 - détermination d'un modèle de simulation (MS) décrivant le comportement du dispositif de production d'électricité statique (102) sur un réseau défini ;
- et à partir dudit modèle de simulation (MS) et en fonction du gabarit de surcharge (OCC) ;
- 20 - détermination d'une courbe (SURCH-TC-DEPART) temps / courant traversant la protection (105), qui représente la caractéristique en surcharge du dispositif de production d'électricité statique (102) sur le réseau (100) à partir de laquelle ledit dispositif (102) est susceptible de se déconnecter du réseau (100); et
 - 25 - configuration du moyen de réglage telle que les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ (105) sont inférieures à la courbe temps/courant (SURCH-TC-DEPART).

2. Procédé de protection d'un réseau (100) selon la revendication 1 dans lequel l'étape de détermination du modèle de simulation (MS) comporte des simulations de courts-circuits monophasés, biphasés et triphasés à chaque nœud du réseau (100) en aval de la protection (105).

3. Procédé de protection d'un réseau (100) selon l'une des revendications précédentes dans lequel les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de

la protection de départ sont inférieures, d'au moins une marge de temps prédéfinie, à la courbe temps/courant (SURCH-TC-DEPART) du dispositif de production d'électricité statique (102).

- 5 4. Procédé de protection d'un réseau (100) selon l'une des revendications précédentes dans lequel la charge (106) comporte également :
un disjoncteur de branchement apte à s'ouvrir pour déconnecter ladite charge (106) du réseau (100), ledit disjoncteur étant caractérisée par une courbe de déclenchement (CD) qui détermine son temps d'ouverture en fonction de la valeur de courant qui le traverse ; et
10 dans lequel
les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ (105) sont supérieures, d'au moins une marge de temps prédéfinie, à la courbe de déclenchement (CD).
- 15 5. Procédé de protection d'un réseau (100) selon la revendication 3 ou 4 dans lequel la marge de temps prédéfinie est d'environ 100 ms.
- 20 6. Procédé de protection d'un réseau (100) selon l'une des revendications précédentes dans lequel le procédé comporte également une valeur I_{max} prédéfinie associée à chaque portion de réseau en aval de la protection de départ (105), ladite valeur I_{max} correspondant au courant maximal qui puisse être appelée par ledit départ (105) ; et dans lequel les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ sont supérieures, d'au moins une marge d'intensité de 10% de I_{max} , à I_{max} .
- 25 7. Procédé de protection d'un réseau (100) selon l'une des revendications précédentes dans lequel le procédé comporte également :
 - la détermination d'une valeur de courant de court-circuit minimum I_{ccmin} pour chaque ensemble de nœud de raccordement des charges (106) en aval d'une protection de départ (105) ;
 - 30 - l'obtention d'un temps maximal d'élimination d'un défaut réseau prédéfini T_{max} ; et dans lequel
 les caractéristiques de seuil de déclenchement thermique de la protection de départ sont inférieures en temps ou en intensité à T_{max} ou I_{ccmin} ;

8. Système de protection d'un réseau (100) susceptible d'être isolé d'un réseau principal, ledit réseau (100) comprenant :

- un dispositif de production d'électricité statique (102) alimentant le réseau (100) ;
- au moins une protection de départ (105) adaptée pour mettre la portion de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonction de la valeur de courant qui le traverse;
- au moins une charge de consommation d'électricité (106) en aval de la protection de départ (105) ;
- au moins un moyen de réglage de la protection de départ (105) adapté à régler en temps et en intensité, un seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de ladite protection de départ (105) ;

le dispositif de production d'électricité statique (102), lorsqu'il alimente le réseau (100) en configuration isolé, disposant d'un gabarit de surcharge (OCC) précisant la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité statique (102) peut délivrer un courant supérieur à son courant nominal, ledit système (100) étant caractérisé en qu'il comporte au moins:

- un moyen de détermination d'un modèle de simulation (MS) décrivant le comportement du dispositif de production d'électricité statique (102) sur un réseau défini ;
- un moyen de détermination, à partir dudit modèle de simulation (MS) et en fonction du gabarit de surcharge (OCC), d'une courbe (SURCH-TC-DEPART) temps / courant traversant la protection (105), qui représente la caractéristique en surcharge du dispositif de production d'électricité statique (102) à partir de laquelle ledit dispositif (102) est susceptible de se déconnecter du réseau (100); et
- un moyen de configuration du moyen de réglage telle que les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ (105) sont inférieures à la courbe temps/courant (SURCH-TC-DEPART).

9. Réseau (100) susceptible d'être isolé d'un réseau principal, ledit réseau (100) comprenant :

- un dispositif de production d'électricité statique (102) alimentant le réseau (100) ;
- au moins une protection de départ (105) adaptée pour mettre la portion de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonction de la valeur de courant qui le traverse;
- au moins une charge de consommation d'électricité (106) en aval de la protection de départ (105) ;

- au moins un moyen de réglage de la protection de départ (105) adapté à régler en temps et en intensité, un seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de ladite protection de départ (105) ;

le dispositif de production d'électricité statique (102), lorsqu'il alimente le réseau (100) en configuration isolé, disposant d'un gabarit de surcharge (OCC) précisant la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité statique (102) peut délivrer un courant supérieur à son courant nominal, ledit réseau (100) étant caractérisé en qu'il comporte au moins:

- un moyen de détermination d'un modèle de simulation (MS) décrivant le comportement du dispositif de production d'électricité statique (105) sur un réseau défini ;
- un moyen de détermination, à partir dudit modèle de simulation (MS) et en fonction du gabarit de surcharge (OCC), d'une courbe (SURCH-TC-DEPART) temps / courant traversant la protection (105), qui représente la caractéristique en surcharge du dispositif de production d'électricité statique (102) sur le réseau (100) à partir de laquelle ledit dispositif (102) est susceptible de se déconnecter du réseau (100); et
- un moyen de configuration du moyen de réglage telle que les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ (105) sont inférieures à la courbe temps/courant (SURCH-TC-DEPART).

10. Dispositif (200) de configuration de protection de départ (105) d'un réseau (100) susceptible d'être isolé d'un réseau principal, ladite protection de départ (105) étant adaptée pour mettre la portion de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonction de la valeur de courant qui le traverse, ledit réseau (100) comprenant :

- un dispositif de production d'électricité statique (102) alimentant le réseau (100) ;
- au moins une charge de consommation d'électricité (106) en aval de la protection de départ (105) ;
- au moins un moyen de réglage de la protection de départ (105) adapté à régler en temps et en intensité, un seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de ladite protection de départ (105) ;

le dispositif de production d'électricité statique (102), lorsqu'il alimente le réseau (100) en configuration isolé, disposant d'un gabarit de surcharge (OCC) précisant la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité statique (102) peut délivrer un courant supérieur à son courant nominal, le dispositif (200) de configuration de protection de départ étant configuré pour:

- déterminer un modèle de simulation (MS) décrivant le comportement du dispositif de production d'électricité statique (105) sur un réseau défini ;

et à partir dudit modèle de simulation (MS) et en fonction du gabarit de surcharge (OCC) ;

- 5 - déterminer une courbe (SURCH-TC-DEPART) temps / courant traversant la protection (105), qui représente la caractéristique en surcharge du dispositif de production d'électricité statique (102) sur le réseau (100) à partir de laquelle ledit dispositif (102) est susceptible de se déconnecter du réseau (100); et
- 10 - configurer le moyen de réglage tel que les caractéristiques de seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de la protection de départ (105) sont inférieures à la courbe temps/courant (SURCH-TC-DEPART).

15 11. Procédé d'installation d'un dispositif (200) de configuration de protection de départ (105) selon la revendication précédente, sur un réseau (100) susceptible d'être isolé d'un réseau principal, ladite protection de départ (105) étant adaptée pour mettre la portion de réseau, en aval de ladite protection, hors tension en fonction de la valeur de courant qui le traverse, ledit réseau (100) comprenant :

- un dispositif de production d'électricité statique (102) alimentant le réseau (100) ;
- au moins une charge de consommation d'électricité (106) en aval de la protection de départ (105) ;
- 20 - au moins un moyen de réglage de la protection de départ (105) adapté à régler en temps et en intensité, un seuil de déclenchement magnétique et/ou thermique de ladite protection de départ (105) ;

25 le dispositif de production d'électricité statique (102), lorsqu'il alimente le réseau (100) en configuration isolé, disposant d'un gabarit de surcharge (OCC) précisant la durée durant laquelle le dispositif de production d'électricité statique (102) peut délivrer un courant supérieur à son courant nominal.

100 ~

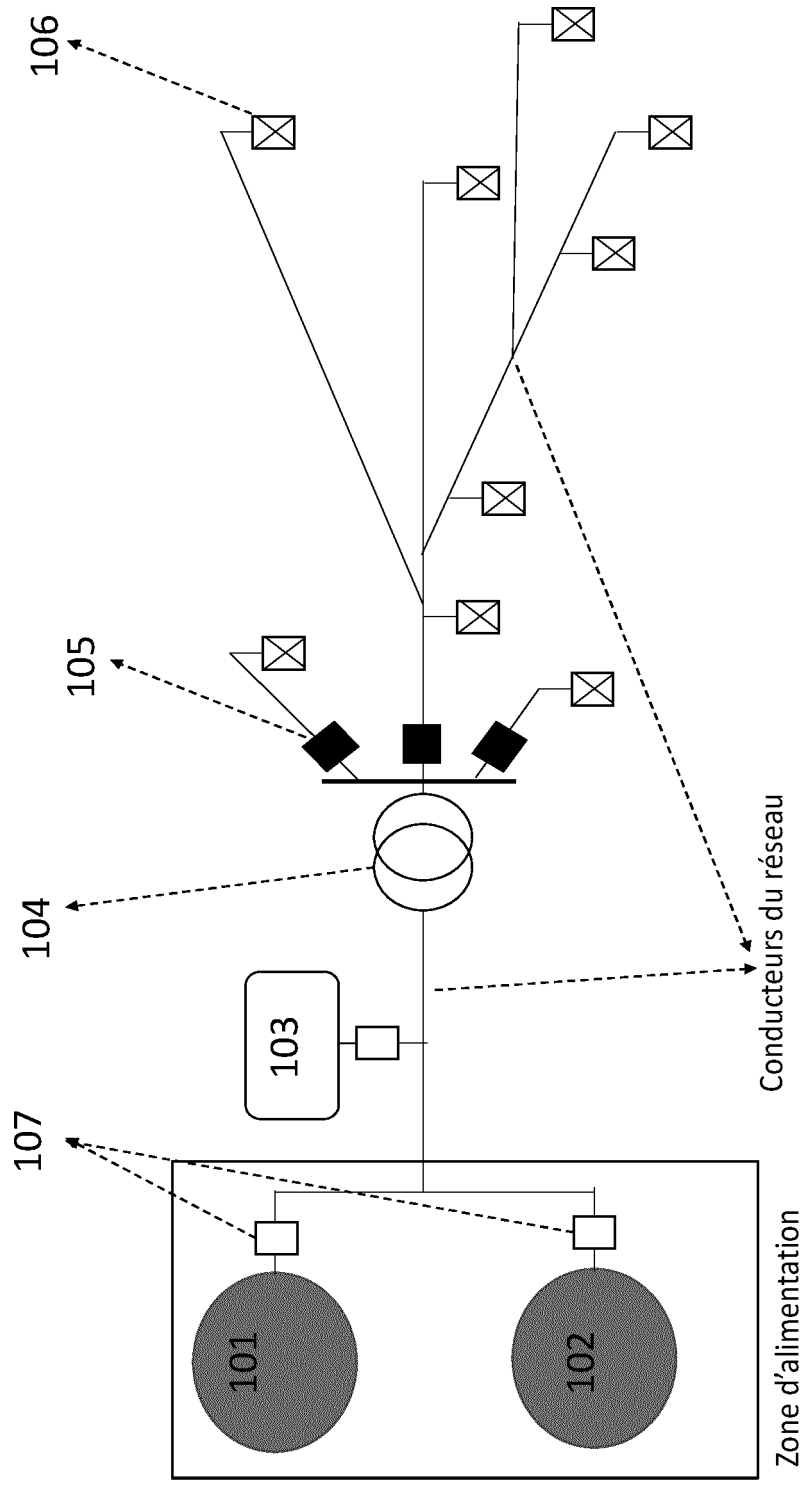


FIG.1

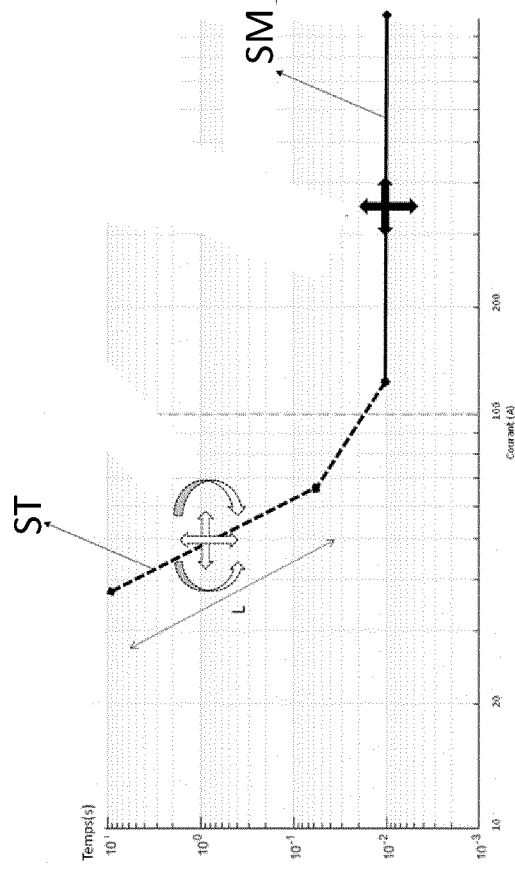


FIG.2

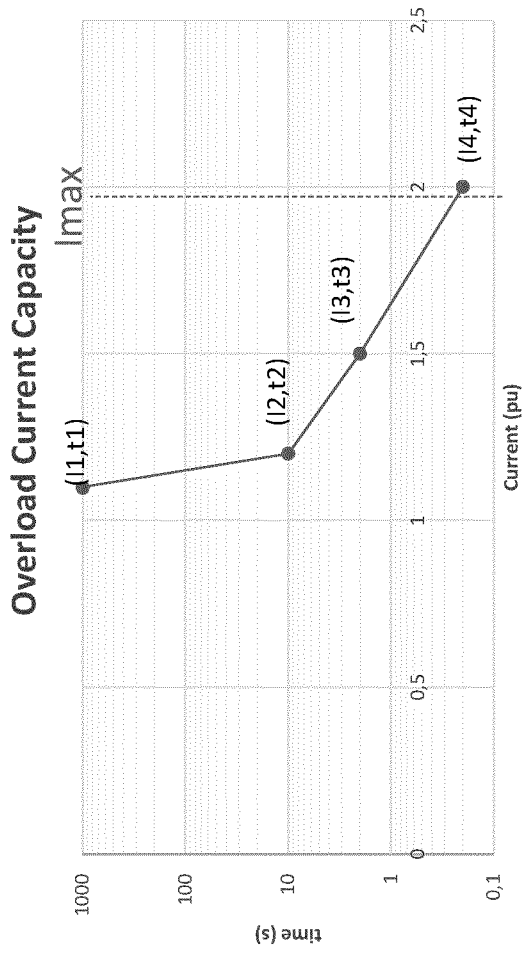


FIG.4

OCC

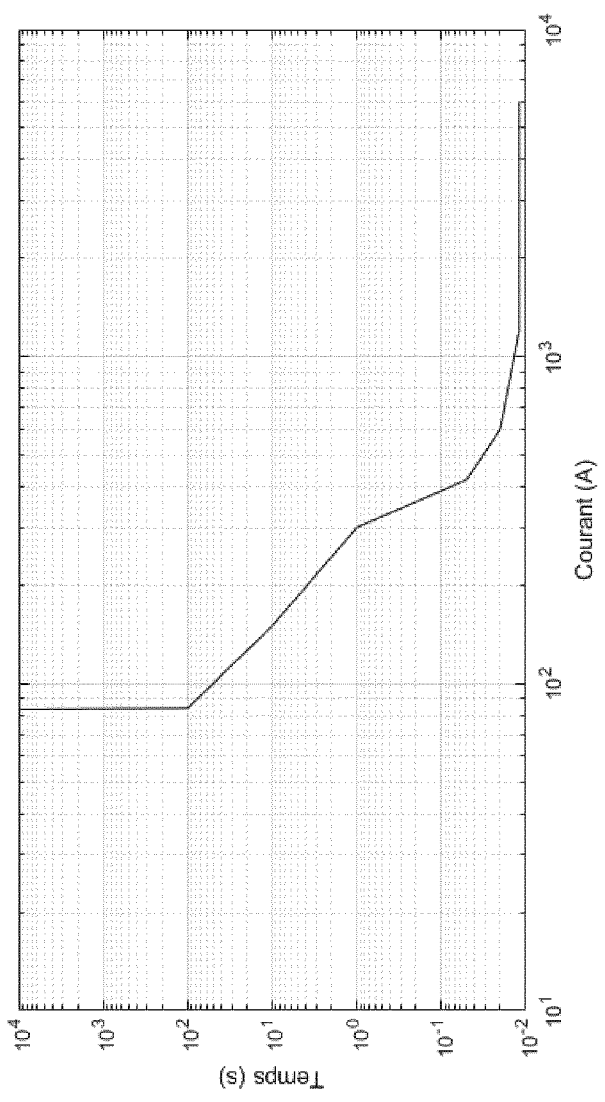


FIG.3

CD

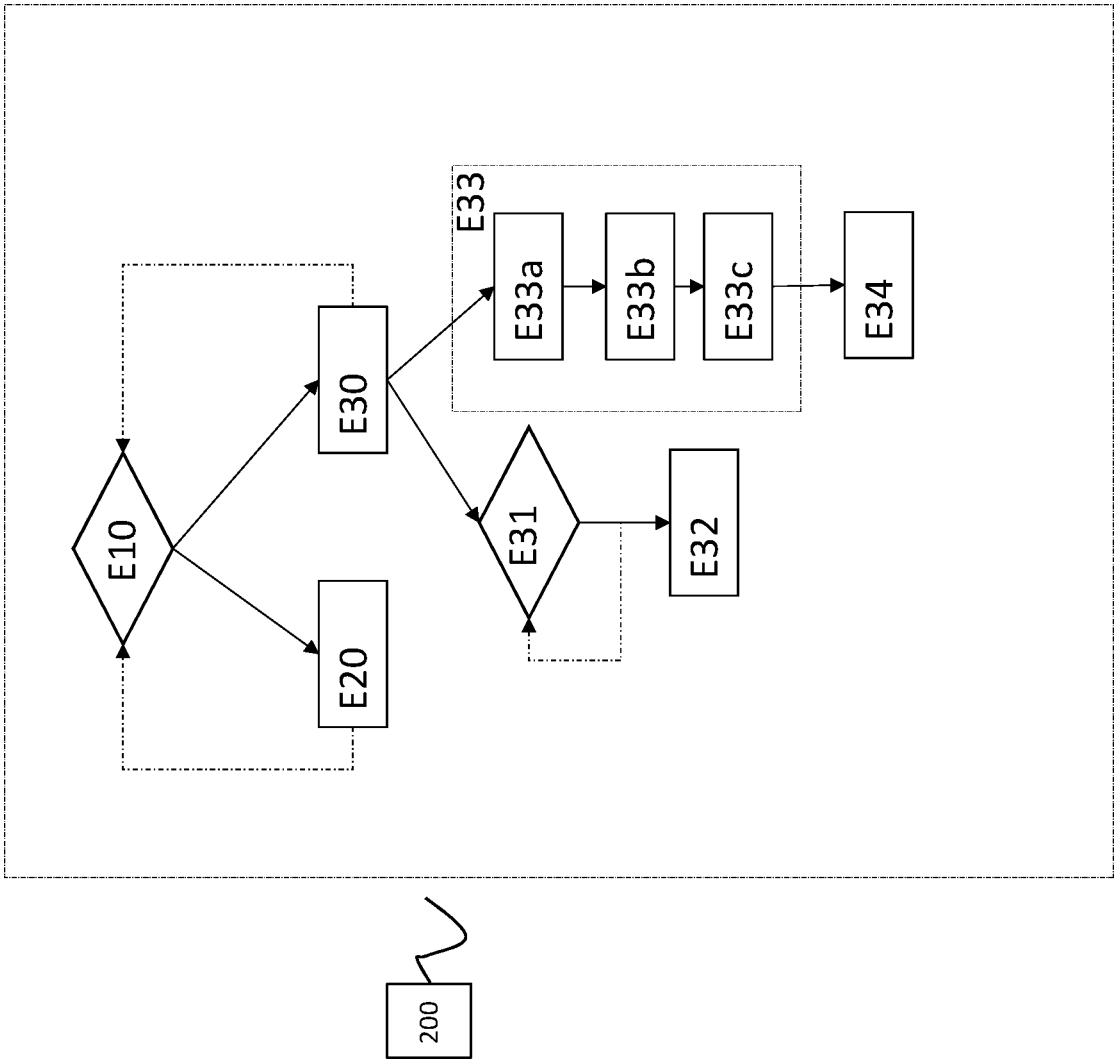
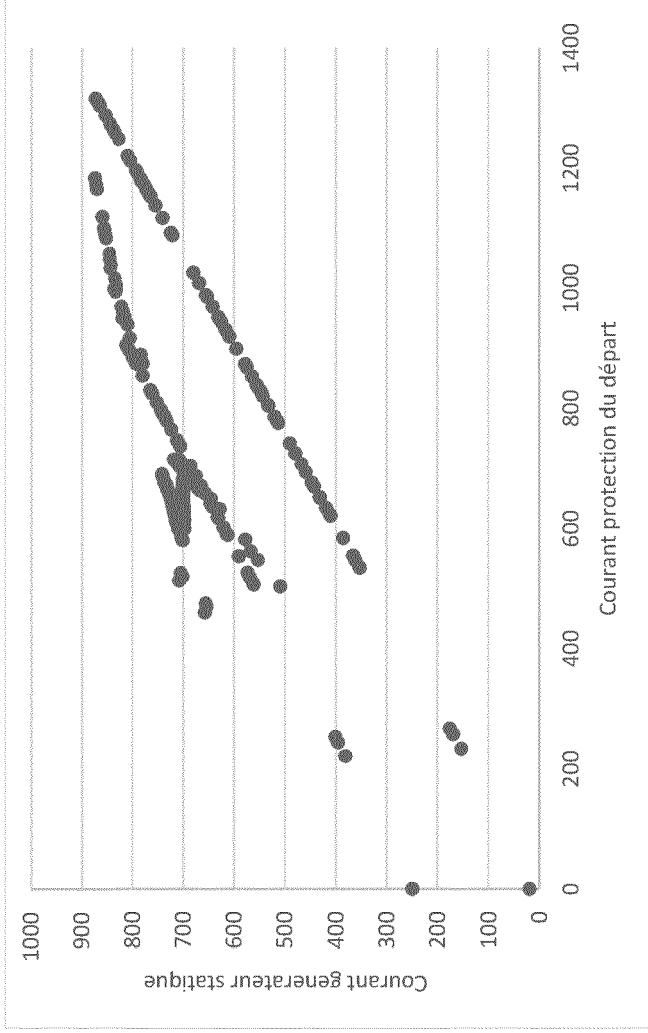


FIG. 5



MS

FIG.6A

SURCH-TC

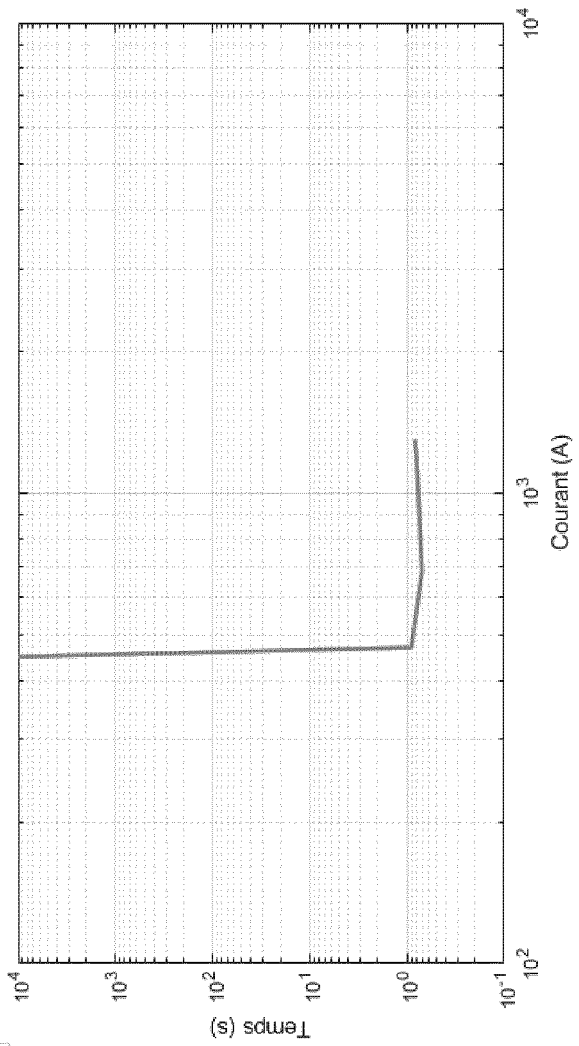


FIG.6B

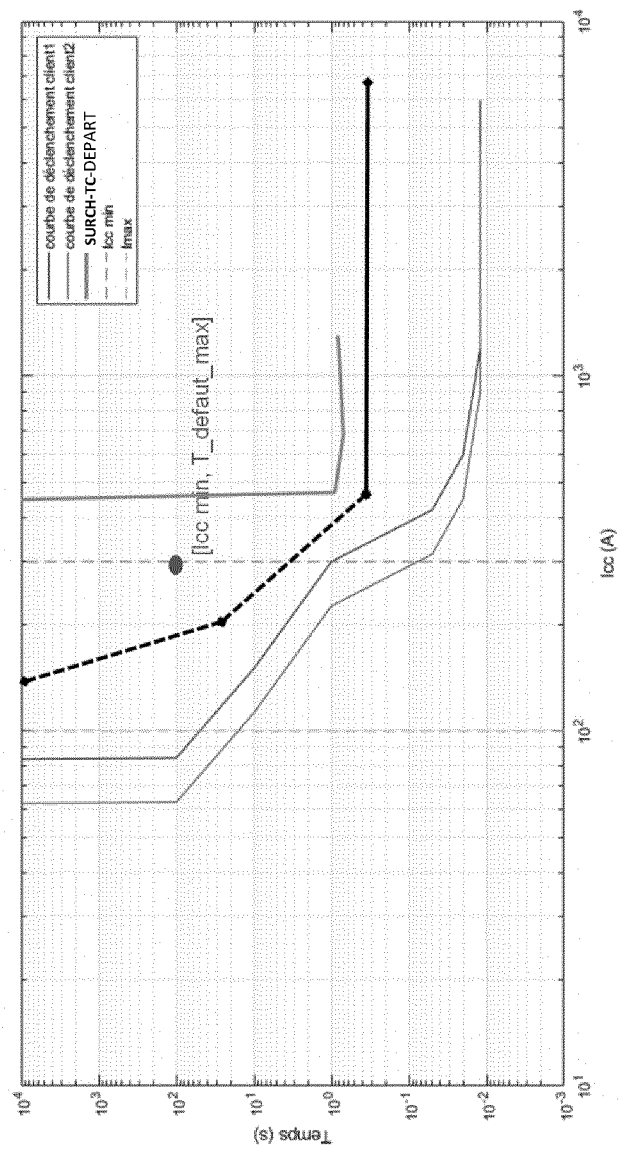


FIG.7

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1855902 FA 857452

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 28-02-2019

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2011282507 A1	17-11-2011	CN 102239645 A	09-11-2011
		EP 2194656 A1	09-06-2010
		US 2011282507 A1	17-11-2011
		WO 2010063816 A1	10-06-2010
