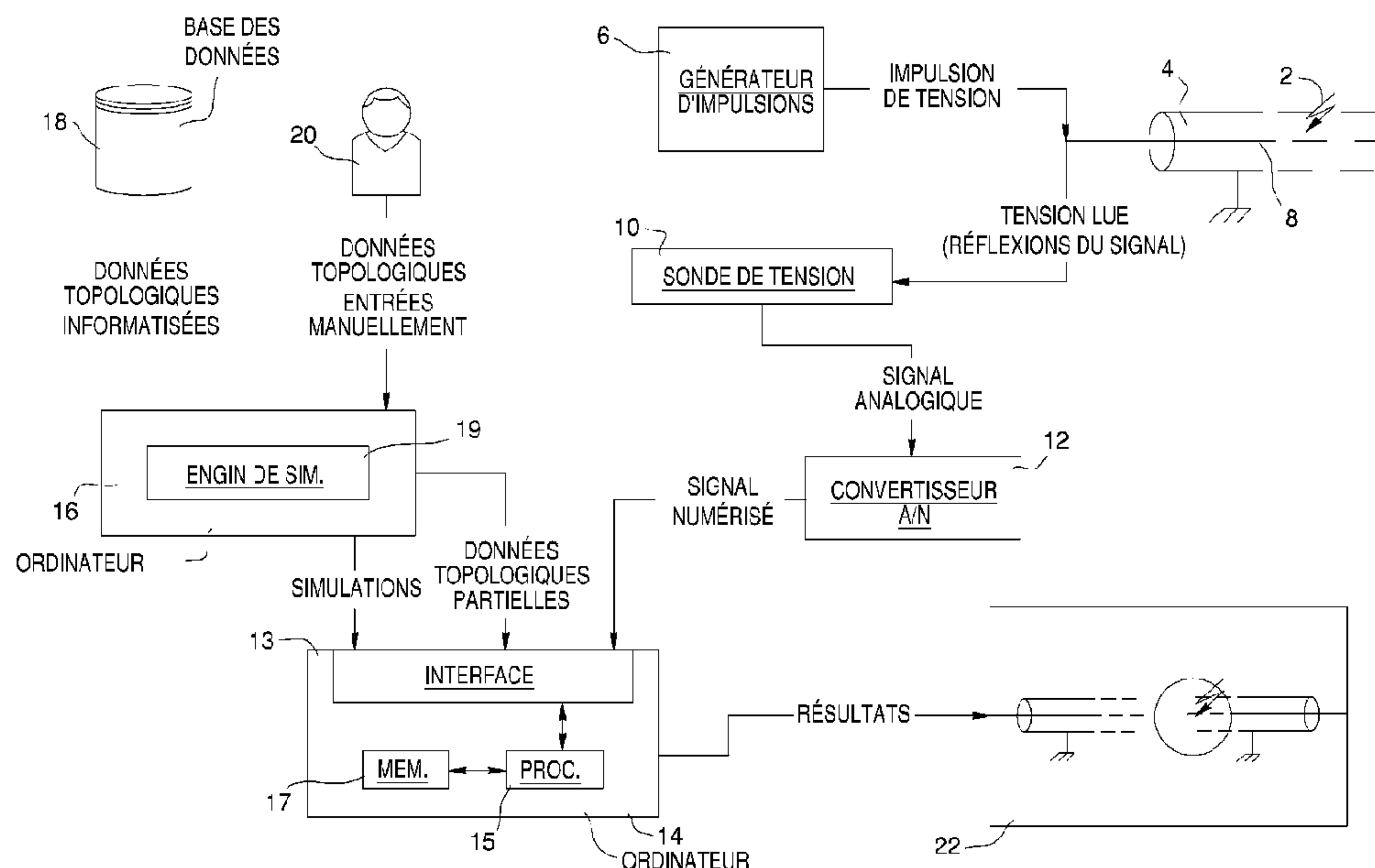




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2011/07/26
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2012/02/02
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2017/06/27
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2013/01/15
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: CA 2011/050455
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2012/012897
(30) Priorité/Priority: 2010/07/28 (CA2,711,032)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G01R 31/08* (2006.01),
G01R 31/11 (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
REYNAUD, LIONEL, CA;
PINEAU, DANIEL, CA
(73) Propriétaire/Owner:
HYDRO-QUEBEC, CA
(74) Agent: MORIN, LUC

(54) Titre : LOCALISATION D'UN DEFAUT SUR UNE SECTION DE LIGNE ELECTRIQUE HORS TENSION
(54) Title: LOCALISATION OF A DEFECT ON A SECTION OF A DEAD ELECTRICAL LINE



(57) Abrégé/Abstract:

Une localisation d'un défaut sur une section de ligne électrique hors tension est réalisée en mesurant un signal de réflexion caractérisant le défaut et découlant d'un signal de tension appliqué sur la section. Une application du signal de tension et des mesures correspondantes de signaux de réflexion sont simulés avec un modèle de la section pour un défaut situé à différents endroits le long de la section. Les signaux de réflexion simulés sont comparés avec le signal de réflexion mesuré. Un emplacement du défaut est localisé d'après l'endroit du défaut pour le signal de réflexion simulé ayant une plus grande corrélation avec le second signal de réflexion mesuré.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/012897 A1

(43) Date de la publication internationale
2 février 2012 (02.02.2012)

(51) Classification internationale des brevets :
G01R 31/08 (2006.01) *G01R 31/11* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/CA2011/050455

(22) Date de dépôt international :
26 juillet 2011 (26.07.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
2,711,032 28 juillet 2010 (28.07.2010) CA

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
HYDRO-QUÉBEC [CA/CA]; 75, boul. René-Lévesque
Ouest, Montréal, Québec H2Z 1A4 (CA).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
REYNAUD, Lionel [CA/CA]; 1075, St-Jean, Longueuil,
Québec J4H 2Z3 (CA). **PINEAU, Daniel** [CA/CA]; 66,
Pigeon, Verchère, Québec J0L 2R0 (CA).

(74) Mandataire : **MORIN, Luc**; 210, boul. de Montarville,
Suite 2009, Boucherville, Québec J4B 6T3 (CA).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

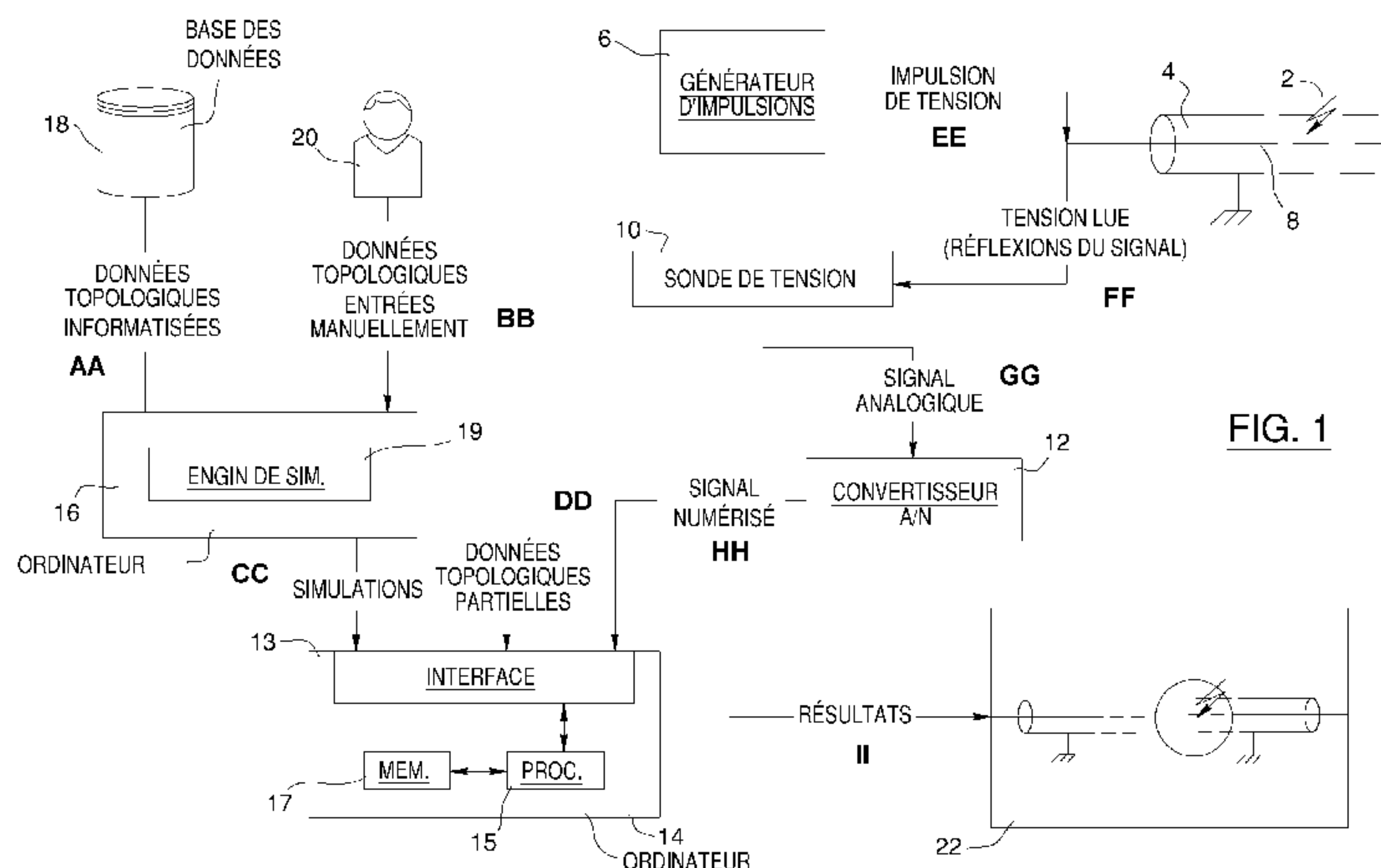
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : LOCALISATION OF A DEFECT ON A SECTION OF A DEAD ELECTRICAL LINE

(54) Titre : LOCALISATION D'UN DÉFAUT SUR UNE SECTION DE LIGNE ÉLECTRIQUE HORS TENSION



(57) Abstract : A localisation of a defect on a section of a dead electrical line is carried out by measuring a reflection signal characterising the defect and coming from a voltage signal applied to the section. An application of the voltage signal and corresponding measures of reflection signals are simulated with a model of the section for a defect located in different areas along the section. The simulated reflection signals are compared with the measured reflection signal. A site of the defect is localised according to the area of the defect for the simulated reflection signal having a higher correlation with the second reflection signal measured.

(57) Abrégé : Une localisation d'un défaut sur une section de ligne électrique hors tension est réalisée en mesurant un signal de réflexion caractérisant le défaut et découlant d'un signal de tension appliqué sur la section. Une application du signal de tension et des mesures correspondantes de signaux de réflexion sont simulés avec un modèle de la section pour un défaut situé à différents endroits le long de la section. Les signaux de réflexion simulés sont comparés avec le signal de réflexion mesuré. Un emplacement du défaut est localisé d'après l'endroit du défaut pour le

signal de réflexion simulé ayant une plus grande corrélation avec le second signal de réflexion mesuré.

AA...computerised topological data
BB...manually entered topological data
CC...simulations
DD...partial topological data
EE...voltage pulse
FF...voltage read (signal reflections)
GG...analog signal
HH...digitised signal
II...results

18...database
19...sim. engine
13...interface
14...computer
16...computer
6...pulse generator
10...voltage probe
12...A/D converter

-1-

LOCALISATION D'UN DÉFAUT SUR UNE SECTION DE LIGNE ÉLECTRIQUE HORS TENSION

DOMAINE DE L'INVENTION

5

L'invention porte en général sur la localisation d'un défaut sur une ligne électrique, et plus particulièrement sur une méthode et un système de localisation d'un défaut sur une section de ligne hors tension, par exemple d'une ligne d'un réseau de distribution.

10

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

La localisation de défauts dans des lignes souterraines d'un réseau de distribution moyenne tension consiste à identifier sur une portée de câble, ou au
15 niveau d'un accessoire tel qu'une jonction, un emplacement d'un défaut qui a préalablement fait disjoncter une ligne en service, ou qui ne permet pas à une ligne de tenir une tension lors d'essais diélectriques ou autres essais similaires tels par VLF ("Very Low Frequency").

20 Un défaut consiste la plupart du temps en un circuit ouvert (neutre et/ou conducteur sectionné, jonction mal installée), un court-circuit franc (neutre et conducteur du câble qui se touchent, conducteur externe qui traverse le câble ou jonction mal installée), ou un défaut d'isolement.

25 Différentes techniques permettent de déterminer l'endroit d'un défaut, généralement rapporté sous forme d'une distance du défaut sur une ligne depuis un point de mesure. Une confirmation d'un défaut et de sa localisation sur une portée ou une jonction peut se faire de manière visuelle ou auditive.

30 Une des techniques de localisation parmi celles les plus couramment utilisées fait appel à un réflectomètre ou un réflectomètre sur arc. Le principe d'un réflectomètre consiste à envoyer une impulsion de faible voltage sur la ligne et

-2-

à interpréter un signal qui revient en écho, au moyen d'un échomètre qui affiche les différentes réflexions de l'impulsion dans le signal selon une distance parcourue dans le temps. Le temps est proportionnel à la distance car la vitesse de propagation du signal est considérée comme constante. Un défaut apparaît
5 comme une discontinuité anormale dans le signal par rapport à une échométrie sur une phase saine de la même ligne. Un réflectomètre sur arc relève du même principe de base, sauf qu'une impulsion haute tension qui crée un arc sur le défaut (un filtre aide à maintenir l'arc) est tout d'abord envoyée, suivie à retardement d'une impulsion basse tension qui vient rebondir sur cet arc et qui
10 donne une lecture de l'échométrie.

Un réflectomètre fonctionne bien sur des lignes courtes, de 0 à 800 m, moins bien sur des distances plus grandes. Un réflectomètre sur arc fonctionne sur des distances plus grandes, jusqu'à quelques kilomètres. Mais dans les deux
15 cas, les lectures sont difficiles à interpréter (plus le défaut est loin, moins le signal est interprétable) et une expertise avancée est requise. De plus, les réflectomètres deviennent rapidement inefficaces lorsque qu'une ligne comporte des embranchements, les multiples réflexions ayant tendance à "noyer" la discontinuité causée par le défaut, à moins que celui-ci ne se situe
20 avant les embranchements.

Une des techniques de confirmation parmi celles les plus couramment utilisées fait appel à un générateur d'impulsions (nommé "thumper" en anglais). Le générateur est utilisé pour envoyer une impulsion de plusieurs kilovolts sur une
25 ligne en défaut et mise hors service. L'onde de tension crée un arc électrique au niveau du défaut, entre le neutre et le conducteur. Le défaut agit comme un éclateur. Les ondes électromagnétiques générées par ce claquage peuvent être suivies avec des outils balistiques et permettent de se rapprocher du défaut en parcourant la ligne. Toutefois, cette technique n'est pas toujours très efficace.
30 Le son émis par le claquage est généralement audible à l'oreille humaine. En parcourant la ligne, une personne peut "écouter" (à l'oreille si les câbles

-3-

passent dans des conduits et des structures souterraines, ou avec des appareils spécialisés d'amplification) et identifier l'emplacement du défaut.

5 Un générateur d'impulsions est simple d'utilisation, mais il est parfois très difficile d'entendre le défaut. Son utilisation à répétition (c'est-à-dire tant que le défaut n'est pas confirmé) a tendance à réduire la durée de vie des composants du réseau.

10 Un réseau de distribution souterrain comporte généralement des zones à forte densité de charge et des zones à faible densité de charge. Dans les zones à forte densité, les lignes ont souvent plusieurs embranchements et sont de l'ordre de 1 à 3 kilomètres de long. Dans les zones à faible densité, les lignes ont peu d'embranchements, mais peuvent aller jusqu'à 15 kilomètres de long. Dans les deux cas, les réflectomètres sont difficiles d'utilisation, demandent
15 beaucoup d'expertise et d'expérience et sont souvent inefficaces. Dans les deux cas, l'utilisation directe du générateur d'impulsion, sans localisation préalable, implique un nombre élevée d'impulsions envoyées jusqu'à la confirmation du défaut, ce qui nuit a long terme aux équipements.

20 SOMMAIRE

Un objet de la présente invention est de proposer une méthode et un système de localisation efficace sur des lignes pouvant être très longues avec ou sans embranchements.

25

Un autre objet de la présente invention est de proposer une telle méthode et un tel système qui réduisent les risques d'endommager l'équipement sur les lignes.

30 Un autre objet de la présente invention est de proposer une telle méthode et un tel système qui sont faciles d'utilisation et requièrent moins d'expertise et d'expérience que les techniques habituelles avec réflectomètres.

-4-

Selon un aspect de l'invention, il est proposé une méthode utilisant un ordinateur pour localiser un défaut sur une section de ligne électrique hors tension, comprenant les étapes de:

5 appliquer un signal de tension sur la section de ligne électrique de manière à produire un signal de réflexion sur la section de ligne électrique caractérisant le défaut;

 mesurer le signal de réflexion sur la section de ligne électrique produit en réponse au signal de tension;

10 l'ordinateur simulant, avec un modèle de la section de ligne électrique, une application du signal de tension sur la section de ligne électrique et des mesures d'une pluralité de signaux de réflexion, chacun étant produit en réponse au signal de tension pour un défaut situé à différents endroits le long de la section de ligne électrique;

15 l'ordinateur comparant les signaux de réflexion simulés pour le défaut situé à différents endroits avec le signal de réflexion mesuré; et

 l'ordinateur indiquant sur un écran connecté à l'ordinateur un emplacement du défaut sur la section de ligne électrique d'après l'endroit du défaut pour le signal de réflexion simulé ayant une plus grande corrélation avec le signal de réflexion mesuré.

20

Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un système pour localiser un défaut sur une section de ligne électrique hors tension, comprenant:

25 une interface pour recevoir un signal de réflexion mesuré caractérisant le défaut et découlant d'un signal de tension appliqué sur la section de ligne électrique;

30 un engin de simulation simulant, avec un modèle de la section de ligne électrique, une application du signal de tension sur la section de ligne électrique et des mesures d'une pluralité de signaux de réflexion, chacun étant produit en réponse au signal de tension pour un défaut situé à différents endroits le long de la section de ligne électrique;

 un processeur se connectant à l'interface;

 un écran connecté au processeur; et

-5-

une mémoire couplée au processeur, la mémoire emmagasinant des instructions exécutables par le processeur et qui, lorsqu'exécutées par le processeur, entraîne le processeur à:

5 comparer les signaux de réflexion simulés pour le défaut situé à différents endroits avec le signal de réflexion mesuré; et

indiquer à l'écran un emplacement du défaut sur la section de ligne électrique d'après l'endroit du défaut pour le signal de réflexion simulé ayant une plus grande corrélation avec le signal de réflexion mesuré.

10 Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un produit tangible et non transitoire de programme informatique pour localiser un défaut sur une section de ligne électrique hors tension, contenant des instructions qui, lorsqu'exécutées par un processeur, entraîne le processeur à réaliser les étapes de:

15 recevoir un signal de réflexion mesuré caractérisant le défaut et découlant d'un signal de tension appliqué sur la section de ligne électrique;

simuler, avec un modèle de la section de ligne électrique, une application du signal de tension sur la section de ligne électrique et des mesures d'une pluralité de signaux de réflexion, chacun étant produit en réponse au signal de tension pour un défaut situé à différents endroits le long de la section de ligne électrique;

20

comparer les signaux de réflexion simulés pour le défaut situé à différents endroits avec le signal de réflexion mesuré; et

indiquer sur un écran couplé au processeur un emplacement du défaut sur la section de ligne électrique d'après l'endroit du défaut pour le signal de réflexion simulé ayant une plus grande corrélation avec le signal de réflexion mesuré.

25

DESCRIPTION BRÈVE DES DESSINS

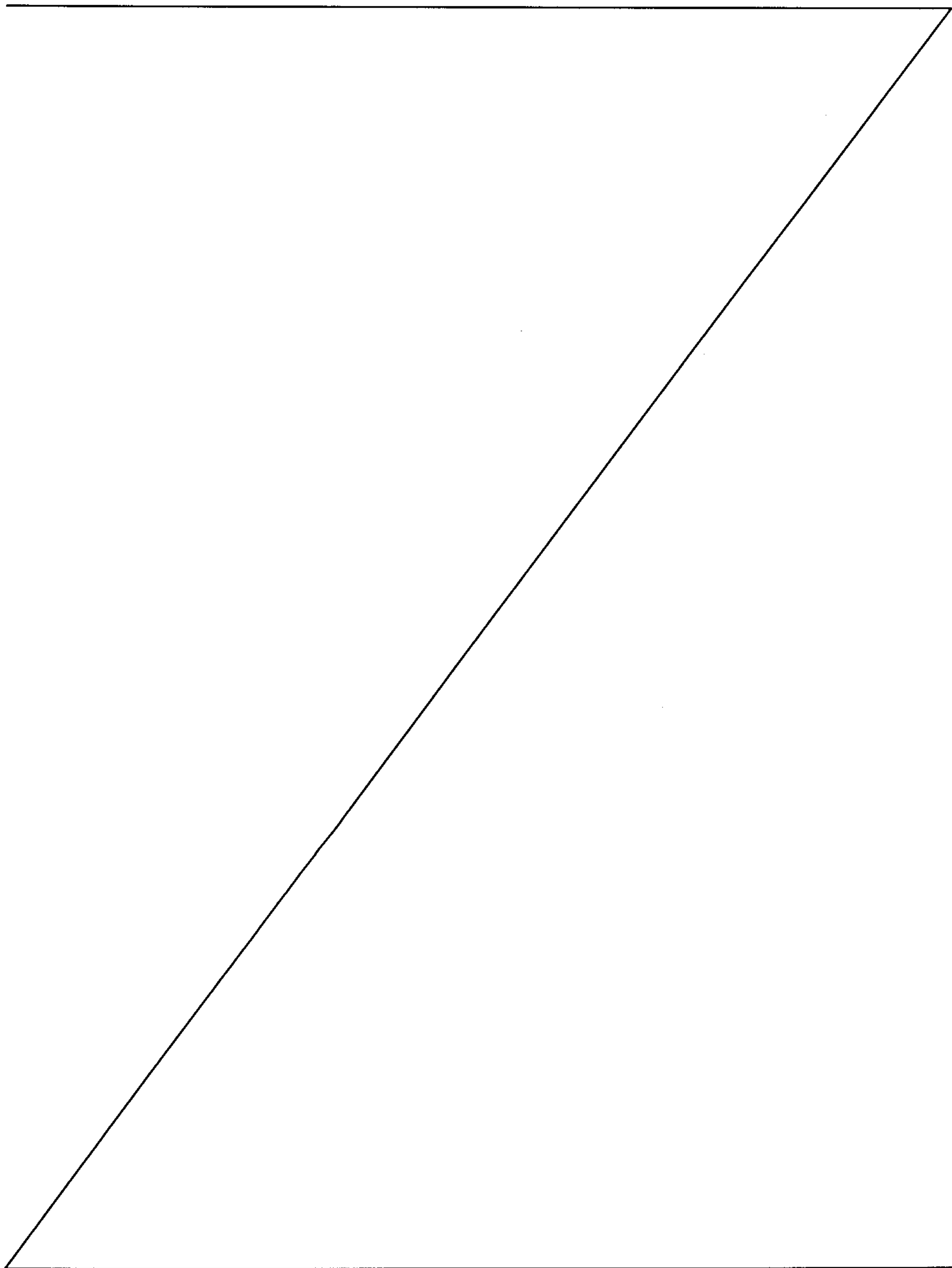
30

Une description détaillée des réalisations préférées de l'invention sera donnée ci-après en référence avec les dessins suivants:

-5a-

Figure 1 est un diagramme schématique illustrant un système de pré-localisation de défaut selon l'invention.

Figure 2 est un diagramme schématique illustrant une ligne électrique typique.



-6-

Figure 3 est un diagramme schématique illustrant une section de ligne de 2 265 m, sans embranchement.

5 Figure 4 est un graphique illustrant des exemples de signatures mesurées d'une ligne avec et sans défaut.

Figures 5A, 5B et 5C sont des graphiques illustrant des exemples de signatures simulées avec défaut à 500, 1000 et 2000 m.

10

Figure 6 est un graphique illustrant un front de claquage dans une signature mesurée.

15 Figures 7 et 8 sont des graphiques illustrant une signature mesurée non filtrée immédiatement après son échantillonnage, et la même signature filtrée, pour une ligne sans défaut.

Figure 9 est un graphique illustrant une courbe de la différence entre une signature mesurée sans défaut et une signature mesurée avec défaut.

20

Figure 10 est un graphique illustrant un signal correspondant à la courbe des pentes en chaque point de la courbe de différence.

25 Figure 11 est un diagramme schématique illustrant une interface du système servant à comparer une simulation avec une signature mesurée avec défaut, en tenant compte d'une position d'un premier front de claquage.

Figure 12 est un diagramme schématique illustrant une identification d'emplacements possibles du défaut sur un plan d'une ligne.

30

Figures 13A et 13B sont des diagrammes schématiques illustrant des opérations suivant la méthode selon l'invention.

-7-

Figure 14 est un diagramme schématique illustrant un modèle de source d'impulsion pour les simulations.

- 5 Figure 15 est un diagramme schématique illustrant un modèle d'éclateur pour les simulations.

Figure 16 est un diagramme schématique illustrant un modèle simplifié de câble utilisé pour déterminer des valeurs d'un modèle par section de composants
10 discrets pour les simulations.

Figure 17 est un diagramme schématique illustrant un modèle par section de composants discrets pour les simulations.

15 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES RÉALISATIONS PRÉFÉRÉES

En référence à la Figure 1, la méthode de localisation selon l'invention s'appuie sur les principes suivants. Le claquage d'un défaut 2 sur une phase 4 de la section de ligne électrique sous test produit une onde de tension qui se propage
20 et "rebondit" aux extrémités de la ligne sans arrêt jusqu'à atténuation complète. Depuis un générateur de signal de tension 6 (e.g. d'impulsions, de tension continue ou autre si voulu) connecté au conducteur 8 de la phase 4 à vérifier et utilisé pour produire un claquage, un arc électrique est vu comme une extrémité (circuit basse impédance, quelques Ohms). La durée d'existence de l'arc
25 électrique est largement supérieure à la période nécessaire à une observation de plusieurs allers-retours de l'onde de claquage. Un claquage à un endroit donné d'une section de ligne produit un signal qui est unique et qui peut être modélisé afin de le simuler.

- 30 En se basant sur ces principes, la méthode selon l'invention revient en quelque sorte à réaliser les étapes suivantes:

-8-

- simuler des claquages à des intervalles de distance réguliers (ou connus) sur une ligne ou section de ligne à vérifier, en observant le signal depuis un point où est installé le générateur de signal de tension 6 (ou un autre point si voulu);
- 5 - mesurer sur la ligne réelle un claquage réel, au point où est installé le générateur de signal de tension 6 (ou un autre point si voulu); et
- comparer les simulations avec la mesure et identifier la simulation qui ressemble le plus à la mesure ("best match"), la simulation correspondant à un point unique sur la ligne et indiquant un emplacement du défaut.

10

La méthode s'applique en outre sur une phase d'un câble triphasé ou sur un câble monophasé. Toutes les phases de la ligne sous test sont préalablement ouvertes aux extrémités et non mises à la terre.

- 15 La méthode s'applique sur des lignes de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres de câble. Elle permet de localiser des défauts même dans le cas où la ligne comporte des embranchements de longueurs diverses.

La méthode peut également être appliquée à d'autres types de lignes
20 électriques comme une ligne téléphonique, terrestres ou non (e.g. dans un bateau, un avion, etc.).

Une sonde 10 de type capacitif ou autre est connectée au conducteur 8 pour mesurer les signaux produits en réponse au signal de tension injecté dans le
25 conducteur 8. La sonde 10 peut être configurée pour permettre d'avoir une atténuation des signaux par exemple de 2000 à 20 000 fois. D'autres types de sondes peuvent être utilisées, du moment que l'amplitude du signal qui arrive en entrée d'un convertisseur analogique/numérique 12 est compatible avec les plages d'utilisation du convertisseur 12.

30

Dans un réseau souterrain, les portées de câbles peuvent être presque exclusivement enfouies dans des conduits entre deux structures. Quand une

-9-

portée comporte un défaut, il faut généralement l'extraire et la changer au complet. La précision nécessaire pour localiser un défaut est dans ce cas assez faible, puisqu'il suffit de localiser le défaut entre deux puits d'accès qui peuvent être distants de quelques dizaines de mètres à quelques centaines de mètres.

5

Dans le cas de câbles directement enfouis dans le sol, la précision demandée est beaucoup plus grande, e.g. 2 à 3 mètres, puisqu'il faut généralement creuser pour réparer le câble.

- 10 La précision de la localisation dépendra de la précision avec lesquels les modèles de simulation sont développés et de la précision avec laquelle les simulations sont réalisées.

Les signaux numérisés par le convertisseur 12 peuvent être transmis à un système informatique ou électronique afin d'être traité suivant la méthode selon l'invention. Dans le cas d'un système informatique tel qu'illustré dans la Figure 1, le système peut comporter un ordinateur 14 pouvant être portable et ayant une interface 13 pour recevoir les signaux numérisés, un processeur 15 se connectant à l'interface 13 et une mémoire 17 couplée au processeur.

20 L'ordinateur 14 peut être programmé pour exécuter partiellement ou totalement la méthode de localisation selon l'invention. Par exemple, les simulations peuvent être réalisées par l'ordinateur 14 ou par un engin de simulation 19 implémenté par un ordinateur 16 distinct susceptible d'être plus puissant et relié à une base de données topologiques 18 du réseau dont fait partie la section de

25 ligne sous test. Les données topologiques du réseau peuvent être entrées manuellement ou non dans l'ordinateur de simulation 16 par un opérateur 20, les données pouvant ensuite être conservées dans la base de données 18 si voulu. L'ordinateur 14 peut se connecter à l'ordinateur 16 via internet ou toute autre lien de communication, et peut afficher les résultats de la localisation du

30 défaut sur son écran tel que représenté par le bloc 22. L'ordinateur 14 peut également être chargé de réaliser les simulations et donc implémenter l'engin de simulation 19 et être connectable à la base de données 18. D'autres

-10-

configurations de système sont possibles, par exemple sans ordinateur 14, auquel cas les signaux mesurés et numérisés seraient alors transmis à l'ordinateur 16.

- 5 En référence à la Figure 2, les lignes de distribution sont souvent constituées d'un tronçon principal 24 sur lequel se rattache une ou plusieurs branches 26 (e.g. deux sont illustrées dans la Figure 2).

10 Lorsqu'une impulsion 28 (formant le signal de tension) est appliquée à l'entrée d'une ligne, l'impulsion 28 se propage et se réfléchit sur tout changement d'impédance. Les réflexions significatives se produisent en particulier aux extrémités de la ligne et aux embranchements. Il peut aussi y avoir des réflexions sur des anomalies de la ligne, par exemple sur un point où la ligne aurait subi un dommage.

15

Toutes ces réflexions peuvent être visualisées par une mesure de la tension ou du courant en différents points de la ligne. Il est particulièrement pratique de le faire à l'entrée de la ligne, à l'endroit même où l'impulsion 28 est de préférence injectée. L'impulsion 28 peut être injectée dans la ligne à un autre endroit si
20 voulu.

La mesure de la tension ou du courant en un point quelconque d'une ligne, en réponse à une impulsion de tension, montre un graphique qui est propre et unique à la configuration de la ligne. Dans la description qui suit, il sera fait
25 uniquement référence à une mesure de la tension, pour simplifier. Il est entendu qu'une mesure de courant peut tout aussi bien être utilisée si voulu. De même, il sera fait uniquement référence à une impulsion, pour simplifier. Il est entendu qu'un signal de tension différent peut tout aussi bien être utilisé si voulu.

30 La mesure de la tension constitue donc une "signature" de la ligne, de son caractère particulier. Elle est le résultat de l'addition dans le temps des

-11-

variations de tension, en un point donné, des différentes réflexions apparaissant le long du parcours de la ligne. Cette addition crée des formes complexes.

5 En référence à la Figure 3, il est montré une section de ligne 30 de 2 265 m de long sans embranchement, utilisée à titre d'exemple dans les explications qui suivent.

Lorsqu'une impulsion est appliquée avec le générateur 6 (illustré à la Figure 1) sur une ligne comportant un défaut éclateur, les résultats seront différents
10 dépendamment des tensions appliquées.

En référence à la Figure 4, si la tension est basse (typiquement 1 kV, mais pouvant par exemple varier de l'ordre de 500 V à 4 kV selon le cas pour des lignes moyenne-tension de 12 kV et 25 kV, tension phase-terre), le défaut ne
15 produira pas d'arc (pas de claquage) et la ligne se comportera la plupart du temps comme une ligne saine. Le signal mesuré en réponse à l'impulsion de basse tension constituera alors une signature appelée signature de ligne sans défaut, tel que représentée par la courbe 32.

20 Si la signature d'une ligne dans son état normal sans défaut est connue, les signatures subséquentes, dans les mêmes conditions de mesure, seront identiques. La signature constitue donc un test de la stabilité de la configuration ou de l'état de la ligne.

25 Lorsqu'une ligne a subi un défaut éclateur, un disjoncteur (non illustré) a ouvert le circuit, car le courant, lors de l'apparition de l'arc, a monté en flèche. Pour trouver l'endroit où se produit l'arc, il est donc utile de le provoquer à l'aide du générateur d'impulsions 6. Lors de l'application d'une impulsion de forte tension (typiquement 18 kV, mais pouvant être adaptée selon le type de réseau de
30 manière à faire claquer le défaut tout en minimisant les risques de détérioration des câbles), il est possible de faire une mesure de la tension à l'entrée de la ligne, à l'endroit même où la tension est injectée avec le générateur 6. Cette

-12-

mesure constitue la signature de la ligne avec défaut, tel que représentée par la courbe 34. La mesure peut être prise ailleurs sur la ligne si voulu.

5 Comparer une signature sans défaut et une signature avec défaut met en évidence une altération des caractéristiques de la ligne.

10 Il est possible, à l'aide d'un engin de simulation 19 (illustré à la Figure 1), de calculer toutes les réflexions qui se produirait dans un câble soumis à des impulsions et de visualiser à l'avance le comportement de la tension et du courant en n'importe quel point de la ligne.

15 Dans la méthode selon l'invention, il s'agit de la simulation de la signature de la ligne sans défaut (qui ressemblerait à la courbe 32 dans la Figure 4), et de la simulation de signatures de la ligne avec défaut, en plaçant le défaut à différents endroits tout le long de la ligne tel qu'illustré par les courbes 34'a, 34'b et 34'c illustrées dans les Figures 5A, 5B et 5C pour des distances respectives de 500 m, 1 000 m et 2 000 m à partir d'un début de la ligne.

20 Les simulations sont possibles en autant que les modèles utilisés par le simulateur sont réalistes. L'engin de simulation 19 calcule des variations de tension et courant en fonction des éléments du modèle. Plus la précision voulue est élevée, plus le modèle comporte d'éléments et plus la simulation est lourde et demande du temps de calcul.

25 Un compromis entre la précision et le temps de calcul peut être fait. La qualité des modèles peut s'avérer particulièrement importante. Plus le modèle est élaboré, plus les résultats sont précis. Mais dans ce cas, le modèle comporte plus d'éléments, ce qui implique plus de temps de calcul. Il y a donc des compromis à faire en fonction des résultats escomptés.

30

Un modèle peut être utilisé pour chaque type de câble, pour le générateur d'impulsion 6 et pour le défaut éclateur 2. Des simulations à chaque intervalle

-13-

de 20 m et à chaque structure ou extrémité de la ligne peuvent être effectuées. D'autres intervalles peuvent être choisis si voulu.

Lorsqu'une simulation est faite, un temps de propagation du signal qui dépend
 5 des modèles est obtenu. Mais la réalité peut être légèrement différente des modèles et le temps de propagation moyen peut-être plus ou moins élevé dans la réalité que dans les simulations. Pour palier à cette éventuelle différence "réalité/simulation", une étape qui peut initialement être effectuée lors d'une localisation avec la méthode, est de comparer une mesure de signature sans
 10 défaut avec une simulation de signature sans défaut.

Un coefficient de correction temporelle C_{ct} découlant de la différence entre les vitesses/temps de propagation des signaux voyageant sur la section de ligne électrique et les signaux simulés est déterminé. Mais corriger numériquement
 15 toutes les simulations relativement à une mesure peut être trop coûteux en temps de calcul. L'inverse peut alors être fait de sorte que chaque mesure (i.e. signal de réflexion mesuré) est corrigée relativement aux simulations (i.e. signaux de réflexion simulés correspondants).

20 Pour trouver le coefficient de correction, les étapes suivantes peuvent être effectuées:

- faire varier par traitement numérique la période de temps Δt d'un signal mesuré (ce qui revient à compresser ou étirer le signal mesuré sur une échelle de temps);
- 25 - calculer un coefficient de corrélation entre le signal mesuré modifié et un signal simulé, la corrélation étant de préférence faite en alignant des fronts de tension au départ des deux signaux;
- un Δt qui donne un plus haut coefficient de corrélation entre les 2 signaux est retenu, ce qui signifie que les 2 signaux se ressemblent le plus;
- 30 - calculer le coefficient de correction temporelle $C_{ct} = \frac{\Delta t_s}{\Delta t_m}$ où Δt_s représente la période de temps du signal simulé et Δt_m représente la période de temps du signal mesuré qui donne la meilleure corrélation entre les 2 signaux.

Le Δt de toute mesure peut par la suite être multiplié par C_{ct} avant que le signal de mesure ne soit comparé avec les simulations.

5 En référence à la Figure 6, pour localiser le défaut, les simulations de la ligne avec défaut sont comparées à la mesure du signal lors de l'impulsion de choc. Si un cas idéal est pris, le défaut apparaît sur la ligne comme un front 36 bien distinct. Dans la Figure 6, le front 36 arrive aux alentours de 2.2 km de distance. Mais dans la majorité des cas, cette distance n'est pas celle du défaut sur la
10 ligne. Le temps pris par le défaut éclateur pour se charger en tension avant d'éclater cause un décalage vers la droite du front. Par exemple, dans le cas d'un câble ayant une vitesse de propagation de 150 m par microseconde, un délai de 5 microsecondes avant le claquage fait apparaître le front 750 m plus loin que le défaut réel.

15 À cause du retard possible du claquage, le début du premier front 36 est déterminé et la mesure et les simulations sont de préférence comparées uniquement à partir du début de ce front 36. La position du front 36 peut être déterminée par traitement numérique des mesures de la signature sans défaut
20 et de la signature avec défaut.

Tous les signaux sont de préférence filtrés avant leur traitement par un filtre passe-bande qui peut être implémenté dans l'ordinateur 14 (illustré à la Figure 1), en général entre 100 kHz et 5 MHz. De cette manière, les signaux seront
25 plus uniformes. Les variations importantes sont conservées tandis que le niveau moyen en basse fréquence n'apporte pas d'information utile.

La Figure 7 représente une signature non filtrée, immédiatement après son échantillonnage, alors que la Figure 8 représente la même signature une fois
30 filtrée.

-15-

Pour trouver le front du claquage, la différence entre la signature mesurée sans défaut 32 et la signature mesurée avec défaut 34 peut être réalisée. Au préalable, d'autres traitements peuvent être appliqués sur les signaux par l'ordinateur 14 (illustré à la Figure 1), tel qu'un fenêtrage qui permet d'atténuer l'importance du début et de la fin du signal. La Figure 9 montre un exemple de courbe 38 résultant de la différence entre les signatures mesurées avec et sans défaut 34, 32.

La courbe des pentes en chaque point de la courbe de différence 38 peut ensuite être déterminée, ce qui revient à en déterminer la dérivée. La Figure 10 illustre le signal obtenu 40.

Le premier pic au dessus d'un seuil qui est situé par exemple par défaut à 70% de l'amplitude maximale est ensuite recherché dans la dérivée de la différence 40. Le seuil de 70% peut avoir été déterminé après essais/erreurs comme étant le seuil permettant de détecter le plus sûrement possible le premier front du claquage tout en évitant de détecter des fronts dus à des parasites ou des changements d'impédance sur le parcours de la ligne. La valeur du seuil peut être différente si voulu, selon les circonstances.

20

La position du premier pic correspond au début du premier front de claquage sur le signal de mesure de la signature avec défaut.

En référence à la Figure 11, la position du premier front du claquage étant identifiée, il est maintenant possible de comparer la mesure de la signature avec défaut 34 aux simulations 34'.

Chaque simulation 34' est comparée avec le signal mesuré de la signature avec défaut 34. Le résultat de cette comparaison est un coefficient de similitude dont le maximum est atteint lorsque les 2 signaux se ressemblent parfaitement. La simulation qui donne le coefficient de similitude le plus élevé indique l'emplacement du défaut. Cette simulation correspond en un point précis 42 de

30

-16-

la ligne qui est facile d'identifier sur le plan de la ligne 30, tel qu'illustré à la Figure 12.

Les Figures 13A et 13B présentent une vue d'ensemble d'opérations réalisées par la méthode de localisation selon l'invention. Les opérations peuvent être divisées en un bloc 44 portant sur les signatures sans défaut et un bloc 46 portant sur les signatures avec défaut et produisant une indication de l'emplacement du défaut d'après la simulation qui obtient le meilleur score de corrélation avec le signal mesuré tel représenté par le bloc 48, ou d'après une structure (chaque simulation correspondant à un point sur la ligne situé entre deux structures du réseau clairement identifiées) qui apparaît le plus souvent dans les trois simulations ayant le plus haut score de corrélation tel que représenté par le bloc 50. Le bloc 52 représente une indication d'un coefficient de multiplication en rapport avec une corrélation le plus élevé entre les signatures sans défaut mesurée et simulée, servant à ajuster les signatures mesurées avec défaut.

Des modèles efficaces pour les éléments entrant en jeu dans la chaîne de mesure de signatures simulées peuvent être mis au point de différentes façons. Les éléments pris en compte sont de préférence la source de tension et son câble, les câbles moyenne-tension (ou autres s'il y a lieu), et le défaut de type éclateur (ou autre s'il y a lieu).

Il n'existe qu'un impact négligeable sur le signal de tension mesurée: les jonctions. Chaque jonction représente un changement d'impédance dans la propagation du signal, mais sur une longueur très courte (de l'ordre de 1 mètre) comparativement à plusieurs centaines de mètres, voire de kilomètres, pour la longueur totale de la ligne sous test.

L'engin de simulation 19 (illustré à la Figure 1) selon l'invention est configuré pour simuler le comportement électrique des câbles lors de l'injection d'impulsion de localisation. Lorsque l'impulsion de tension arrive au défaut,

-17-

celui-ci va claquer, c'est-à-dire qu'un arc électrique va court-circuiter la ligne pendant un temps court (par exemple de 4 à 200 μ sec). La simulation de ce phénomène implique un modèle approprié des différents types de câble susceptibles d'être installés dans le réseau. L'engin de simulation 19 peut être
 5 basé sur un engin entièrement programmé ou encore un engin comme le EMTP-RV ("ElectroMagnetic Transients Program" – dénomination commerciale) de la compagnie CEATI International Inc.

Le modèle des câbles prend de préférence en compte les effets en fréquence
 10 de 60 Hz à 10 MHz et les effets des mises à la terre qui produisent un courant dans la gaine (neutre) d'un câble.

La source d'impulsion haute tension peut être installée dans des camions de dépannage et être constituée d'un condensateur de 4 μ F, d'un relais et d'un
 15 câble de 50 mètres de long. Les valeurs peuvent varier si voulu, de même que l'installation.

En référence à la Figure 14, la source d'impulsion 54 peut être modélisée pour la simulation par un condensateur 56 de 4 μ F connecté à une résistance 58 de
 20 0.5 Ω connectée à un câble 60 de 50 mètres via un interrupteur 62 généralement ouvert, qui est fermé pour injecter une impulsion.

En référence à la Figure 15, le claquage du câble peut être réalisé à l'aide d'un modèle d'éclateur 64 semblable à celui qui est intégré à l'engin de simulation
 25 EMTP-RV. Le modèle 64 peut être alors constitué d'un interrupteur 66 et d'une résistance 67 réagissant à un niveau de tension déterminé par l'utilisateur, par exemple 10kV. La résistance peut être établie à 1 Ω . Les valeurs peuvent varier si voulu. Ainsi, lorsque la tension aux bornes de l'éclateur modélisé 64 est atteinte, l'interrupteur 66 se ferme.

30

En référence à la Figure 16, un câble souterrain comporte habituellement un conducteur central (l'âme) enveloppé d'un neutre constitué d'environ 24
 conducteurs formant ainsi un câble coaxial. Les fils du neutre sont très espacés

-18-

et ne permettent pas de créer un blindage efficace à 100%. Le champ magnétique créé par l'âme à l'extérieur du neutre n'est pas complètement annulé par le champ magnétique du neutre. Tout courant passant dans un conducteur, crée un champ magnétique. L'inductance est définie par le rapport

5 du flux magnétique Ψ sur le courant I d'un circuit quelconque:

$$L = \frac{\Psi}{I}$$

De préférence, le modèle de ligne tient compte de l'inductance 68 de l'âme, l'inductance 70 du neutre, et leur inductance mutuelle 72 qui représente la

10 partie du flux qui s'annule. Le modèle de ligne tient de préférence aussi compte de la capacité linéique 74 entre l'âme et le neutre, la capacité linéique 76 entre le neutre et la terre, la capacité linéique 78 entre l'âme et la terre, la résistance linéique 80, 82 de l'âme et du neutre (cette résistance change en fonction de la fréquence due à l'effet pelliculaire), et des pertes 84 dans l'isolant, en particulier

15 aux hautes fréquences.

En référence à la Figure 17, un modèle par section de composants discrets 86, tel qu'un modèle en pi, comporte plusieurs caractéristiques intéressantes. Il est possible de l'intégrer à la plupart des simulateurs de circuits électriques ou

20 électroniques, avec toutes les commodités que cela comporte. Ce type de modèle a aussi l'avantage d'être simple à utiliser.

Le modèle par section de composants discrets peut comporter l'inductance de l'âme $\#L_{a1}\#$, l'inductance du neutre $\#L_b\#$, l'inductance mutuelle âme-neutre

25 $\#L_m\#$, la capacité linéique âme-neutre $\#C_l\#$, la capacité linéique neutre-terre $\#C_t\#$, les composants modélisant la résistance linéique de l'âme avec correction en fréquence $\#R_{a1}\#$, $\#R_{a2}\#$, $\#L_{a2}\#$, les composants modélisant la résistance linéique du neutre avec correction en fréquence $\#R_{b1}\#$, $\#R_{b2}\#$, $\#L_{a2}\#$, et les composants modélisant la résistance linéique de perte dans l'isolant avec

30 correction en fréquence $\#R_c\#$, $\#C_c\#$.

-19-

Un modèle de la terre et de la mise à la terre peut être incorporé dans le modèle du réseau. Le modèle de terre peut s'inspirer de celui proposé dans le document EPRI TR-106661, V.1 ACE 249 D 904, "Mise à la terre des réseaux de distribution – Volume I: Manuel pratique", Août 1996, S.G. Patel, D.L.

- 5 Garrett, A.P. Meliopoulos, avec des composants R_{mt} , R_{te} , R_{rt} .

Les valeurs des composants du modèle de simulation (e.g. capacités, inductances, etc.) peuvent être déterminées de manière empirique ou autrement si voulu. Plusieurs paramètres du modèle de simulation peuvent être

10 fonction d'une longueur en mètre du câble modélisé. Les simulations peuvent être réalisées par concaténation d'éléments finis d'un mètre ou d'une autre distance, revenant à coupler les blocs de composants discrets successivement les uns aux autres selon la configuration de la section de ligne à simuler.

- 15 Les tableaux I, II et III ci-dessous montrent des valeurs obtenues pour certains calibres de câble modélisé, où Cu représente du cuivre, Al de l'aluminium, Mono signifie monophasé et Tri signifie triphasé.

Tableau I

20	3/0 Al Mono	3/0 Al Tri
	Tr0_1=1	Tr0_1=1
	Cl=165E-12*L	Cl=165E-12*L
	Lm=130E-9*L	Lm=130E-9*L
	La1=170E-9*L	La1=170E-9*L
25	La2=7E-9*L	La2=7E-9*L
	Ra2=0.4480E-3*L	Ra2=0.4480E-3*L
	Ra1=(1/(1/(0.000442*L)-1/Ra2))	Ra1=(1/(1/(0.000442*L)-1/Ra2))
	Lb1=60E-9*L	Lb1=60E-9*L
	Lb2=7E-9*L	Lb2=7E-9*L
30	Rb2=0.000940*L	Rb2=0.000940*L
	Rb1=1/(1/(0.000900*L)-1/Rb2)	Rb1=1/(1/(0.000900*L)-1/Rb2)
	Rrt=50*L	Rrt=50*L
	Rte=100000/L	Rte=100000/L
	Rmt=1E12/L	Rmt=1E12/L
35	Cc=10E-12*L	Cc=10E-12*L
	Rc=50000*L	Rc=50000*L
	Ct=160E-12*L	Ct=160E-12*L

-20-

Tableau II

	350 Al Tri	350 Cu Tri
	Tr0_1=1	Tr0_1=1
	Cl=215E-12*L	Cl=215E-12*L
5	Lm=70E-9*L	Lm=70E-9*L
	La1=124E-9*L	La1=124E-9*L
	La2=3E-9*L	La2=3E-9*L
	Ra2=0.210E-3*L	Ra2=0.210E-3*L
	Ra1=(1/(1/(0.000205*L)-1/Ra2))	Ra1=(1/(1/(0.000205*L)-1/Ra2))
10	Lb1=50E-9*L	Lb1=50E-9*L
	Lb2=3E-9*L	Lb2=3E-9*L
	Rb2=0.000950*L	Rb2=0.000950*L
	Rb1=1/(1/(0.000900*L)-1/Rb2)	Rb1=1/(1/(0.000900*L)-1/Rb2)
	Rrt=50*L	Rrt=50*L
15	Rte=100000/L	Rte=100000/L
	Rmt=1E12/L	Rmt=1E12/L
	Cc=10E-12*L	Cc=10E-12*L
	Rc=50000*L	Rc=50000*L
	Ct=160E-12*L	Ct=160E-12*L
20		

Tableau III

	500 Al Tri	500 Cu Tri	750 Al Tri
	Tr0_1=1	Tr0_1=1	Tr0_1=1
	Cl=240E-12*L	Cl=240E-12*L	Cl=280E-12*L
25	Lm=78E-9*L	Lm=78E-9*L	Lm=19E-9*L
	La1=130E-9*L	La1=130E-9*L	La1=130E-9*L
	La2=3E-9*L	La2=3E-9*L	La2=2E-9*L
	Ra2=0.1437E-3*L	Ra2=0.1437E-3*L	Ra2=0.096E-3*L
30	Ra1=(1/(1/(0.000143*L)-1/Ra2))	Ra1=(1/(1/(0.000143*L)-1/Ra2))	Ra1=(1/(1/(0.000095*L)-1/Ra2))
	Lb1=30E-9*L	Lb1=30E-9*L	Lb1=19E-9*L
	Lb2=2E-9*L	Lb2=2E-9*L	Lb2=3E-9*L
	Rb2=0.000960*L	Rb2=0.000960*L	Rb2=0.000615*L
35	Rb1=1/(1/(0.000900*L)-1/Rb2)	Rb1=1/(1/(0.000900*L)-1/Rb2)	Rb1=1/(1/(0.000600*L)-1/Rb2)
	Rrt=50*L	Rrt=50*L	Rrt=50*L
	Rte=100000/L	Rte=100000/L	Rte=100000/L
40	Rmt=1E12/L	Rmt=1E12/L	Rmt=1E12/L
	Cc=10E-12*L	Cc=10E-12*L	Cc=10E-12*L
	Rc=50000*L	Rc=50000*L	Rc=50000*L
	Ct=160E-12*L	Ct=160E-12*L	Ct=160E-12*L

-21-

Le système et la méthode selon l'invention, décrite ci-dessus, fonctionnent avec un défaut de type éclateur produit par un générateur d'impulsions. La méthode peut s'appliquer aussi avec d'autres types de défauts (défauts francs ou circuits-ouverts) ou avec d'autres types de générateurs (claquage en service ou
5 avec un générateur de courant continu). Pour cela, il suffit de redéfinir les modèles de simulation et les algorithmes attachés à la comparaison des simulations et des mesures.

La méthode selon l'invention peut être réalisée au moyen d'un produit tangible
10 de programme informatique contenant des instructions qui, lorsqu'exécutées par un processeur e.g. d'ordinateur, entraîne le processeur à réaliser les étapes de la méthode décrites ci-dessus.

Bien que des réalisations de l'invention aient été illustrées dans les dessins ci-
15 joints et décrites ci-dessus, il apparaîtra évident pour les personnes versées dans l'art que des modifications peuvent être apportées à ces réalisations sans s'écarter de l'invention.

REVENDICATIONS:

1. Une méthode utilisant un ordinateur pour localiser un défaut sur une section de ligne électrique hors tension, comprenant les étapes de:
 - 5 appliquer un signal de tension sur la section de ligne électrique de manière à produire un signal de réflexion sur la section de ligne électrique caractérisant le défaut;
mesurer le signal de réflexion sur la section de ligne électrique produit en réponse au signal de tension;
 - 10 l'ordinateur simulant, avec un modèle de la section de ligne électrique, une application du signal de tension sur la section de ligne électrique et des mesures d'une pluralité de signaux de réflexion, chacun étant produit en réponse au signal de tension pour un défaut situé à différents endroits le long de la section de ligne électrique;
 - 15 l'ordinateur comparant les signaux de réflexion simulés pour le défaut situé à différents endroits avec le signal de réflexion mesuré; et
l'ordinateur indiquant sur un écran connecté à l'ordinateur un emplacement du défaut sur la section de ligne électrique d'après l'endroit du défaut pour le signal de réflexion simulé ayant une plus grande corrélation avec
20 le signal de réflexion mesuré.
2. La méthode selon la revendication 1, comprenant de plus l'étape de repérer une position d'un premier front dans le signal de réflexion mesuré par traitement du signal de réflexion mesuré par rapport à un signal de réflexion de
25 référence de la section de ligne électrique sans défaut, les signaux de réflexion simulés étant comparés avec le signal de réflexion mesuré considérant la position du premier front de claquage.
3. La méthode selon la revendication 2, comprenant de plus au moins une
30 des étapes de:
mesurer un signal de réflexion produit en réponse à un signal de tension appliqué sur la section de ligne électrique ayant un niveau de tension inférieur à

-23-

un niveau de tension du signal de tension produisant le signal de réflexion caractérisant le défaut; et

simuler, avec le modèle de la section de ligne électrique, une mesure d'un signal de réflexion produit en réponse à un signal de tension appliqué sur
5 la section de ligne électrique ayant un niveau de tension inférieur au niveau de tension du signal de tension produisant le signal de réflexion caractérisant le défaut,

le signal de réflexion de référence étant défini par au moins un des signaux de réflexion ainsi obtenus.

10

4. La méthode selon la revendication 3, comprenant de plus l'étape de déterminer un coefficient de correction applicable entre le signal de réflexion mesuré et les signaux de réflexion simulés d'après une différence entre le signal de réflexion de référence obtenu par mesure et le signal de réflexion de
15 référence obtenu par simulation.

5. La méthode selon la revendication 4, dans laquelle le coefficient de correction est appliqué au signal de réflexion mesuré.

20 6. La méthode selon la revendication 1, dans laquelle les étapes d'appliquer le signal de tension et de mesurer le signal de réflexion sont réalisées à une même extrémité de la section de la ligne électrique.

7. La méthode selon la revendication 1, dans laquelle les différents endroits
25 le long de la section de ligne électrique sont à des intervalles de distance réguliers.

8. La méthode selon la revendication 1, dans laquelle le modèle de la section de ligne électrique comprend, pour chaque calibre de câble dans la
30 section de ligne électrique, des valeurs d'inductances d'âme, de neutre et mutuelle, des valeurs de capacités âme-neutre, neutre-terre et âme-terre, et

-24-

des valeurs de résistances d'âme, de neutre et de perte dans un isolant du câble.

5 9. La méthode selon la revendication 8, dans laquelle le modèle de la section de ligne comprend des blocs de composants discrets se couplant successivement les uns aux autres selon une configuration de la section de ligne à simuler.

10 10. La méthode selon la revendication 1, dans laquelle le signal de tension a un niveau de tension susceptible de provoquer un claquage dans la section de la ligne électrique.

15 11. La méthode selon la revendication 3, dans laquelle le niveau de tension du signal de tension pour obtenir le signal de réflexion de référence est inférieur à 4 kV.

12. La méthode selon la revendication 2, dans laquelle le traitement comprend les étapes de:

20 appliquer un filtre passe-bande au signal de réflexion mesuré et au signal de réflexion de référence;

réaliser une différence entre les signaux de réflexion filtrés;

réaliser une dérivée d'une courbe résultant de la différence; et

25 rechercher un premier pic au dessus d'un seuil prédéterminé dans une courbe résultant de la dérivée, le premier pic étant indicatif de la position du premier front.

30 13. La méthode selon la revendication 12, dans laquelle le traitement comprend de plus l'étape de réaliser un fenêtrage sur les signaux de réflexion filtrés avant de réaliser la différence.

14. Un système pour localiser un défaut sur une section de ligne électrique hors tension, comprenant:

-25-

une interface pour recevoir un signal de réflexion mesuré caractérisant le défaut et découlant d'un signal de tension appliqué sur la section de ligne électrique;

un engin de simulation simulant, avec un modèle de la section de ligne électrique, une application du signal de tension sur la section de ligne électrique et des mesures d'une pluralité de signaux de réflexion, chacun étant produit en réponse au signal de tension pour un défaut situé à différents endroits le long de la section de ligne électrique;

un processeur se connectant à l'interface;

un écran connecté au processeur; et

une mémoire couplée au processeur, la mémoire emmagasinant des instructions exécutables par le processeur et qui, lorsqu'exécutées par le processeur, entraîne le processeur à:

comparer les signaux de réflexion simulés pour le défaut situé à différents endroits avec le signal de réflexion mesuré; et

indiquer à l'écran un emplacement du défaut sur la section de ligne électrique d'après l'endroit du défaut pour le signal de réflexion simulé ayant une plus grande corrélation avec le signal de réflexion mesuré.

15. Le système selon la revendication 14, dans lequel les instructions comprennent des instructions entraînant le processeur à repérer une position d'un premier front dans le signal de réflexion mesuré par traitement du signal de réflexion mesuré par rapport à un signal de réflexion de référence de la section de ligne électrique sans défaut, les signaux de réflexion simulés étant comparés avec le signal de réflexion mesuré considérant la position du premier front.

16. Le système selon la revendication 15, dans lequel les instructions comprennent des instructions entraînant le processeur à définir le signal de réflexion de référence par au moins un des signaux de réflexion obtenus:

en réponse à un signal de tension appliqué sur la section de ligne électrique ayant un niveau de tension inférieur à un niveau de tension du signal

-26-

de tension produisant le signal de réflexion caractérisant le défaut et reçu par l'interface; et

par simulation, avec le modèle de la section de ligne électrique, d'une mesure d'un signal de réflexion produit en réponse à un signal de tension appliqué sur la section de ligne électrique ayant un niveau de tension inférieur au niveau de tension du signal de tension produisant le signal de réflexion caractérisant le défaut.

17. Le système selon la revendication 16, dans lequel les instructions comprennent des instructions entraînant le processeur à:

déterminer un coefficient de correction applicable entre le signal de réflexion mesuré et les signaux de réflexion simulés d'après une différence entre le signal de réflexion de référence obtenu par mesure et le signal de réflexion de référence obtenu par simulation; et

appliquer le coefficient de correction au signal de réflexion mesuré en réponse au signal de tension ayant le niveau de tension produisant le signal de réflexion caractérisant le défaut.

18. Le système selon la revendication 14, dans lequel les différents endroits le long de la section de ligne électrique sont à des intervalles de distance réguliers.

19. Le système selon la revendication 14, comprenant de plus une base de données topologiques définissant plusieurs sections de lignes électriques, le modèle utilisé par l'engin de simulation modélisant la section de ligne électrique sur laquelle le signal de tension a été appliqué et le signal de réflexion mesuré d'après les données topologiques correspondantes à la section de ligne électrique dans la base de données topologiques.

20. Le système selon la revendication 19, dans lequel le modèle de la section de ligne électrique comprend, pour chaque calibre de câble dans la section de ligne électrique, des valeurs d'inductances d'âme, de neutre et

-27-

mutuelle, des valeurs de capacités âme-neutre, neutre-terre et âme-terre, et des valeurs de résistances d'âme, de neutre et de perte dans un isolant du câble.

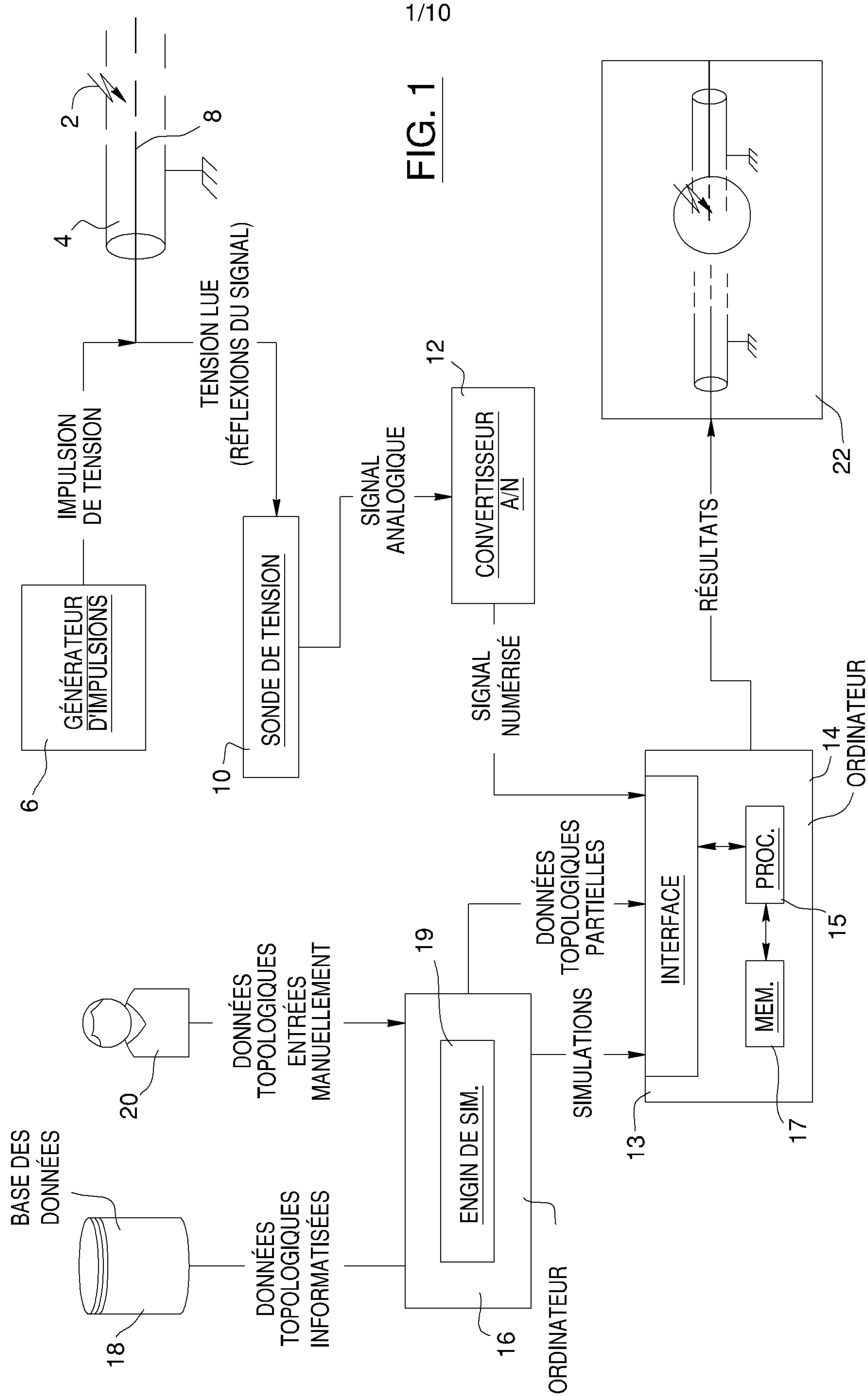
- 5 21. Le système selon la revendication 20, dans lequel le modèle de la section de ligne comprend des blocs de composants discrets se couplant successivement les uns aux autres selon une configuration de la section de ligne à simuler.
- 10 22. Le système selon la revendication 15, dans lequel les instructions comprennent des instructions relatives au traitement et entraînant le processeur à:
- appliquer un filtre passe-bande au signal de réflexion mesuré;
réaliser une différence entre le signal de réflexion filtré et le signal de
- 15 réflexion de référence;
réaliser une dérivée d'une courbe résultant de la différence; et
rechercher un premier pic au dessus d'un seuil prédéterminé dans une courbe résultant de la dérivée, le premier pic étant indicatif de la position du front.
- 20 23. Le système selon la revendication 22, dans lequel les instructions relatives au traitement comprennent de plus des instructions entraînant le processeur à réaliser un fenêtrage sur le signal de réflexion filtré avant de réaliser la différence.
- 25 24. Un produit tangible et non transitoire de programme informatique pour localiser un défaut sur une section de ligne électrique hors tension, contenant des instructions qui, lorsqu'exécutées par un processeur, entraîne le processeur à réaliser les étapes de:
- 30 recevoir un signal de réflexion mesuré caractérisant le défaut et découlant d'un signal de tension appliqué sur la section de ligne électrique;

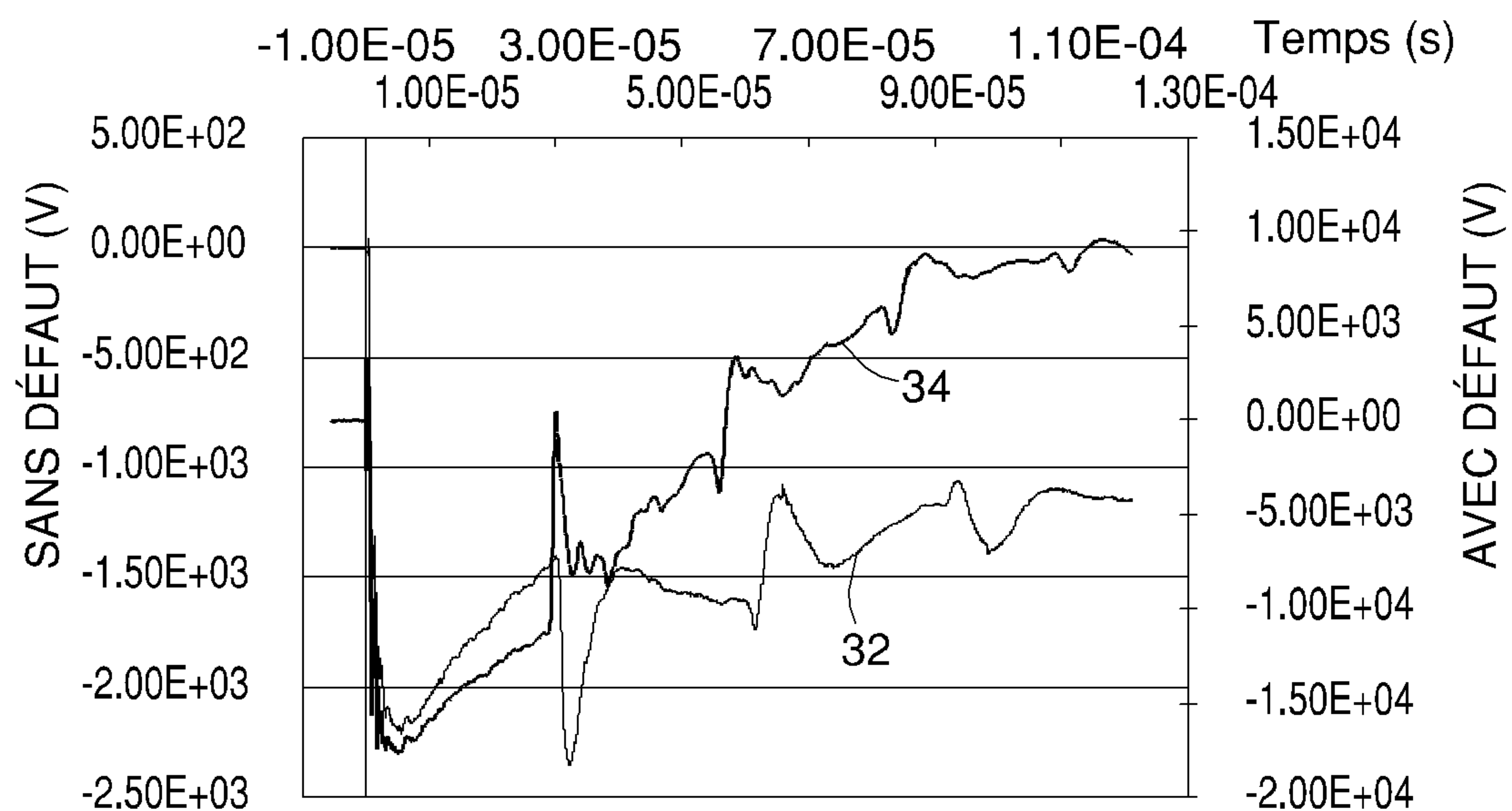
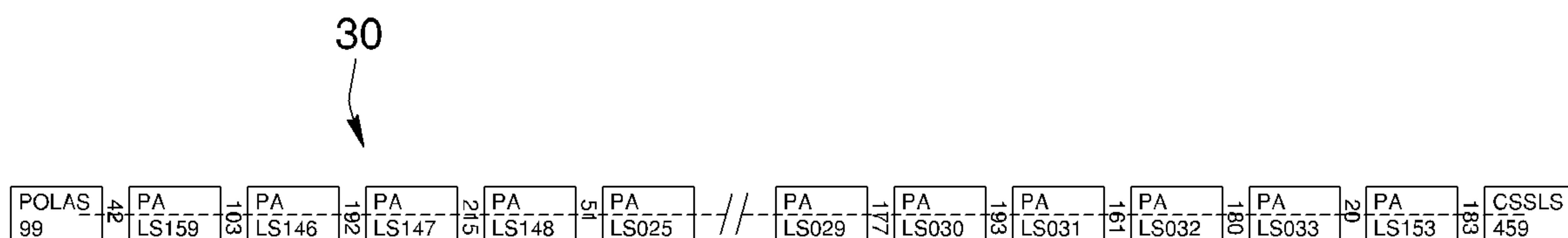
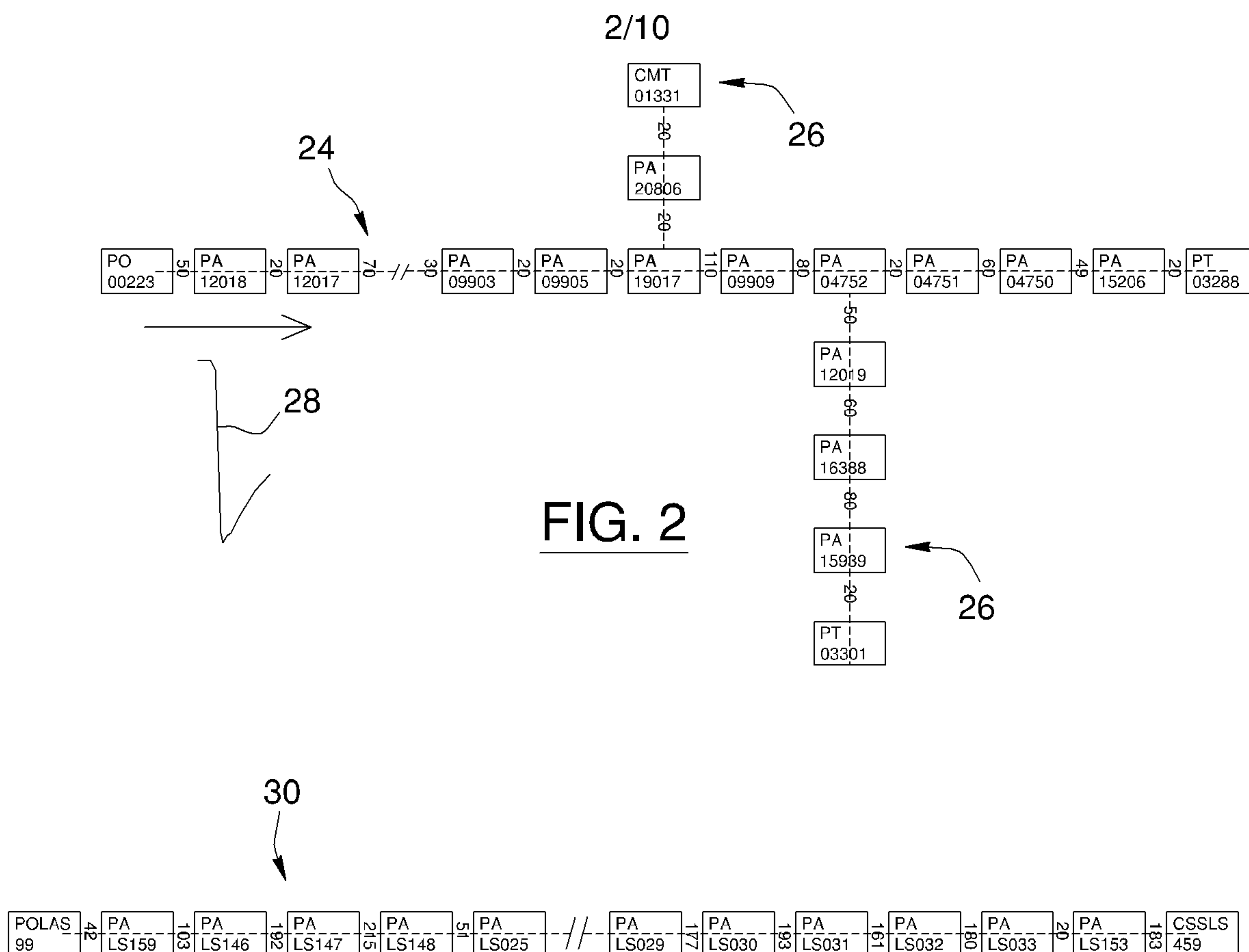
-28-

simuler, avec un modèle de la section de ligne électrique, une application du signal de tension sur la section de ligne électrique et des mesures d'une pluralité de signaux de réflexion, chacun étant produit en réponse au signal de tension pour un défaut situé à différents endroits le long de la section de ligne
5 électrique;

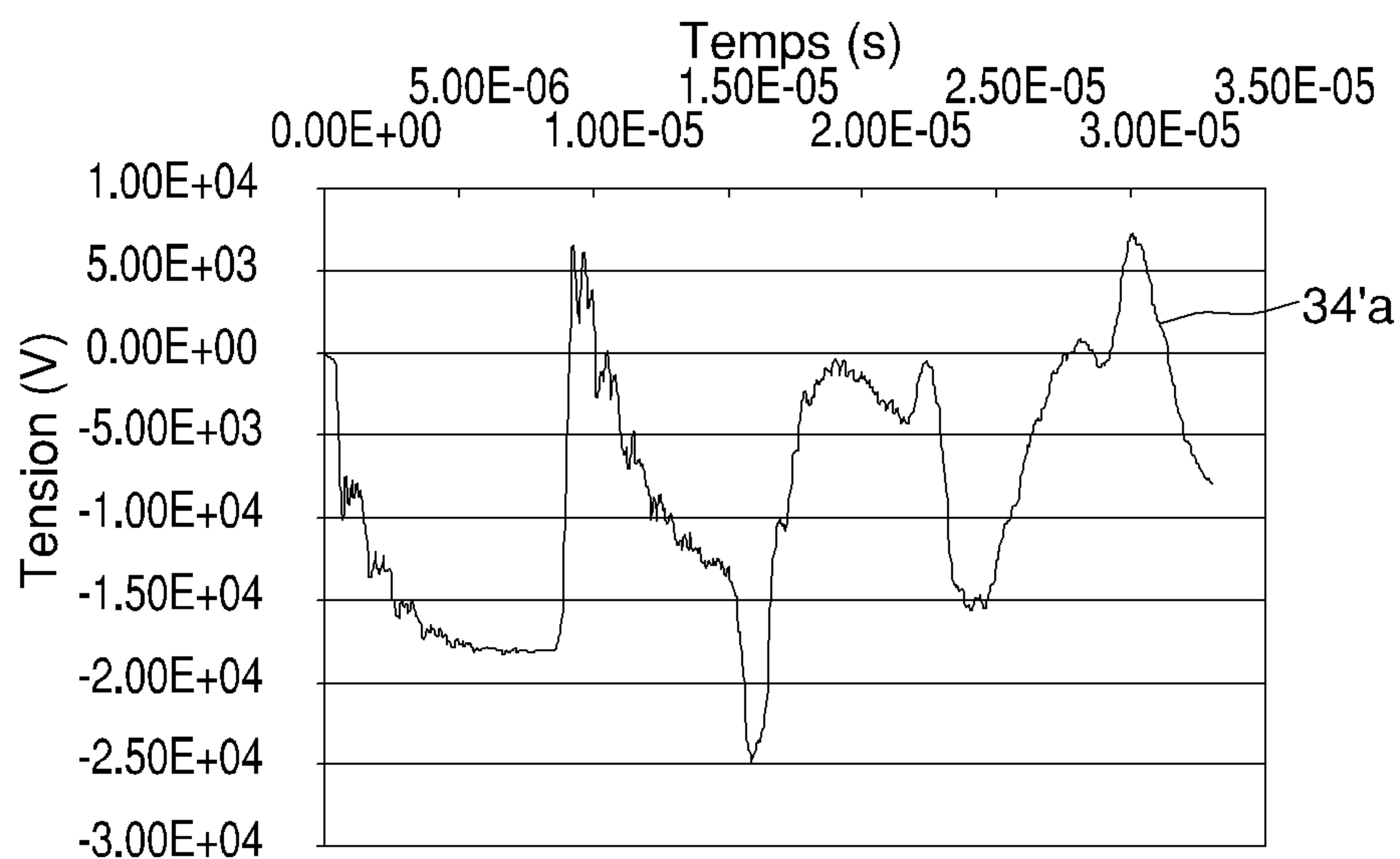
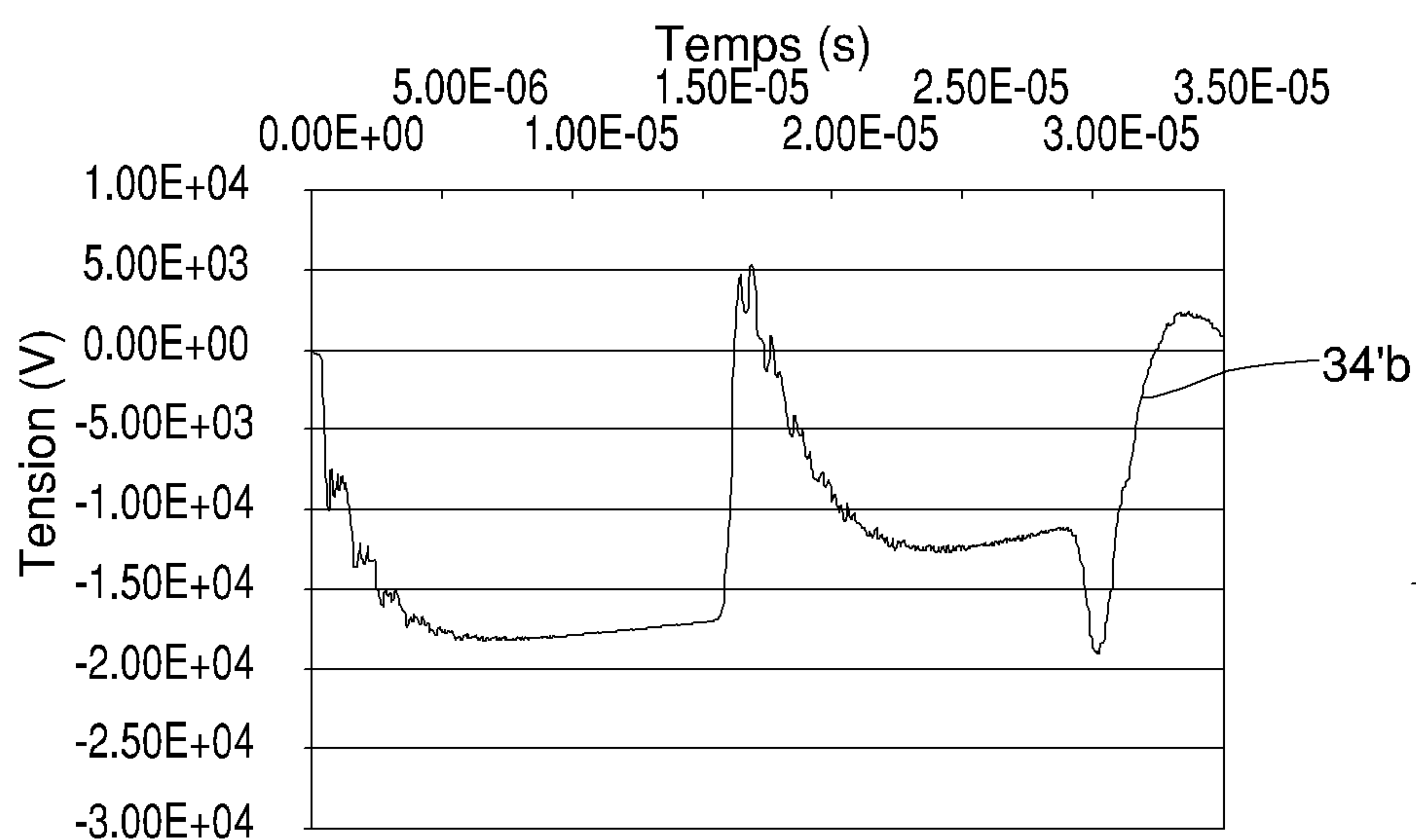
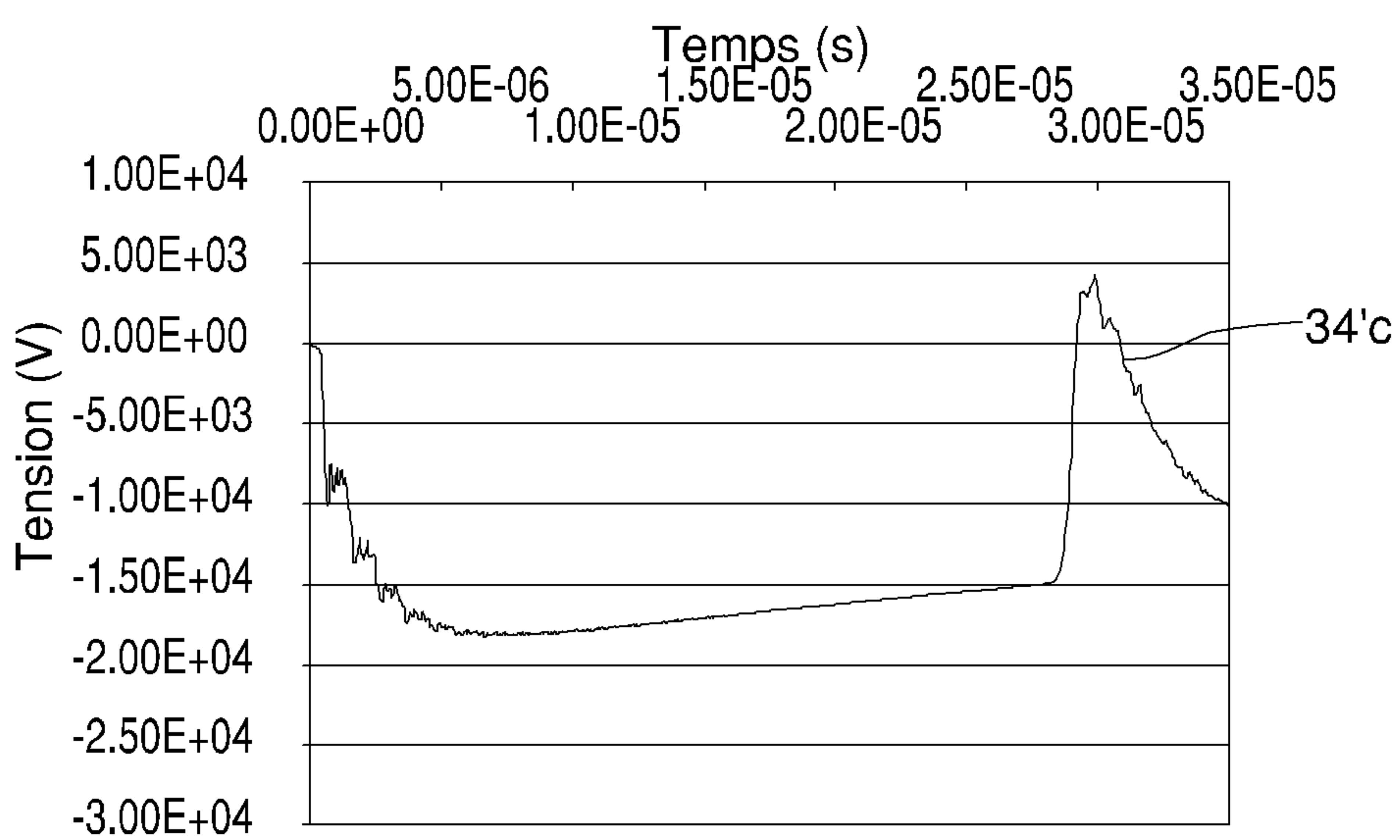
comparer les signaux de réflexion simulés pour le défaut situé à différents endroits avec le signal de réflexion mesuré; et

indiquer sur un écran couplé au processeur un emplacement du défaut sur la section de ligne électrique d'après l'endroit du défaut pour le signal de
10 réflexion simulé ayant une plus grande corrélation avec le signal de réflexion mesuré.

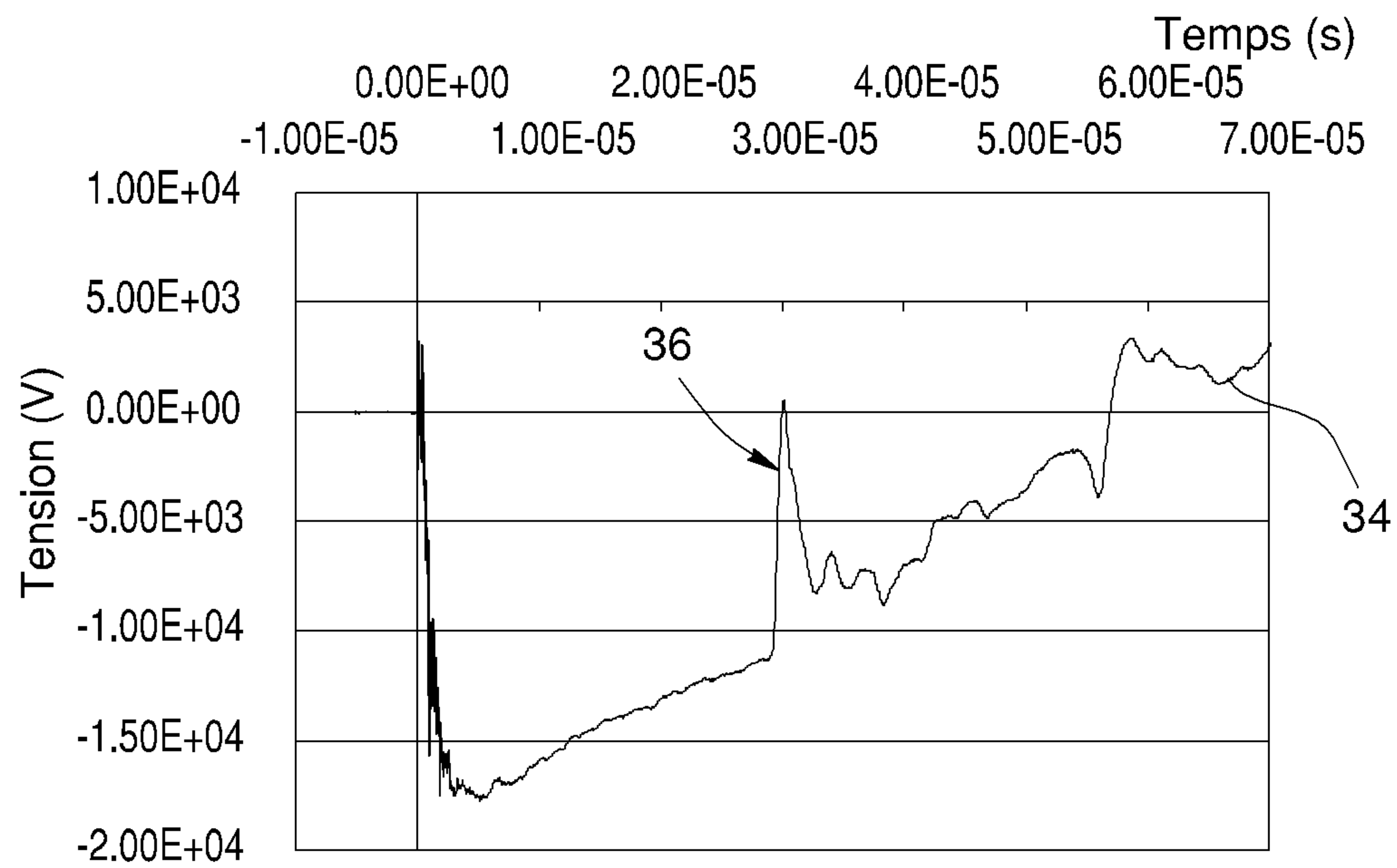
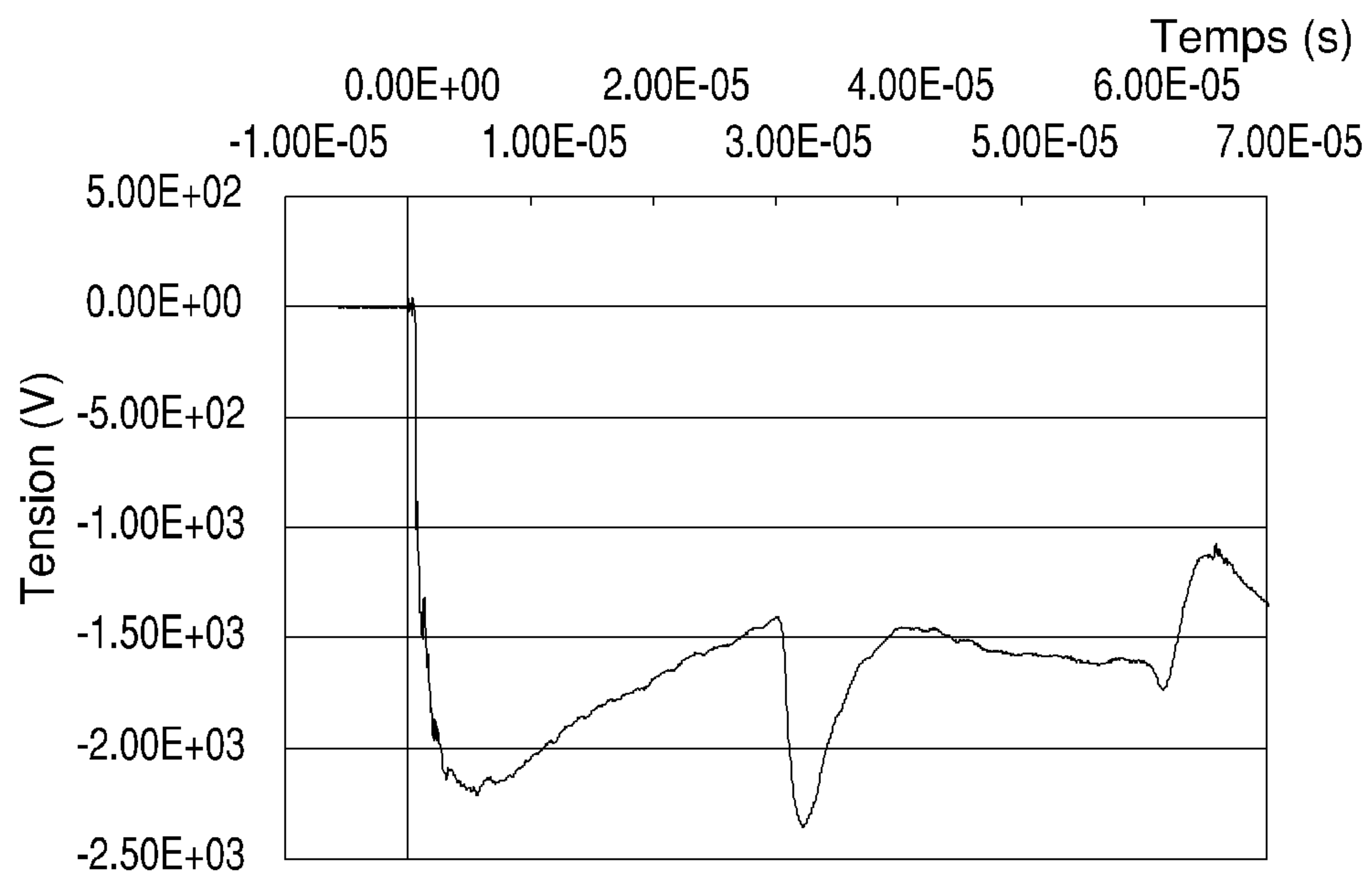




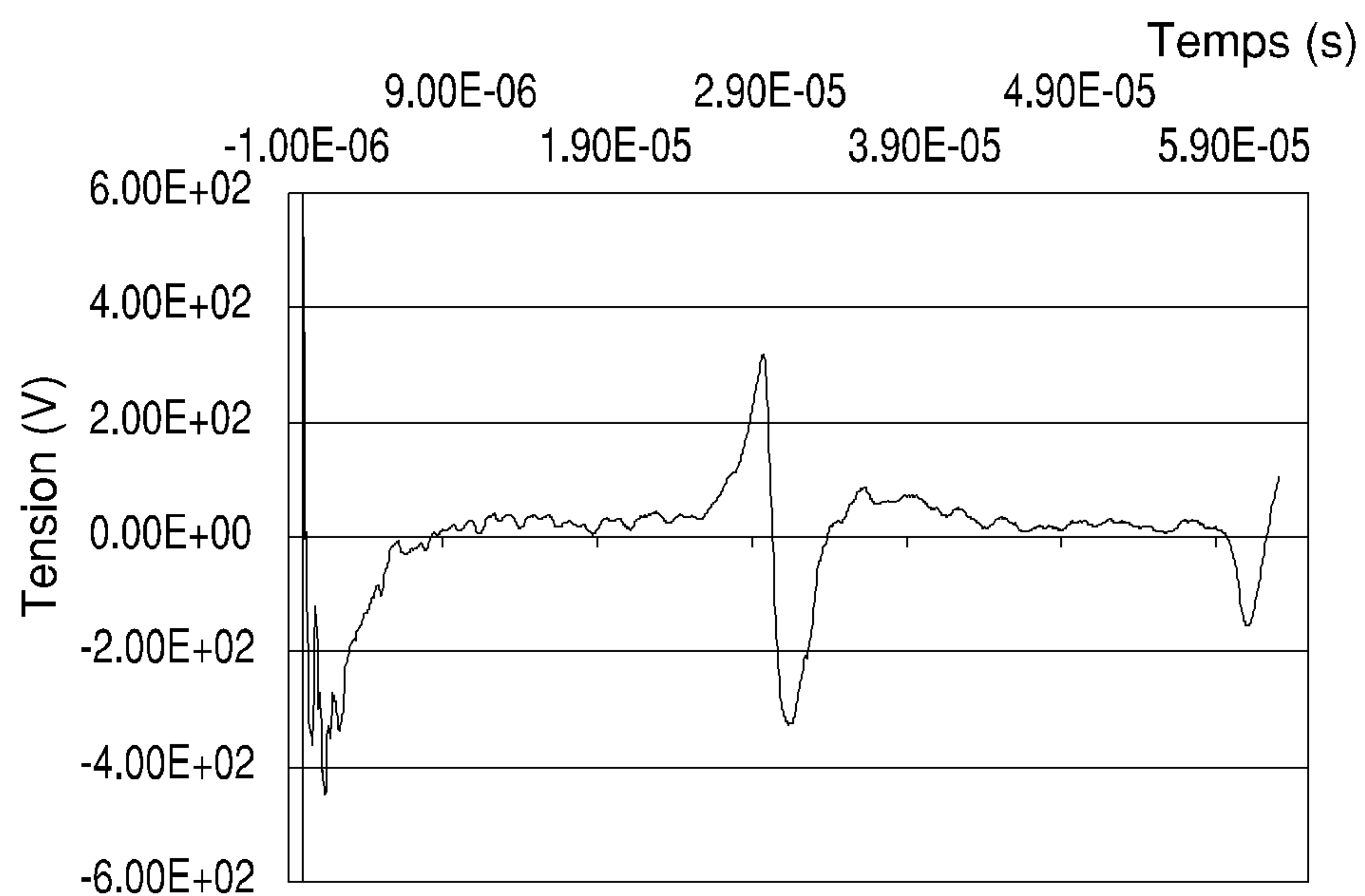
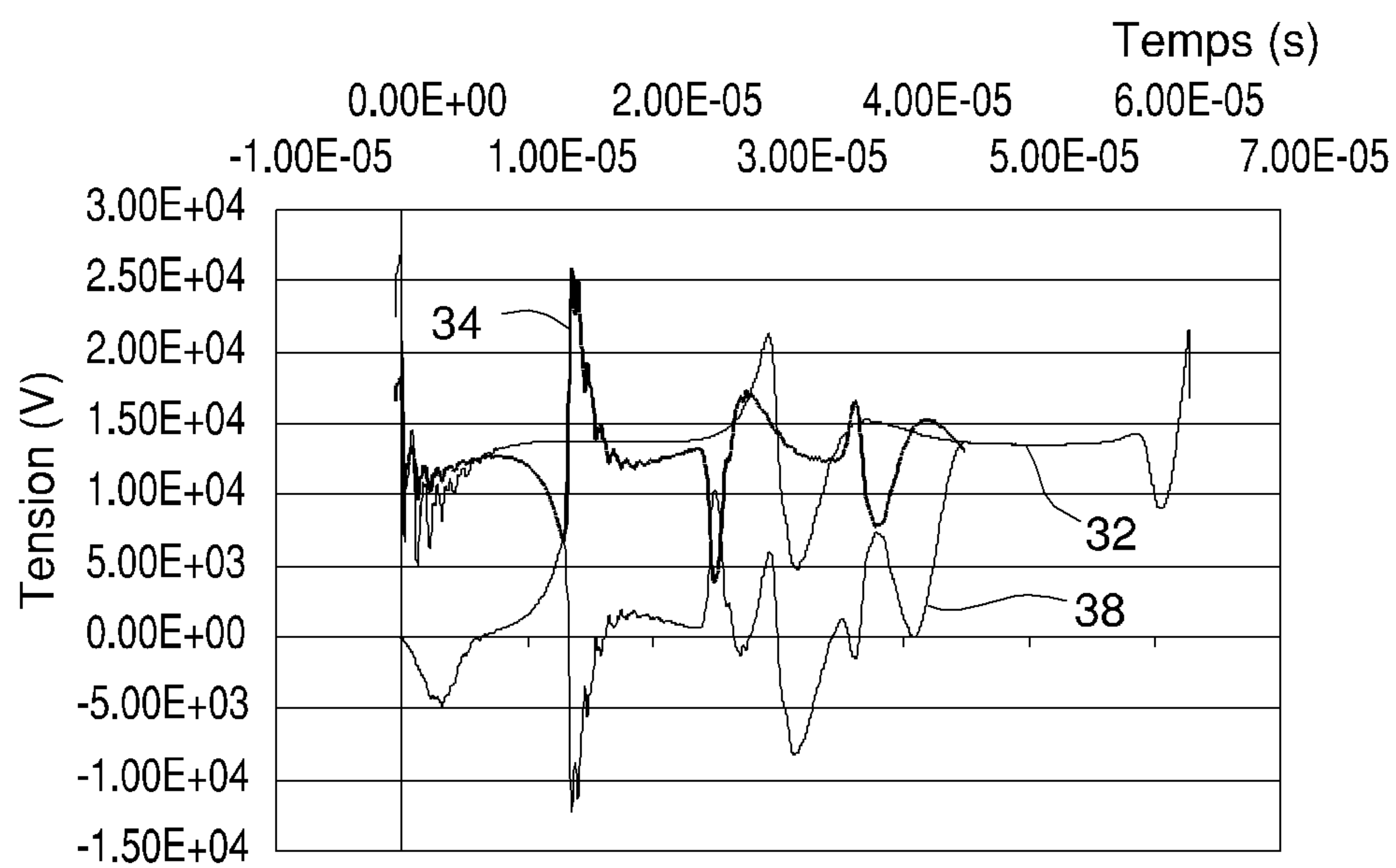
3/10

FIG. 5AFIG. 5BFIG. 5C

4/10

FIG. 6FIG. 7

5/10

FIG. 8FIG. 9

6/10

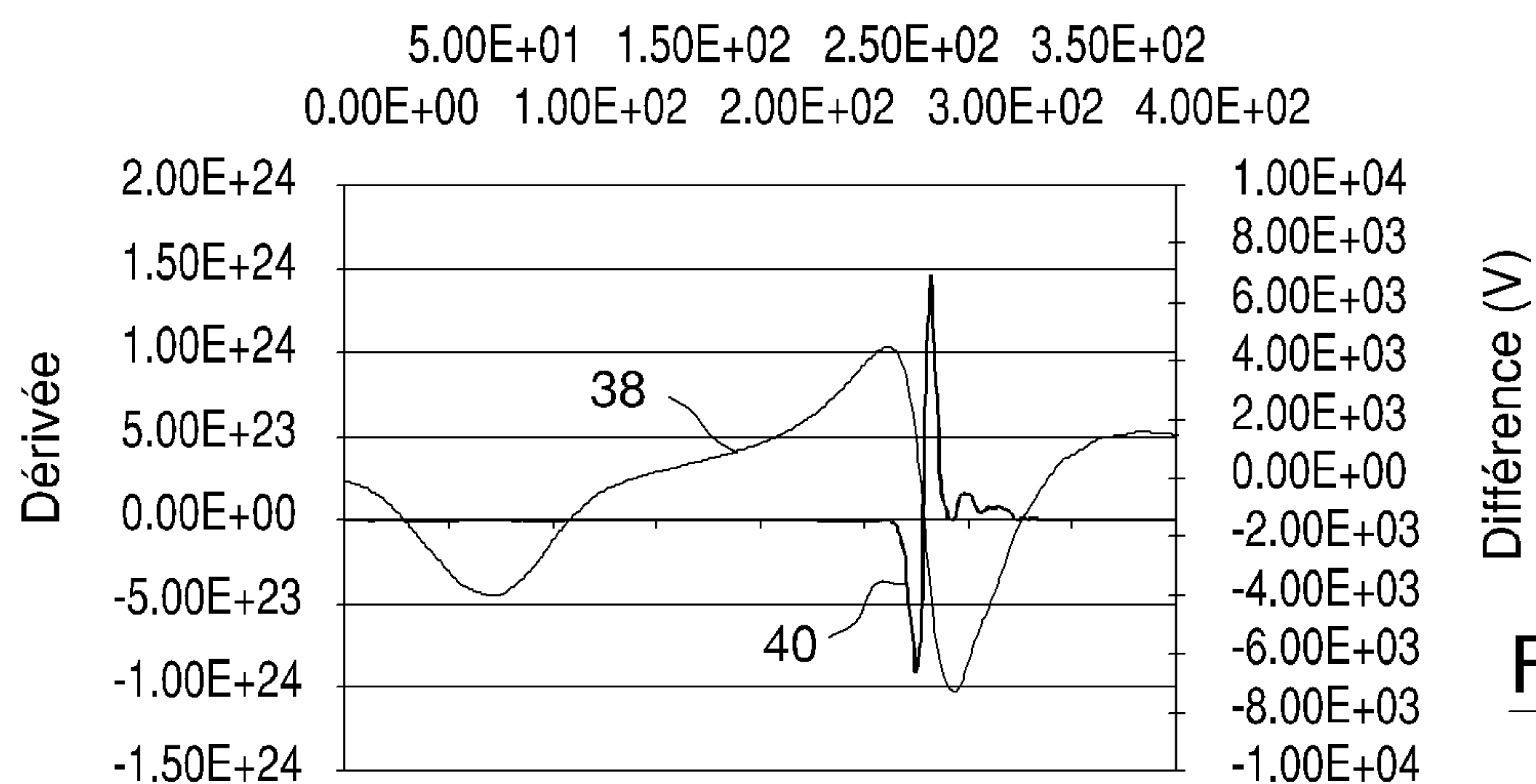


FIG. 10

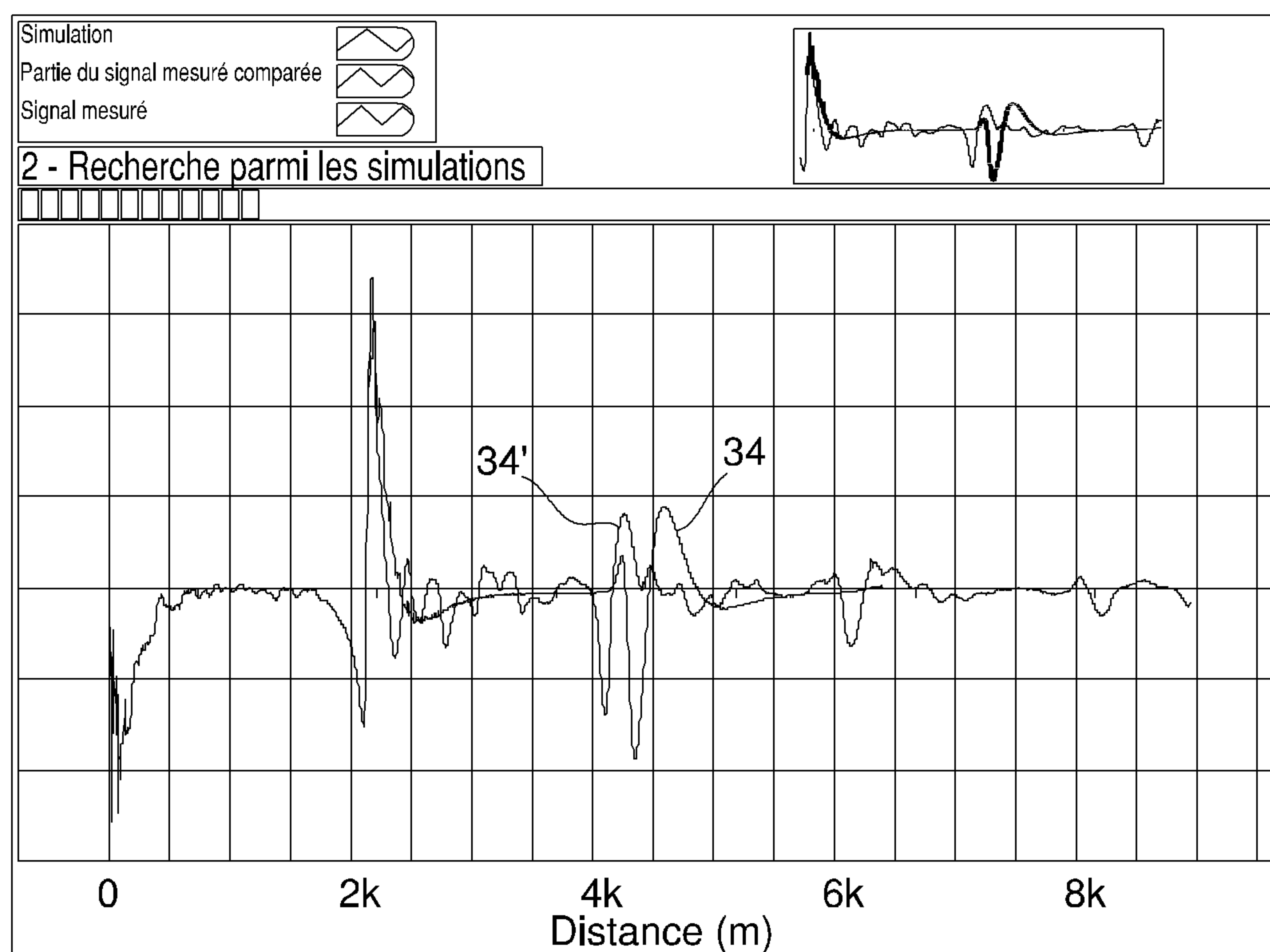


FIG. 11

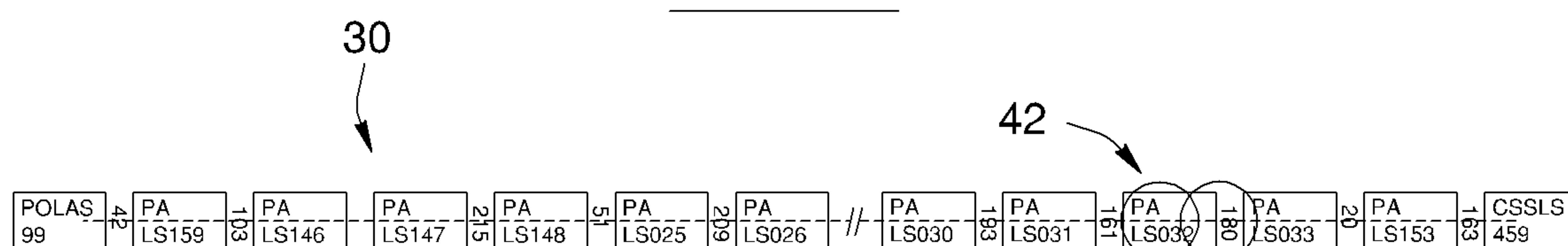


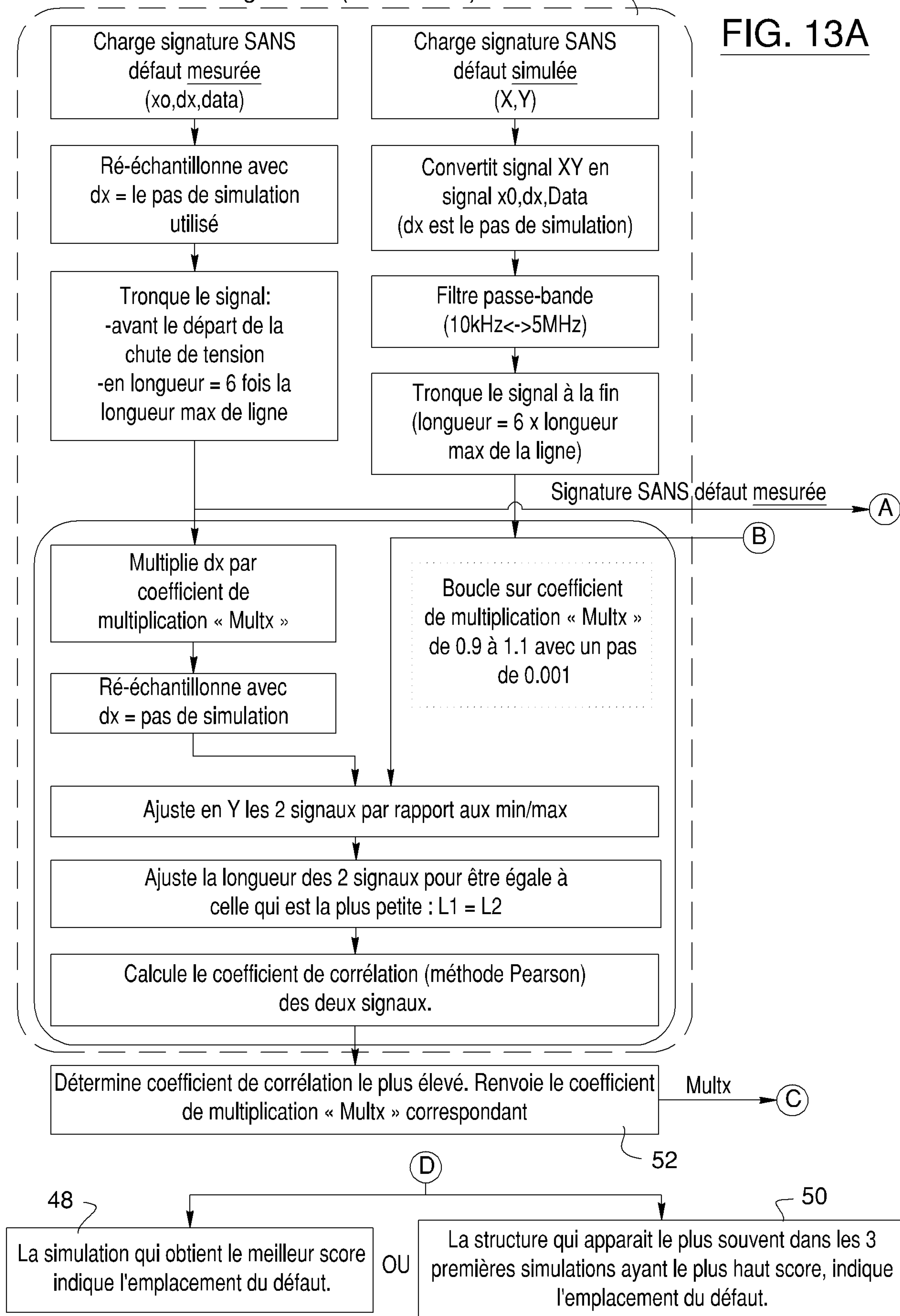
FIG. 12

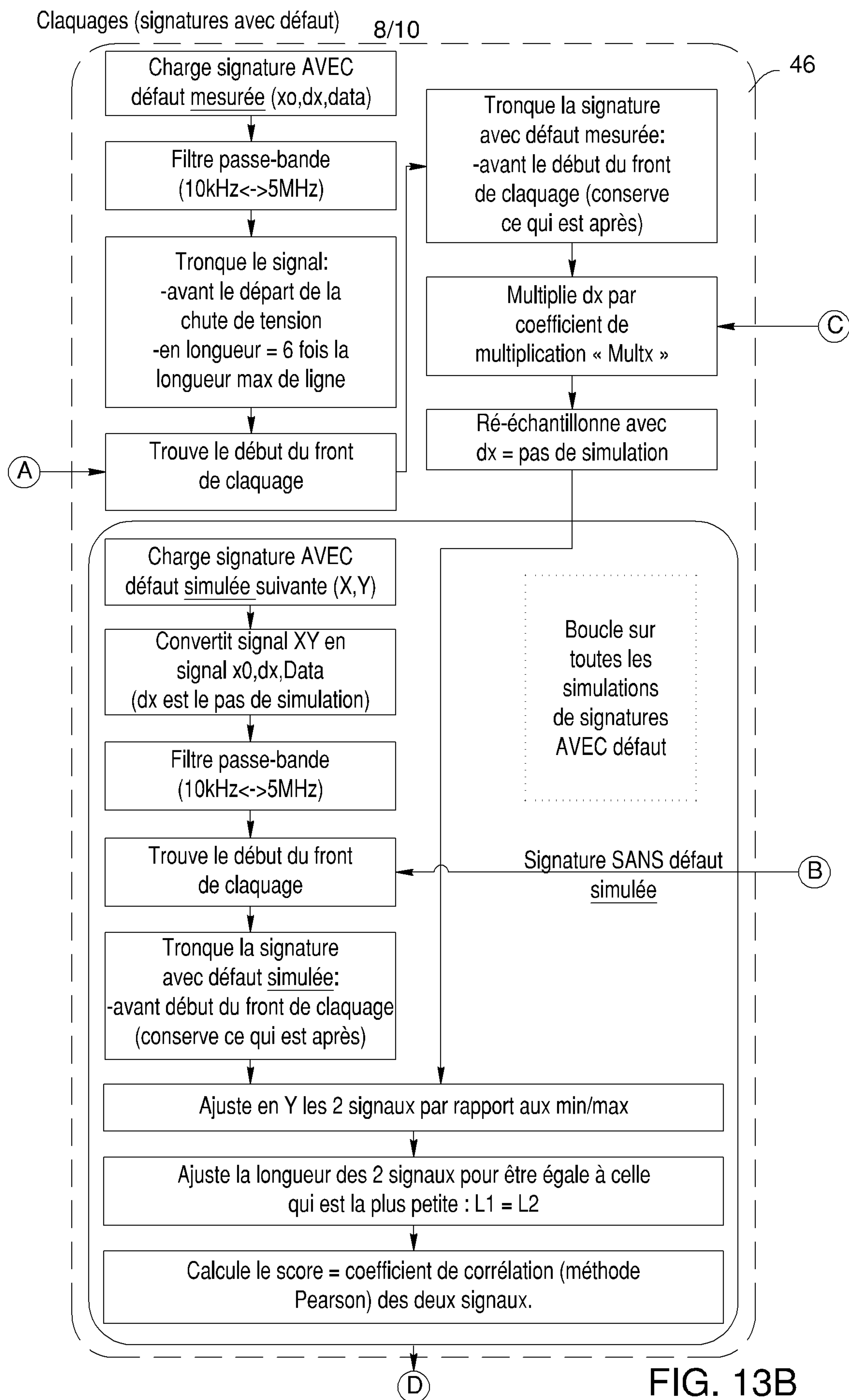
7/10

Signatures (sans défaut)

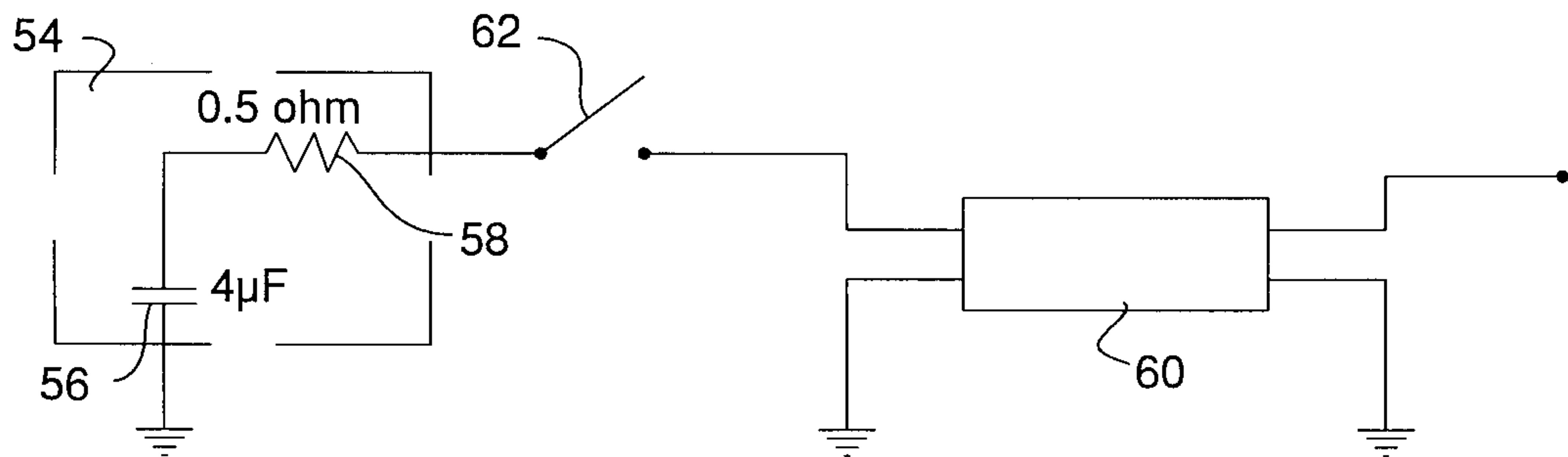
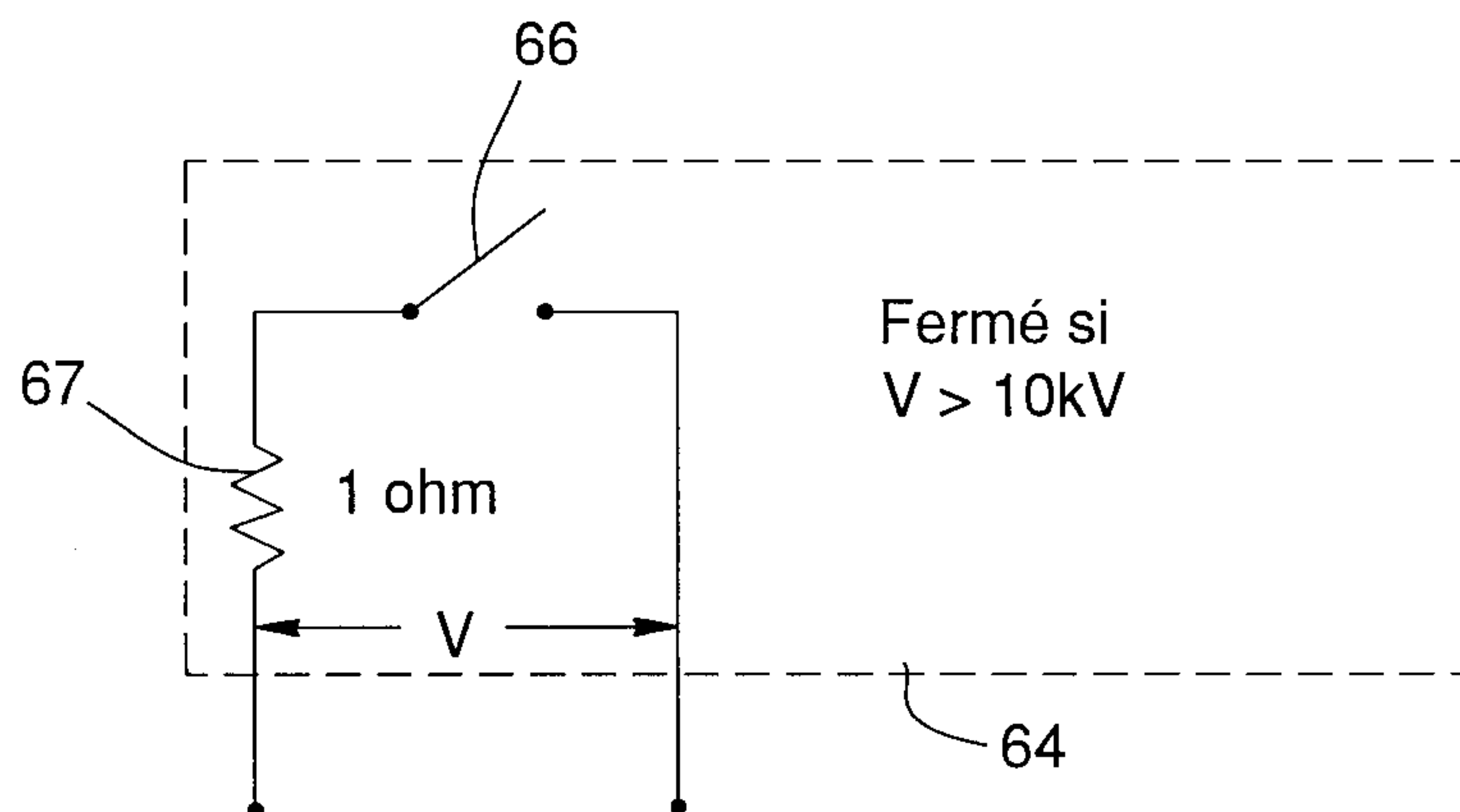
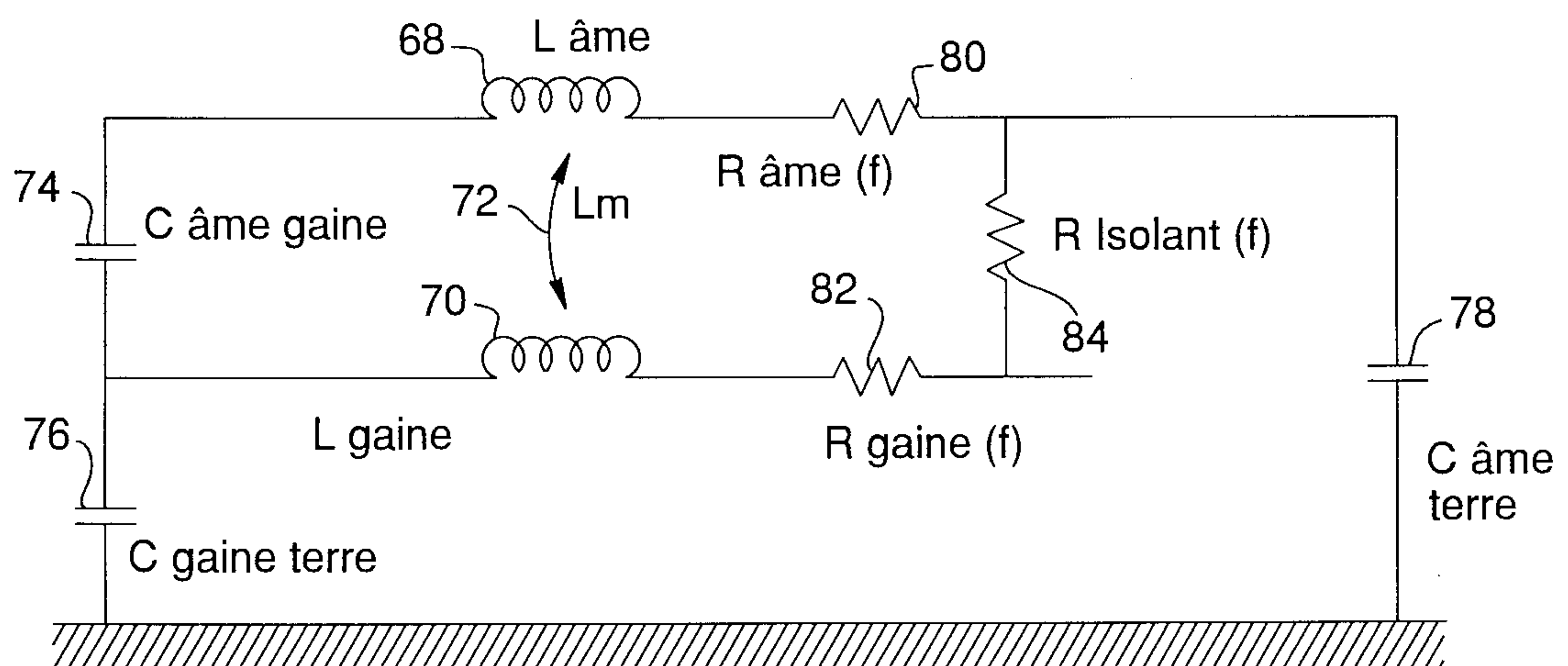
44

FIG. 13A

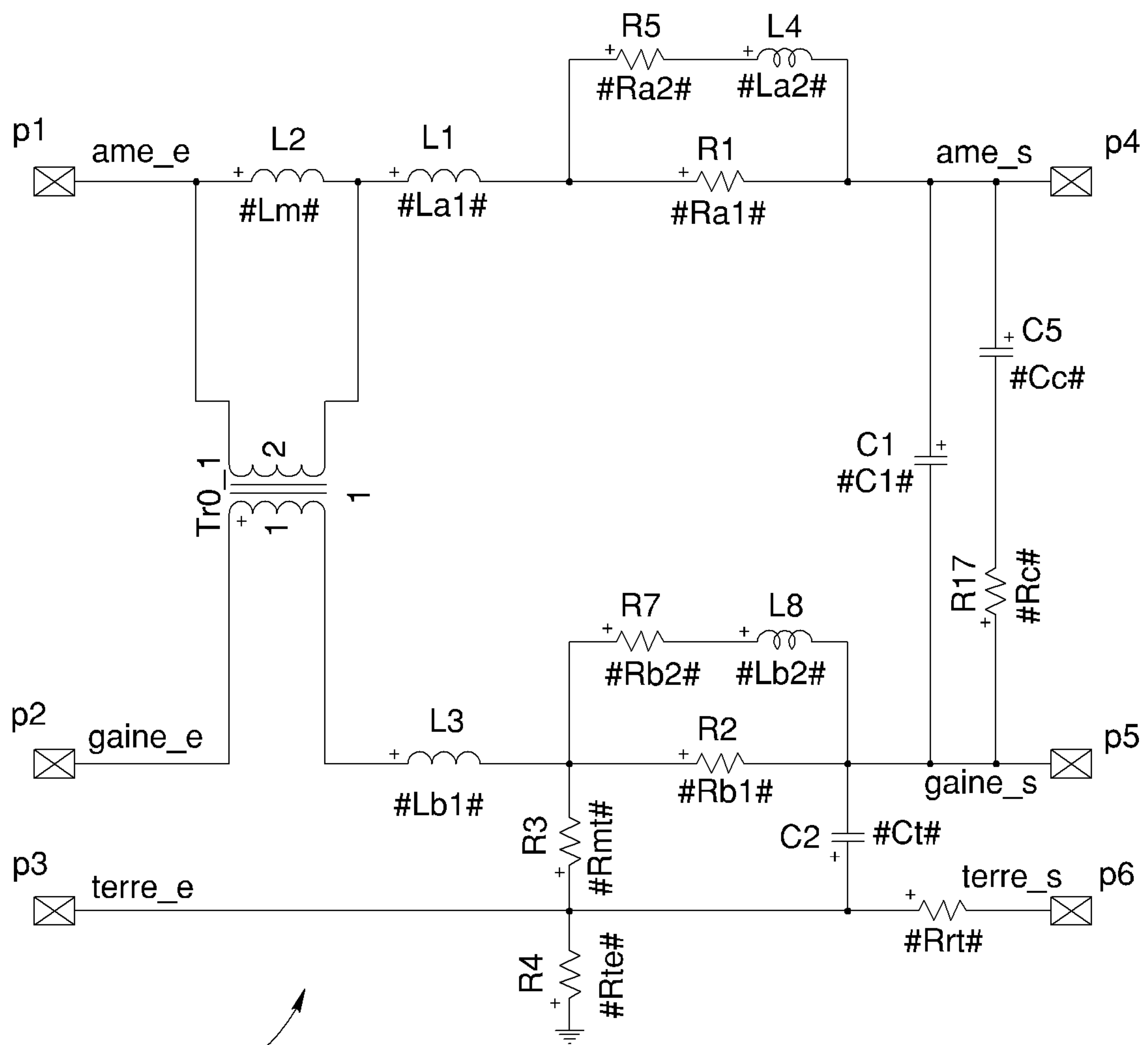




9/10

FIG. 14FIG. 15FIG. 16

10/10



86

FIG. 17

