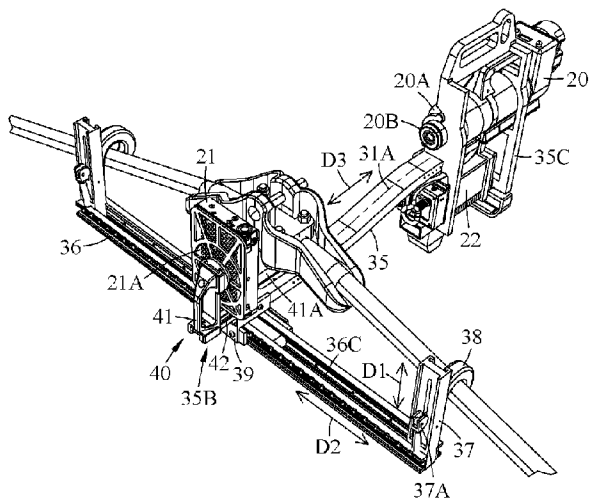




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2017/08/14
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2018/02/22
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2022/07/19
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2019/01/10
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: CA 2017/050959
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2018/032095
(30) Priorité/Priority: 2016/08/18 (US62/376,657)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G01N 23/00* (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
ROUSSEAU, GILLES, CA;
MORIN, FRANCOIS, CA;
RICHARD, PIERRE-LUC, CA;
LAVOIE, ERIC, CA;
LEPAGE, MARCO, CA;
POULIOT, NICOLAS, CA
(73) Propriétaire/Owner:
HYDRO-QUEBEC, CA
(74) Agent: NORTON ROSE FULBRIGHT CANADA
LLP/S.E.N.C.R.L., S.R.L.

(54) Titre : APPAREIL ET PROCEDE DESTINES A L'INSPECTION D'UNE LIGNE ELECTRIQUE
(54) Title: DEVICE AND METHOD DESIGNED FOR THE INSPECTION OF AN ELECTRICAL LINE



(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention concerne un appareil pour inspecter un composant d'une ligne électrique aérienne. Un cadre comporte un élément de support s'étendant le long d'un axe d'élément de support. L'élément de support peut être monté autour de la ligne électrique à proximité du composant. L'élément de support peut tourner autour de l'axe de ligne lorsqu'il est monté autour de la ligne d'alimentation. Un élément de stabilisation peut être monté sur une structure de stabilisation séparée de la ligne d'alimentation. L'élément de stabilisation peut être monté sur l'élément de support pour faire tourner l'élément de support autour de l'axe de ligne. Une source d'énergie d'imagerie électromagnétique est montée sur l'élément de support et comporte un émetteur pour faire face au composant. Un détecteur est monté sur l'élément de support à une certaine distance de la source pour positionner le composant entre la source et le détecteur. La source et/ou le détecteur peuvent être déplacés le long de l'axe de l'élément de support de façon à faire varier la distance séparant le détecteur et la source.



Abrégé

La présente divulgation concerne un appareil pour inspecter un composant d'une ligne électrique aérienne. Un cadre comporte un élément de support s'étendant le long d'un axe d'élément de support. L'élément de support peut être monté autour de la ligne électrique à proximité du composant. L'élément de support peut tourner autour de l'axe de ligne lorsqu'il est monté autour de la ligne électrique. Un élément de stabilisation peut être monté sur une structure de stabilisation séparée de la ligne électrique. L'élément de stabilisation peut être monté sur l'élément de support pour faire tourner l'élément de support autour de l'axe de ligne. Une source d'énergie d'imagerie électromagnétique est montée sur l'élément de support et comporte un émetteur pour faire face au composant. Un détecteur est monté sur l'élément de support à une certaine distance de la source pour positionner le composant entre la source et le détecteur. La source et/ou le détecteur peuvent être déplacés le long de l'axe de l'élément de support de façon à faire varier la distance séparant le détecteur et la source.

APPAREIL ET PROCÉDÉ DESTINÉS À L'INSPECTION D'UNE LIGNE ÉLECTRIQUE

RENOI AUX APPLICATIONS ASSOCIÉES

[0001] Cette demande revendique la priorité d'une demande de brevet provisoire, US n° 62/376,657, déposée le 18 août 2016.

DOMAINE TECHNIQUE

[0002] La demande porte d'une façon générale sur les lignes électriques et, concerne plus particulièrement, un appareil et un procédé destinés à l'inspection des composants de celles-ci.

CONTEXTE DE LA TECHNIQUE

[0003] Il est parfois nécessaire d'inspecter ou de surveiller les composants de lignes électriques. Certaines techniques d'inspection classiques comprennent l'observation visuelle, à l'aide d'une caméra visuelle et à l'aide d'une caméra infrarouge. Ces techniques ne sont pas toujours appropriées pour déterminer si oui ou non l'intérieur d'un composant en cours d'inspection a subi des dommages ou de l'usure. Afin de sonder sous la surface de ces composants, il est courant d'échantillonner le composant (c.-à-d. par la coupe d'une pièce destinée à poursuivre l'investigation au laboratoire). Pour éviter cette coûteuse et fastidieuse opération, des techniques d'inspection avec plus de puissance de pénétration sont utilisées.

[0004] Certaines de ces techniques d'inspection plus pénétrantes impliquent l'utilisation de rayonnement électromagnétique et en particulier, les rayons X. Le montage d'un appareil à rayons X sur une ligne électrique, particulièrement celle qui se trouve haut au-dessus du sol est long et compliqué, car un réglage fin et un montage rigide sont requis pour obtenir une production d'images adéquate et répétitive. En outre, les techniciens montant le matériel sur la ligne électrique peuvent être exposés aux rayonnements.

SOMMAIRE

[0005] Dans un aspect, il est divulgué un appareil destiné à l'inspection d'un composant d'une ligne électrique aérienne présentant un axe de ligne comprenant : un cadre présentant un élément de support s'étendant le long d'un axe de l'élément de support situé entre des extrémités opposées, l'élément de support pouvant être monté

autour de la ligne électrique à proximité du composant, l'élément de support pouvant tourner autour de l'axe de ligne lorsqu'il est monté autour de la ligne électrique ; un élément de stabilisation pouvant être monté sur une structure de stabilisation distincte de la ligne électrique, l'élément de stabilisation pouvant également être monté sur l'élément de support pour faire tourner l'élément de support autour de l'axe de ligne ; et une source d'énergie d'imagerie électromagnétique montée sur l'élément de support et présentant un émetteur faisant face au composant et un détecteur d'énergie d'imagerie électromagnétique monté sur l'élément de support à une distance le long de l'axe de l'élément de support à partir de la source pour positionner le composant entre la source et le détecteur, la source et/ou le détecteur pouvant être déplacés le long de l'axe de l'élément de support pour faire varier la distance de l'axe séparant le détecteur et la source.

[0006] Dans un mode de réalisation, au moins le détecteur peut être déplacé le long d'une deuxième direction transversalement à l'axe de l'élément de support.

[0007] Dans un mode de réalisation, au moins le détecteur peut être déplacé le long d'une troisième direction transversalement à l'axe de l'élément de support et à la deuxième direction.

[0008] Dans un mode de réalisation, l'élément de support comprend une poutre de support s'étendant le long de l'axe de l'élément de support et le cadre comprend une poutre transversale montée sur la poutre de support et transversalement à celle-ci, la poutre transversale supportant le détecteur et présentant au moins une potence pour monter la poutre de support directement sur la ligne électrique.

[0009] Dans un mode de réalisation, la poutre transversale est utilisable pour déplacer le détecteur le long d'une deuxième direction transversalement à l'axe de l'élément de support et l'au moins une potence est utilisable pour déplacer le détecteur le long d'une troisième orientation transversalement à l'axe de l'élément de support et à la deuxième direction.

[0010] Dans un mode de réalisation, l'élément de stabilisation comprend un support vertical s'étendant entre une première extrémité pouvant être montée sur l'élément de support et une deuxième extrémité pouvant être montée sur la structure de stabilisation actuellement située au-dessus de la ligne électrique.

[0011] Dans un mode de réalisation, une longueur du support vertical est réglable pour faire varier la distance entre les première et deuxième extrémités du support

vertical, dans lequel le montage du support vertical à l'élément de support et à la structure de stabilisation, en faisant varier la distance entre les première et deuxième extrémités amène le support vertical à faire tourner l'élément de support autour de l'axe de ligne.

[0012] Dans un mode de réalisation, l'élément de stabilisation comprend un cadre de stabilisation s'étendant entre une première extrémité pouvant être montée sur l'élément de support et une deuxième extrémité pouvant être montée sur la structure de stabilisation étant située adjacente à la ligne électrique.

[0013] Dans un mode de réalisation, la première extrémité du cadre de stabilisation comprend deux crochets pouvant être montés sur la ligne électrique sur chaque côté du composant et un étrier monté sur les crochets, une tige définissant un axe de tige s'étendant à travers l'étrier et à travers une ouverture dans l'élément de support pour monter la première extrémité du cadre de stabilisation sur l'élément de support, l'élément de support pouvant tourner autour de l'axe de tige.

[0014] Dans un mode de réalisation, l'élément de stabilisation comprend un module motorisé monté sur la structure de stabilisation pouvant être déplacé le long de la ligne électrique, le module motorisé possède un moteur en prise avec l'élément de support pour déplacer l'élément de support le long de l'axe de l'élément de support.

[0015] Dans un mode de réalisation, le module motorisé présente un arbre de sortie pouvant tourner autour d'un axe de l'arbre de sortie, l'arbre de sortie étant en prise avec l'élément de support pour faire tourner l'élément de support sur l'axe de l'arbre de sortie.

[0016] Dans un mode de réalisation, la source est utilisable pour émettre des rayons X, l'émetteur présentant un filtre de rayons X afin de réduire l'intensité d'une longueur d'onde donnée.

[0017] Dans un mode de réalisation, l'appareil comprend en outre un émetteur-récepteur pouvant être monté sur l'élément de support et en communication avec le détecteur, l'émetteur-récepteur en fonctionnement recevant un signal d'image numérique provenant du détecteur et transmettant une image numérique du composant.

[0018] Dans un mode de réalisation, en fonctionnement, l'émetteur-récepteur transmet l'image numérique sans fil.

[0019] La divulgation concerne, selon un autre aspect, un procédé d'inspection d'un composant d'une ligne électrique aérienne, comprenant : positionner le composant entre une source d'énergie d'imagerie électromagnétique et un détecteur d'énergie d'imagerie électromagnétique ; déplacer la source et/ou le détecteur le long d'une direction parallèlement à la ligne s'étendant entre la source et le détecteur, le déplacement de la source et/ou du détecteur en faisant varier une distance qui sépare la source et le détecteur ; et émettre l'énergie d'imagerie électromagnétique à partir de la source vers le composant, le détecteur recevant l'énergie d'imagerie électromagnétique et produisant une image numérique du composant.

[0020] Dans un mode de réalisation, le déplacement de la source et/ou du détecteur comprend le déplacement d'au moins le détecteur le long d'une deuxième direction transversalement à la ligne s'étendant entre la source et le détecteur.

[0021] Dans un mode de réalisation, le déplacement d'au moins le détecteur comprend le déplacement d'au moins le détecteur le long d'une troisième direction transversalement à la ligne s'étendant entre la source et le détecteur et transversalement à la deuxième direction.

[0022] Dans un mode de réalisation, le positionnement du composant comprend la rotation d'au moins le détecteur autour d'un axe de ligne de la ligne électrique.

[0023] Dans un mode de réalisation, la rotation d'au moins le détecteur comprend la rotation du détecteur entre une pluralité de positions par rapport au composant et la production de l'image numérique du composant à aux moins certaines des positions.

[0024] Dans un mode de réalisation, la production de l'image numérique du composant comprend la production d'une image 2D du composant à chacune des dites positions et la reconstruction d'une image 3D à partir des images 2D.

[0025] Dans un mode de réalisation, le positionnement du composant comprend le support de la source et du détecteur directement à partir de la ligne électrique.

[0026] Dans un mode de réalisation, le positionnement du composant comprend le support de la source et du détecteur à partir d'une structure étant distincte de la ligne électrique.

[0027] Dans un mode de réalisation, le positionnement du composant comprend la

montée ou la descente d'au moins la source pour faire varier un angle d'incidence de l'énergie d'imagerie électromagnétique avec le composant.

[0028] Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre la transmission de l'image numérique à partir du détecteur.

[0029] Dans un mode de réalisation, l'émission de l'énergie d'imagerie électromagnétique à partir de la source comprend l'émission des rayons X.

DESCRIPTION DES DESSINS

[0030] Il est désormais fait référence aux figures d'accompagnement, dans lesquelles :

[0031] La figure 1A est une vue en perspective d'un appareil destiné à l'inspection d'un composant d'une ligne électrique aérienne, l'appareil étant supporté par une structure de stabilisation en hauteur, selon un mode de réalisation de la présente divulgation ;

[0032] La figure 1B est une autre vue en perspective de l'appareil de la figure 1A, l'appareil étant supporté par une différente structure de stabilisation en hauteur ;

[0033] La figure 2A est une autre vue en perspective de l'appareil de la figure 1A ;

[0034] La figure 2B est une autre vue en perspective de l'appareil de la figure 1A ;

[0035] La figure 3A est une vue en perspective d'un appareil destiné à l'inspection d'un composant d'une ligne électrique aérienne, selon un autre mode de réalisation de la présente divulgation ;

[0036] La figure 3B est une vue en élévation de côté de l'appareil de la figure 3A ;

[0037] La figure 3C est une autre vue en élévation de côté de l'appareil de la figure 3A ;

[0038] La figure 4A est une vue en perspective d'un appareil destiné à l'inspection d'un composant d'une ligne électrique aérienne, selon encore un autre mode de réalisation de la présente divulgation ;

[0039] La figure 4B est une vue en perspective de l'appareil de la figure 4A ; et

[0040] La figure 5 est une vue en bout de l'appareil de la figure 4A, l'appareil étant supporté par une autre structure de stabilisation.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0041] Les figures 1A et 1B montrent un appareil 10 destiné à l'inspection d'un composant 11 d'une ligne électrique aérienne 12. L'appareil 10 est supporté, directement ou indirectement, par la ligne électrique aérienne 12 (parfois désignée ci-dessous simplement comme « ligne 12 ») et par une structure de stabilisation 13 qui est espacée et séparée de la ligne 12. Comme il sera expliqué plus en détail ci-dessous, l'appareil 10 présente le matériel d'inspection de l'équipement qui permet de produire des images et d'autres données de la structure interne du composant 11 et/ou de la ligne 12. L'appareil 10 permet de produire des images de l'intérieur du composant 11, permettant ainsi une inspection non-invasive et non-destructive de l'état du composant 11 de façon à faire apparaître les défauts qui pourraient ne pas être détectables visuellement.

[0042] Sur la figure 1A, la ligne 12 est élevée par rapport à une surface du sol. Les techniciens de lignes 14 sont à cet effet soulevés par rapport à la surface du sol, ou s'élèvent en hauteur pour se positionner et l'appareil 10 est à proximité du composant 11 afin de positionner l'appareil 10. La ligne 12 est un corps longitudinal qui s'étend le long d'un axe de ligne 12A. Le terme « ligne électrique » 12 est utilisé dans le présent document pour désigner différentes sortes de lignes électriques ou du réseau 12. Certains exemples non limitatifs de lignes 12 de la présente divulgation comprennent les lignes sous tension 12, telles les lignes conductrices de transport d'électricité et les lignes hors tension 12.

[0043] L'appareil 10 est monté de manière amovible sur la ligne 12 de sorte qu'une partie de sa masse soit directement supportée par la ligne 12. Sur les figures 1A et 1B, l'appareil 10 est également directement supporté depuis le haut par la structure de stabilisation 13. Sur la figure 1A, la structure de stabilisation 13 est une poutre transversale 13A d'un poteau électrique du réseau ou d'une tour 13B. Sur la figure 1B, la ligne 12 est également élevée à partir de la surface du sol. L'appareil 10 est monté de manière amovible sur la ligne 12 de sorte qu'une partie de sa masse soit directement supportée par la ligne 12. L'appareil 10 est également directement supporté à partir de la structure en hauteur 13, qui sur la figure 1B, est l'un parmi les isolateurs électriques 13C qui supportent la ligne 12.

[0044] Sur les figures 1A et 1B, le composant 11 devant être inspecté par l'appareil 10 est une pince de suspension qui supporte la ligne 12. Il sera apprécié que l'appareil 10 divulgué ici puisse être utilisé pour inspecter les autres composants 11 de la ligne 12, y compris, mais sans limitation, les manchons à mi-portée ou en extrémité joignant deux segments de la ligne 12, les entretoises qui maintiennent les distances

appropriées entre les lignes 12 adjacentes, ou les parties de câble ou de torons constituant la ligne 12 elle-même. L'appareil 10 monté peut donc être monté dans diverses configurations de ligne 12, y compris, mais sans limitation, un conducteur unique, un fil de masse en hauteur ou des faisceaux de deux, trois, quatre conducteurs ou davantage.

[0045] Le matériel d'imagerie de l'appareil 10 comprend une source d'énergie d'imagerie électromagnétique 20 et un détecteur 21 d'énergie d'imagerie électromagnétique. L'expression « énergie d'imagerie électromagnétique » fait référence au rayonnement électromagnétique (EM) qui n'est pas de la lumière visible, qui est utilisé pour voir la structure interne du composant 11. Un exemple des types de rayonnement électromagnétique qui peuvent être utilisés avec l'appareil 10 comprend les rayons ultraviolets. En effet, l'appareil 10 peut utiliser n'importe quel rayonnement ionisant convenable qui convient pour produire des images de l'intérieur d'un objet, y compris les rayons X, les rayons gamma, les neutrons et autres particules. La source ionisante peut être produite par un générateur de rayons X ou un isotope tel que le sélénium 75 et l'iridium 192.

[0046] Dans le mode de réalisation des figures 1A et 1B, le matériel d'imagerie de l'appareil 10 est un matériel de radiographie. Plus précisément, le matériel d'imagerie de l'appareil 10 comprend une ou plusieurs sources 20 de rayons X, un ou des détecteurs 21 de rayons X et un émetteur-récepteur 22. La source 20 produit des rayons X présentant une quelconque longueur d'onde, fréquence, et/ou énergie convenable. Les rayons X sont dirigés vers le composant 11 devant être inspecté. Le détecteur 21 est positionné derrière le composant 11, de sorte que le composant 11 soit entre la source 20 et le détecteur 21. Le détecteur 21 en fonctionnement absorbe les rayons X de la source 20 qui sont transmis par le composant 11 et produit une image de l'intérieur du composant 11 ou un signal d'image numérique qui sont représentatifs de l'image, ou peuvent être en outre transformés pour créer celle-ci. Dans le mode de réalisation représenté, l'émetteur-récepteur 22 est distinct du détecteur 21. Dans un autre mode de réalisation, l'émetteur-récepteur 22 est solidaire du détecteur 21, de sorte que l'émetteur-récepteur 22 et le détecteur 21 soient un seul composant ou soient logés dans un boîtier commun. L'émetteur-récepteur 22 en fonctionnement transmet l'image numérique ou le signal d'image numérique à un utilisateur et/ou au centre d'examen qui est distant de l'appareil 10. Un logiciel de visualisation approprié peut être exécuté par l'émetteur-récepteur 22, ou par un processeur par l'appareil distant (p. ex. un appareil mobile sur le sol, un centre de

traitement de l'image à un autre emplacement, etc.), afin d'afficher l'image interne du composant 11. La transmission est effectuée sans fil, à l'aide d'un protocole de communication de réseau sans fil approprié (p. ex. WiFi™). Dans un autre mode de réalisation, l'émetteur-récepteur 22 mémorise l'image numérique ou le signal d'image numérique pour la transmission filaire ou sans fil ultérieure et le traitement lorsque l'appareil 10 est de retour à une station de service.

[0047] L'appareil 10 dispose également d'une source d'alimentation appropriée 24 pour fournir de l'énergie électrique à l'un quelconque parmi la source 20, le détecteur 21 et l'émetteur-récepteur 22. Dans le mode de réalisation représenté, la source d'alimentation 24 peut être montée sur l'émetteur-récepteur 22 et est donc portable avec l'appareil 10. La source d'alimentation 24 est une ou plusieurs batteries. Dans un autre mode de réalisation, la source d'alimentation 24 est fournie à partir d'une borne de masse, de la ligne 12, de la structure de stabilisation 13 ou de toute autre connexion qui est distincte de l'appareil 10.

[0048] Toujours en référence aux figures 1A et 1B, l'appareil 10 présente également un cadre 30 qui constitue le corps de l'appareil 10 et fournit la structure à celui-ci. Dans le mode de réalisation représenté, le cadre 30 peut être monté sur la ligne 12 et sur la structure de stabilisation 13 et supporte le matériel de radiographie.

[0049] Le cadre 30 présente un élément de support 31 qui peut être directement monté et retiré de la ligne 12 de façon à placer la source 20 et le détecteur 21 à proximité du composant 11 de sorte que le composant 11 soit disposé entre eux. Dans une autre mode de réalisation et comme il est discuté plus en détail ci-dessous, l'élément de support 31 est indirectement monté sur la ligne 12. L'élément de support 31 est un corps allongé qui s'étend le long d'un axe de l'élément de support 31A. L'élément de support permet le réglage de la position d'un élément ou les deux parmi la source 20 et le détecteur 21 pour positionner la source 20 et/ou le détecteur 21 dans la position souhaitée pour obtenir une image du composant 11. L'élément de support 31 permet donc le déplacement en translation d'un élément ou les deux parmi la source 20 et le détecteur 21.

[0050] L'appareil 10 présente également un élément de stabilisation 32 qui peut être monté sur la structure de stabilisation 13. Plus particulièrement, l'élément de stabilisation 32 s'étend entre une première extrémité 33 qui est montée de manière amovible sur l'élément de support 31 et une deuxième extrémité 34 qui est montée de manière amovible sur la structure de stabilisation 13. Dans la figure 1A, la deuxième

extrémité 34 de l'élément de stabilisation 32 est montée sur la poutre transversale 13A de poteau du réseau 13B. Dans la figure 1B, la deuxième extrémité 34 de l'élément de stabilisation 32 est montée sur l'un parmi les isolateurs électriques 13C. La fixation de l'élément de stabilisation 32 sur la structure de stabilisation 13 et sur l'élément de support 31 aide à assurer la stabilité du cadre 30.

[0051] L'élément de stabilisation 32, ou des composants de celui-ci peuvent être déplacés de sorte que l'élément de support 31 puisse être soulevé ou abaissé par rapport à la structure de stabilisation 13. La montée et la descente de l'élément de support 31 par l'élément de stabilisation 32, en conjonction avec le montage de l'élément de support 31 sur la ligne 12, amènent l'élément de support 31 et donc la source 20 montée sur celui-ci à tourner autour de l'axe de ligne 12A. Ce mouvement pivotant ou rotatif aide à régler l'angle que la source 20 forme avec le composant 11. Cela permet de sélectionner l'angle incident souhaité des rayons X avec le composant 11, contribuant ainsi à la production d'images numériques du composant 11 à partir de l'angle souhaité.

[0052] Dans les deux figures 1A et 1B, l'élément de stabilisation 32 comprend un support vertical 32A. Le support vertical 32A dans les figures 1A et 1B est une sangle 32A s'étendant entre la première extrémité 33 montée sur l'élément de support 31 et la deuxième extrémité 34 d'être montée sur la structure de stabilisation 13. L'élément de stabilisation 32 est déplacé par le réglage de la longueur de la sangle 32A. Plus particulièrement, lorsque la longueur de la sangle 32A est diminuée, l'élément de support 31 (et donc la source 20) est soulevé et rapproché vers la structure de stabilisation 13. De même, lorsque la longueur de la sangle 32A est augmentée, l'élément de support 31 est abaissé et est éloigné de la structure de stabilisation 13. Lorsque l'élément de support 31 est soulevé et abaissé, il fait tourner l'élément de support 31 autour de son montage avec la ligne 12 et donc autour de l'axe de ligne 12A. Ceci permet au technicien de ligne 14 de sélectionner l'orientation souhaitée de la source 20 et/ou 21 du détecteur. D'autres configurations pour le support vertical 32A sont à l'intérieur de la portée de la présente divulgation. Dans un autre mode de réalisation, le support vertical 32A comprend une tige télescopique dont la longueur peut être augmentée ou diminuée. Dans un autre mode de réalisation, la divulgation concerne un indicateur à cadran destiné à la valeur angulaire et peut être utilisée par le technicien de ligne 14 comme référence pour le réglage de l'angle. Il peut donc être apprécié que l'élément de stabilisation 32 contribue au déplacement angulaire d'un élément ou des deux éléments parmi la source 20 et le

détecteur 21.

[0053] Les figures 2A et 2B montrent également le cadre 30. Dans le mode de réalisation représenté, l'élément de support 31 comprend une poutre de support 35 allongée s'étendant le long de l'axe de l'élément de support 31A entre une première extrémité 35A et une deuxième extrémité 35B. La source 20 et l'émetteur-récepteur 22 sont montés sur la poutre de support 35 à la première extrémité 35A de celle-ci et le détecteur 21 est monté sur la poutre de support 35 à la deuxième extrémité 35B de celle-ci. Il sera apprécié que les endroits où la source 20 et le détecteur 21 sont montés sur la poutre de support 35 puissent être modifiés ou inversés. L'émetteur-récepteur 22 est monté sur la première extrémité 35A de la poutre de support 35 sur un dessous de celle-ci. Il sera apprécié que l'émetteur-récepteur 22 puisse également être monté ailleurs sur la poutre de support 35 et sur le même côté que le détecteur 21 et/ou la source 20.

[0054] La source 20 et l'émetteur-récepteur 22 sont chacun situés à l'intérieur d'une gaine protectrice 35C qui protège la source 20 et l'émetteur-récepteur 22 des impacts et peut également servir de socle stable. La gaine protectrice 35C destinée à la source 20 présente un trou de montage 35D à travers lequel la première extrémité 33 de l'élément de stabilisation 32 peut être montée sur l'élément de support 31. La position de la gaine protectrice 35C à la première extrémité 35A de la poutre de support 35 facilite le réglage angulaire et la rotation de la poutre de support 35 et donc de la source 20, lorsque l'élément de stabilisation 32 est déplacé pour soulever et abaisser l'élément de support 31.

[0055] Le cadre 30 comprend une poutre transversale 36 qui est montée sur la poutre de support 35 et est transversale à celle-ci. La poutre transversale 36 s'étend entre une première extrémité 36A et une deuxième extrémité 36B opposée. Une potence 37 est montée sur la poutre transversale 36 à chacune des première et deuxième extrémités 36A, 36B et comprend un crochet 38 qui est utilisé pour monter la poutre transversale 36 et donc l'appareil 10, directement sur la ligne 12. La potence 37 présente un mécanisme de réglage 37A pour déplacer verticalement chaque crochet 38 par rapport à la poutre transversale 36 le long de la direction D1 qui est transversale à l'axe de l'élément de support 31A. Dans le mode de réalisation représenté, la direction D1 est pratiquement verticale. Le mécanisme de réglage 37A de chaque potence 37 permet la position de la potence 37 et donc de soulever et d'abaisser l'élément de support 31 et la source 20.

[0056] Le cadre 30 présente un étrier 39 monté sur la deuxième extrémité 35B de la poutre de support 35. L'étrier 39 repose dans une rainure 36C dans la poutre transversale 36. L'étrier 39 peut être déplacé à l'intérieur de la rainure 36C le long de la direction D2 entre les première et deuxième extrémités 36A, 36B de la poutre transversale 36. La direction D2 est transversale à l'axe de l'élément de support 31A et qui est aussi transversale à la direction D1. Dans le mode de réalisation représenté, la direction D2 est pratiquement parallèle à la poutre transversale 36. L'étrier 39 permet à la position de la seconde extrémité 35B de la poutre de support 35 et donc de déplacer la position du détecteur 21 à la deuxième extrémité 35B, dans une direction latérale.

[0057] Le déplacement vertical et latéral de chaque potence 37 permet de régler la position du détecteur 21 relative au composant 11. Les techniciens de ligne sont donc en mesure de positionner la poutre de support 35 (et donc la source 20 et le détecteur 21) comme requis par rapport au composant 11 afin d'obtenir l'image souhaitée, permettant d'utiliser l'appareil 10 avec de nombreux types et tailles de composants 11 différents. Dans d'autres configurations possibles, l'ensemble poutre transversale 36, avec les potences 37 et les crochets 38, peuvent tous glisser de façon rigide par rapport à la poutre de support 35 dans la direction D2, ce qui permet de maintenir une distance constante entre les potences 37, mais en laissant toujours la source 20 et le détecteur 21 correctement positionnés par rapport au composant 11. Bien que montrées comme ayant pratiquement des extrusions creuses, la poutre de support 35, la poutre transversale 36 et la potence 37 peuvent avoir d'autres configurations et prendre différentes formes, par exemple des tiges, des angles, des tubes ou autres objets de support allongés.

[0058] Toujours en référence aux figures 2A et 2B, la source 20 présente un émetteur 20A qui émet des rayons X dans la direction du composant 11 et du détecteur 21. L'émetteur 20A est une source passive et non radioactive de rayons X. La source 20 et/ou l'émetteur de 20A présentent un ou plusieurs filtres de rayons X 20B pour réduire l'intensité d'une longueur d'onde donnée des rayons X émis. Le filtre 20B peut comprendre un filtre en cuivre et aider à masquer les photons des rayons X qui sont moins énergiques. Cela peut contribuer à assainir l'image numérique ou le signal de l'image numérique généré par le détecteur 21 et contribuer ainsi à l'amélioration de la qualité de l'image numérique du composant 11. Le filtre 20B permet l'utilisation optimale d'une source 20 de rayons X relativement moins puissants et qui est donc moins lourde. Les rayons X émis par l'émetteur 20A et transmis par

l'intermédiaire du composant 11 sont absorbés par le détecteur 21, qui dans le mode de réalisation représenté, comprend une plaque d'imagerie numérique ou plaque 21A.

[0059] La plaque d'imagerie 21A peut être déplacée dans la direction D3 le long de la poutre de support 35 en direction de et éloignée de la source 20 pour faire varier la distance séparant la plaque 21A de la source 20, et/ou du composant 11. La direction D3 est parallèle à l'axe de l'élément de support 31A et transversalement aux directions D1 et D2. Le déplacement de la plaque 21A dans la direction D3 permet d'amener la plaque 21A à proximité du composant 11, qui aide à produire de meilleures images numériques de l'intérieur du composant 11. En général, des images numériques de meilleure qualité sont produites lorsque le détecteur 21 est aussi proche que possible du composant 11. La source 20 peut également être déplacée dans la direction D3 le long de la poutre de support 35 en direction de et éloignée de la plaque 21A afin d'optimiser la couverture de rayons X du composant 11.

[0060] Dans le mode de réalisation représenté, le déplacement de la plaque 21A dans la direction D3 est obtenu avec un mécanisme coulissant 40. Le mécanisme coulissant 40 comprend un étrier 41 monté sur la plaque 21A et pouvant être déplacé le long de la direction D3, au moyen d'un rail de support 42. Le rail de support 42 est monté de façon télescopique à l'intérieur de la poutre de support 35 et pouvant être déplacé le long de la direction D3 par rapport à la poutre de support 35. L'étrier 41 dans le mode de réalisation représenté est sollicité vers l'extérieur (c.-à-d. éloigné de la première extrémité 35A de la poutre de support 35) de manière à ce que la plaque 21A montée sur l'étrier 41 soit disposée par défaut le plus éloigné de la source 20. Ceci fournit une relativement grande distance entre le détecteur 21 et la source 20, ce qui facilite le positionnement initial de l'appareil 10, de manière à ce que le composant 11 soit entre la source 20 et le détecteur 21. Cette position par défaut du détecteur 21 peut aider le technicien de ligne pour monter l'appareil 10 afin d'inspecter différents types et tailles de composants 11. La sollicitation de l'étrier 41 dans le mode de réalisation représenté est obtenue avec un ressort interne à force constante 41A du mécanisme coulissant 40 en prise avec l'étrier 41. D'autres configurations de sollicitation sont possibles. Lorsque le cadre 30 est en position sur la ligne 12 et est supporté par la structure en hauteur, le technicien de ligne peut déplacer manuellement la plaque 21A avec une tige ou un autre objet vers le composant 11. Le mécanisme coulissant 40 facilite le déplacement de la plaque 21A vers le composant 11 de sorte qu'il puisse entrer en contact avec le composant 11.

[0061] Une fois que l'appareil 10 est correctement installé sur la ligne 12, pour prendre l'image du composant 11, les techniciens de ligne peuvent descendre ou être abaissés au sol, ou à une quelconque distance considérée comme sécuritaire, ce qui leur permet de garder une distance sécuritaire loin de l'appareil 10. Les techniciens de ligne peuvent alors activer à distance la source 20 et obtenir une image numérique de l'intérieur du composant 11 à partir de l'émetteur-récepteur 22 relativement rapidement.

[0062] Les figures 3A à 3C montrent un autre mode de réalisation de l'appareil destiné à l'inspection du composant 111 de la ligne électrique 112, c.-à-d., l'appareil 110. Le composant 111 dans le mode de réalisation représenté est un manchon reliant deux segments de la ligne 112. L'appareil 110 illustré étant en cours d'utilisation sur un groupe quadruple 115 de quatre conducteurs 115A, dont l'un est la ligne électrique 12 devant être inspectée. Dans le mode de réalisation représenté, il n'est pas possible de compter sur une structure de stabilisation 13 en hauteur pour supporter une partie de l'appareil 110. Au lieu de cela, la structure de stabilisation 113 est un autre parmi les conducteurs 115A dont les composants ne sont pas inspectés par l'appareil 110. Dans le mode de réalisation représenté, la structure de stabilisation 113 est le conducteur 115A dans le même plan horizontal que la ligne électrique 112 en cours d'inspection, ce conducteur 115A étant immédiatement à côté de la ligne électrique 112.

[0063] L'élément de stabilisation 132 de l'appareil 110 comprend un cadre de stabilisation 150 qui est monté sur le cadre 130 et monté également sur le conducteur 115A adjacent qui n'est pas en cours d'inspection, pour fournir du support et de la stabilité à l'appareil 110. Le cadre de stabilisation 150 comprend une tige extensible 151 s'étendant entre une première extrémité 151A pouvant être montée sur la ligne 112 et une deuxième extrémité 151B pouvant être montée sur le conducteur 115A adjacent. La tige 151 est extensible et rétractable en longueur, permettant ainsi de régler la longueur du cadre de stabilisation 150 de manière à ce qu'il puisse être monté sur les conducteurs 115A espacés par une quelconque distance convenable les uns des autres. Une deuxième extrémité 151B de la tige 151 présente une attache rapide 153, dans ce mode de réalisation, une fixation par crochets et boucles, pour fixer la tige 151 à l'autre conducteur de support 115A. Le cadre de stabilisation 150 peut présenter d'autres attaches rapides 153 afin d'assurer une fixation correcte de la ligne 112.

[0064] Le cadre de stabilisation 150 comprend un étrier 152 monté sur les

crochets 154. Chacun des crochets 154 est monté directement sur la ligne 112 sur les côtés opposés du composant 111. Un revêtement du type en caoutchouc des crochets de support 154 contribue à améliorer la stabilité/rigidité de leur adhérence à la ligne 112. Une tige de liaison 155 définissant un axe de tige 155A s'étend à travers l'étrier 152 et entre une ouverture 156 dans une extrémité distale 135B éloignée de l'élément de support 131. La tige de liaison 155 relie l'étrier 152 et donc le cadre de stabilisation 150 à l'élément de support 131. La fixation de l'étrier 152 à l'élément de support 131 permet à l'élément de support 131 de tourner dans la direction D4 autour de l'axe de tige 155A afin de régler l'angle incident de la source 20 par rapport au composant 111, tel qu'il apparaît en comparant les figures 3B et 3C. La rotation de l'élément de support 131 permet également de modifier l'orientation du détecteur 21 par rapport au composant 111. L'orientation de l'élément de support 131 peut être fixée dans la position souhaitée. L'élément de support 131 peut être déplacé également le long de l'axe de l'élément de support 131A pour déplacer le détecteur 21 et faire varier ainsi la distance à partir de la source 20.

[0065] Les figures 4A à 5 illustrent un autre mode de réalisation de l'appareil 210. L'appareil 210 est illustré en cours d'utilisation sur un seul conducteur 215A ou une seule ligne 212 (Fig. 4A), ou sur une parmi les lignes 212 d'un groupe quadruple 215 de conducteurs 215A (Fig. 5). Dans le mode de réalisation représenté, la structure de stabilisation 213 est suspendue directement à partir de la ligne 212 et peut être déplacée le long de la ligne 212. La structure de stabilisation 213 est un robot 216 suspendu depuis la ligne 212 par des roues motorisées 217. Le robot 216 est une structure auto-déployable qui est motorisée. Il peut être utilisé à distance à partir de la ligne 212 par le technicien de ligne 14 à partir du sol, de sorte que le technicien de ligne 14 n'ait pas besoin de positionner manuellement la source 20 et le détecteur 21.

[0066] L'élément de stabilisation 232 est monté sur le robot 216. L'appareil 210 est donc indirectement supporté par la ligne 212. L'élément de stabilisation 232 possède un module motorisé 221 qui est monté sur le cadre 230 de l'appareil 210. Le cadre 230 dans le mode de réalisation représenté comprend un étrier 237 destiné à supporter pour la source 20 et un élément de support 231 pouvant être déplacé supportant le détecteur 21. Le mode de réalisation représenté du module motorisé 221 comprend un moteur 221A logé à l'intérieur d'un boîtier moteur 224. Le moteur 221A fonctionne sur des rainures ou des rails 225 dans l'élément de support 231 de sorte que l'utilisation du moteur 221A amène l'élément de support 231 (et le détecteur 21 monté sur une extrémité distale de celui-ci) pour se déplacer en direction de et

s'éloigner de la source 20 le long de l'axe de l'élément de support 231 A. Dans un autre mode de réalisation, l'élément de support 231 déplace la source 20 au lieu du détecteur 21. Le module motorisé 221 peut également fournir la source de réglage angulaire de la source 20 et/ou du détecteur 21. Plus particulièrement, dans le mode de réalisation représenté, le module motorisé 221 présente un arbre de sortie 221B qui peut tourner autour de l'axe de l'arbre de sortie 221C. L'arbre de sortie 221B est en prise dans une cavité correspondante de l'élément de support 231 pour faire tourner l'élément de support 231 et donc le détecteur 21 autour de l'axe de l'arbre de sortie 221C et donc autour de l'axe de ligne 12. Cela permet de positionner la source 20 et/ou le détecteur 21 dans la position souhaitée par rapport au composant 211. Le mouvement du détecteur 21 et/ou de la source 20 entre des positions différentes par rapport au composant 211 facilite la production d'images 2D de l'intérieur du composant 211 à différents angles ou à différentes positions. Cela permet de reconstruire une image 3D plus complète du composant 211 à partir de ces différentes images 2D. Cette fonctionnalité est également possible dans d'autres modes de réalisation de l'appareil 10, 110.

[0067] En référence aux figures 2A et 2B, il est divulgué un procédé destiné à l'inspection d'un composant 11 de la ligne électrique aérienne 12. Le procédé comprend le positionnement du composant 11 entre la source 20 et le détecteur 21. Le procédé comprend le déplacement de la source 20 et/ou du détecteur 21 le long d'une direction parallèlement à la ligne s'étendant entre la source 20 et le détecteur 21. Le déplacement de la source 20 et/ou du détecteur 21 fait varier la distance séparant la source 20 et le détecteur 21. Le procédé comprend également l'émission de l'énergie d'imagerie électromagnétique à partir de la source à partir de la source 20 vers le composant 11. Le détecteur 21 reçoit l'énergie d'imagerie électromagnétique et produit une image numérique du composant 11.

[0068] À la lumière de ce qui précède, il peut être apprécié que l'appareil 10, 110, 210 de la présente divulgation fournisse un outil d'inspection par radiographie relativement léger et portatif qui peut être relativement rapidement installé sur la ligne pour inspecter un composant de celle-ci. L'appareil 10, 110, 210 fournit donc un outil non invasif qui aide à obtenir des informations qui peuvent être utiles pour le diagnostic des lignes de transmission d'électricité, par exemple, sans avoir à prendre un échantillon du composant ou démonter les lignes de transmission.

[0069] L'appareil 10, 110, 210 permet des déplacements angulaires et en translation

qui facilitent l'orientation de la source de rayons X et/ou du détecteur de rayons X pour obtenir l'image numérique souhaitée du composant. Une fois que la position souhaitée de l'appareil est atteinte, la sécurisation de l'appareil 10, 110, 210 sur la ligne est également possible pour une bonne qualité d'image, même dans des conditions de vent modéré.

[0070] La description ci-dessus est fournie à titre d'exemple seulement et un homme du métier reconnaîtra que des modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation décrits sans déroger à la portée de l'invention divulguée. Encore d'autres modifications qui entrent à l'intérieur du champ d'application de la présente invention seront évidentes à l'homme du métier dans le domaine technique, à la lumière d'un examen de cette divulgation et ces modifications sont destinées pour entrer à l'intérieur des revendications annexées.

REVENDICATIONS

1. Un appareil destiné à l'inspection d'un composant d'une ligne électrique aérienne présentant un axe de ligne, comprenant :

un cadre présentant un élément de support s'étendant le long d'un axe de l'élément de support, l'élément de support pouvant être monté autour d'une ligne électrique à proximité du composant, l'élément de support pouvant tourner autour de l'axe de ligne lorsqu'il est monté autour de la ligne électrique ;

un élément de stabilisation pouvant être monté sur une structure de stabilisation distincte de la ligne électrique, l'élément de stabilisation pouvant également être monté sur l'élément de support pour faire tourner l'élément de support autour de l'axe de ligne ; et

une source d'énergie d'imagerie électromagnétique montée sur l'élément de support et présentant un émetteur pour faire face au composant, et un détecteur d'énergie d'imagerie électromagnétique monté sur l'élément de support à une distance le long de l'axe de l'élément de support à partir de la source pour positionner le composant entre la source et le détecteur, la source et/ou le détecteur pouvant être déplacés le long de l'axe de l'élément de support pour faire varier la distance séparant le détecteur et la source, au moins le détecteur pouvant être déplacé le long d'une deuxième direction transversalement à l'axe de l'élément de support, et le long d'une troisième direction transversalement à l'axe de l'élément de support et à la seconde direction.

2. L'appareil tel que défini dans la revendication 1, dans lequel l'élément de support comprend une poutre de support s'étendant le long de l'axe de l'élément de support et le cadre comprend une poutre transversale montée sur la poutre de support et transversalement à celle-ci, la poutre transversale supportant le détecteur et présentant au moins une potence pour monter la poutre de support directement sur la ligne électrique.

3. L'appareil tel que défini dans la revendication 2, dans lequel la poutre transversale est utilisable pour déplacer le détecteur le long de la deuxième direction transversalement à l'axe de l'élément de support, l'au moins une potence

est utilisable pour déplacer le détecteur le long de la troisième direction transversalement à l'axe de l'élément de support et à la deuxième direction.

4. L'appareil tel que défini dans l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'élément de stabilisation comprend un support vertical s'étendant entre une première extrémité pouvant être montée sur l'élément de support et une deuxième extrémité pouvant être montée sur la structure de stabilisation étant située au-dessus de la ligne électrique.

5. L'appareil tel que défini dans la revendication 4, dans lequel une longueur du support vertical est réglable pour faire varier la distance entre les première et deuxième extrémités du support vertical, dans lequel le montage du support vertical à l'élément de support et à la structure de stabilisation, en faisant varier la distance entre les première et deuxième extrémités, amène le support vertical à faire tourner l'élément de support autour de l'axe de ligne.

6. L'appareil tel que défini dans l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la source est utilisable pour émettre des rayons X, l'émetteur présentant un filtre de rayons X afin de réduire l'intensité d'une longueur d'onde donnée.

7. L'appareil tel que défini dans l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant en outre en un émetteur-récepteur pouvant être monté sur l'élément de support et en communication avec le détecteur, l'émetteur-récepteur en fonctionnement recevant un signal d'image numérique provenant du détecteur et transmettant une image numérique du composant.

8. L'appareil tel que défini dans la revendication 7, dans lequel en fonctionnement, l'émetteur-récepteur transmet l'image numérique sans fil.

9. Un appareil destiné à l'inspection d'un composant d'une ligne électrique aérienne présentant un axe de ligne, comprenant :

un cadre présentant un élément de support s'étendant le long d'un axe de l'élément de support entre deux extrémités opposées, l'élément de support pouvant être monté autour d'une ligne électrique à proximité du composant, l'élément de support pouvant tourner autour de l'axe de ligne lorsqu'il est monté autour de la ligne électrique ;

un élément de stabilisation pouvant être monté sur une structure de stabilisation distincte de la ligne électrique, l'élément de stabilisation

pouvant également être monté sur l'élément de support pour faire tourner l'élément de support autour de l'axe de ligne, l'élément de stabilisation comprenant un cadre de stabilisation s'étendant entre une première extrémité pouvant être montée sur l'élément de support et une deuxième extrémité pouvant être montée sur la structure de stabilisation actuellement située adjacente à la ligne électrique, la première extrémité du cadre de stabilisation comprenant deux crochets pouvant être montés sur la ligne électrique sur chaque côté du composant et un étrier monté sur les crochets, une tige définissant un axe de tige s'étendant à travers l'étrier et à travers une ouverture dans l'élément de support pour monter la première extrémité du cadre de stabilisation sur l'élément de support ; et

une source d'énergie d'imagerie électromagnétique montée sur l'élément de support et présentant un émetteur pour faire face au composant, et un détecteur d'énergie d'imagerie électromagnétique monté sur l'élément de support à une distance le long de l'axe de l'élément de support à partir de la source pour positionner le composant entre la source et le détecteur, la source et/ou le détecteur pouvant être déplacés le long de l'axe de l'élément de support pour faire varier la distance séparant le détecteur et la source.

10. L'appareil tel que défini dans la revendication 9, dans lequel l'élément de stabilisation comprend un module motorisé monté sur la structure de stabilisation pouvant être déplacé le long de la ligne électrique, le module motorisé possédant un moteur en prise avec l'élément de support pour déplacer l'élément de support le long de l'axe de l'élément de support.

11. L'appareil tel que défini dans la revendication 10, dans lequel le module motorisé présente un arbre de sortie pouvant tourner autour d'un axe de l'arbre de sortie, l'arbre de sortie étant en prise avec l'élément de support pour faire tourner l'élément de support sur l'axe de l'arbre de sortie.

12. L'appareil tel que défini dans l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel la source est utilisable pour émettre des rayons X, l'émetteur présentant un filtre de rayons X afin de réduire l'intensité d'une longueur d'onde donnée.

13. L'appareil tel que défini dans l'une quelconque des revendications 9 à 12, comprenant en outre un émetteur-récepteur pouvant être monté sur l'élément de support et en communication avec le détecteur, l'émetteur-récepteur en fonctionnement recevant un signal d'image numérique provenant du détecteur et transmettant une image numérique du composant.

14. L'appareil tel que défini dans la revendication 13, dans lequel en fonctionnement, l'émetteur-récepteur transmet l'image numérique sans fil.

15. Un procédé d'inspection d'un composant d'une ligne électrique aérienne comprenant :

positionner le composant entre une source d'énergie d'imagerie électromagnétique et un détecteur d'énergie d'imagerie électromagnétique ;

déplacer la source et/ou le détecteur le long d'une direction parallèlement à la ligne s'étendant entre la source et le détecteur, le déplacement de la source et/ou du détecteur faisant varier une distance séparant la source et le détecteur, au moins le détecteur étant déplaçable le long d'une deuxième direction transversalement à la ligne s'étendant entre la source et le détecteur, et le long d'une troisième direction transversalement à la ligne s'étendant entre la source et le détecteur et transversalement à la deuxième direction ;

émettre de l'énergie d'imagerie électromagnétique à partir de la source vers le composant, le détecteur recevant l'énergie d'imagerie électromagnétique et générant une image numérique du composant.

16. Le procédé tel que défini dans la revendication 15, dans lequel le positionnement du composant comprend la rotation d'au moins le détecteur autour d'un axe de ligne de la ligne électrique.

17. Le procédé tel que défini dans la revendication 16, dans lequel la rotation d'au moins le détecteur comprend la rotation du détecteur entre une pluralité de positions par rapport au composant et la production de l'image numérique du composant à aux moins certaines des positions.

18. Le procédé tel que défini dans la revendication 17, dans lequel la production de l'image numérique du composant comprend la production d'une image 2D du composant à chacune desdites positions et la reconstruction d'une image 3D à

partir des images 2D.

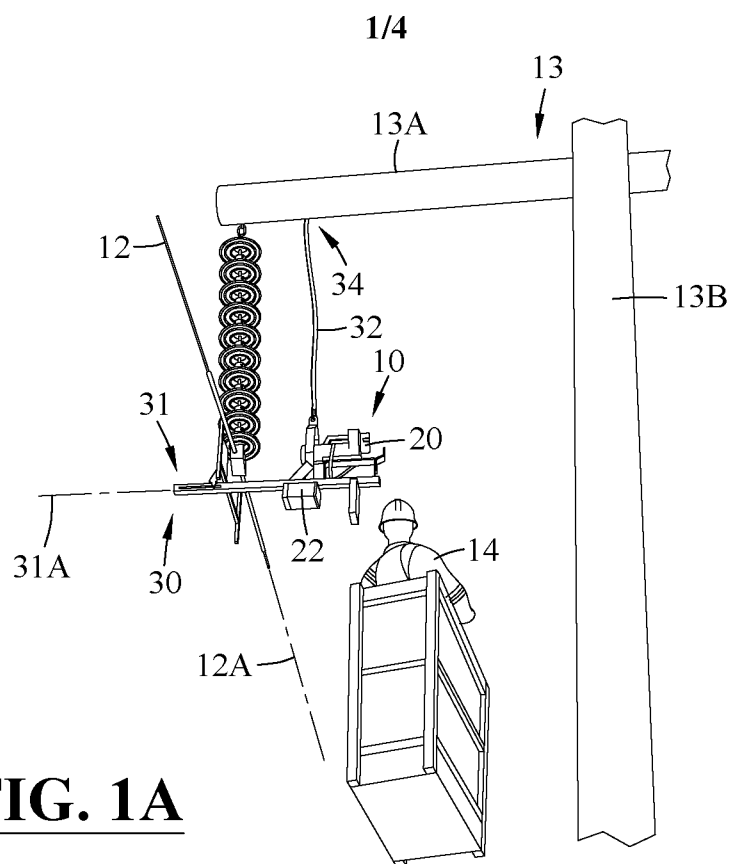
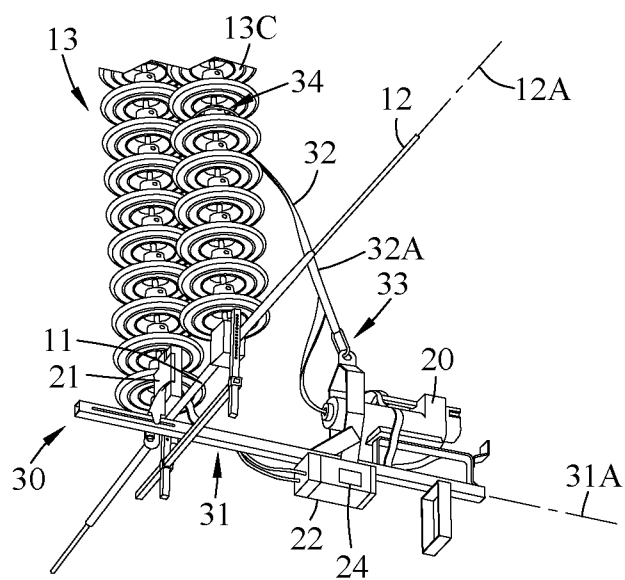
19. Le procédé tel que défini dans l'une quelconque des revendications 15 à 18, dans lequel le positionnement du composant comprend le support de la source et du détecteur directement à partir de la ligne électrique.

20. Le procédé tel que défini dans l'une quelconque des revendications 15 à 19, dans lequel le positionnement du composant comprend le support de la source et du détecteur à partir d'une structure étant distincte de la ligne électrique.

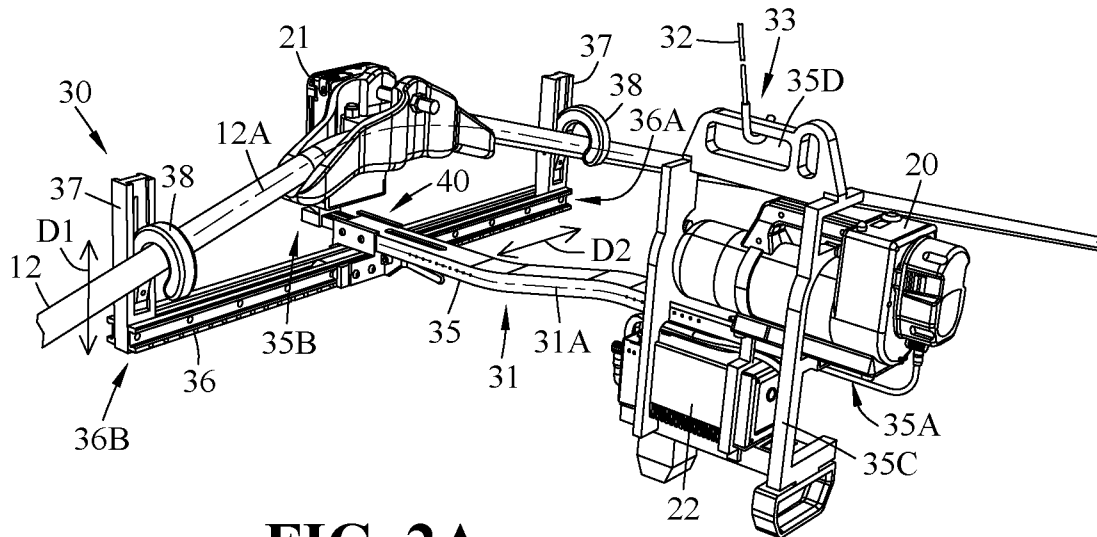
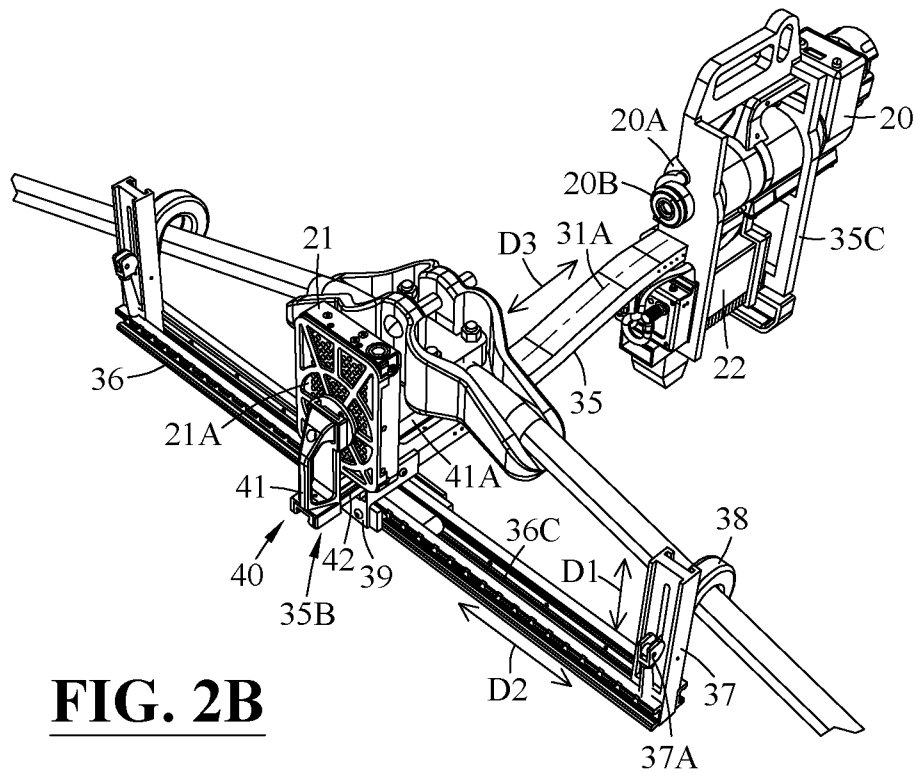
21. Le procédé tel que défini dans l'une quelconque des revendications 15 à 20, dans lequel le positionnement du composant comprend la montée ou la descente d'au moins la source pour faire varier un angle d'incidence de l'énergie d'imagerie électromagnétique avec le composant.

22. Le procédé tel que défini dans l'une quelconque des revendications 15 à 21, comprenant en outre la transmission de l'image numérique à partir du détecteur.

23. Le procédé tel que défini dans l'une quelconque des revendications 15 à 22, dans lequel l'énergie d'imagerie électromagnétique à partir de la source comprend l'émission de rayons X.

**FIG. 1A****FIG. 1B**

2/4

**FIG. 2A****FIG. 2B**

3/4

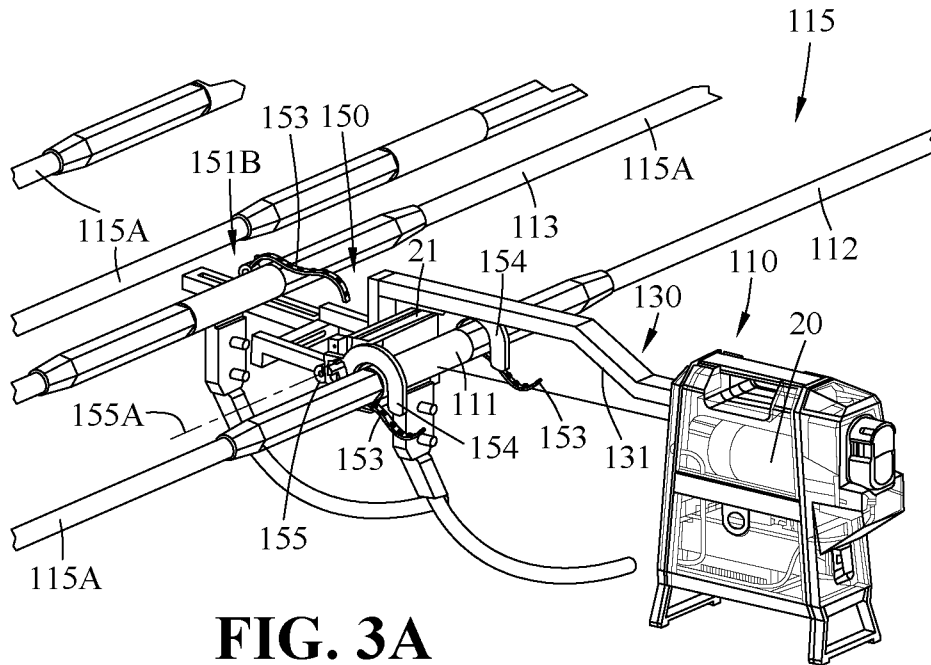


FIG. 3A

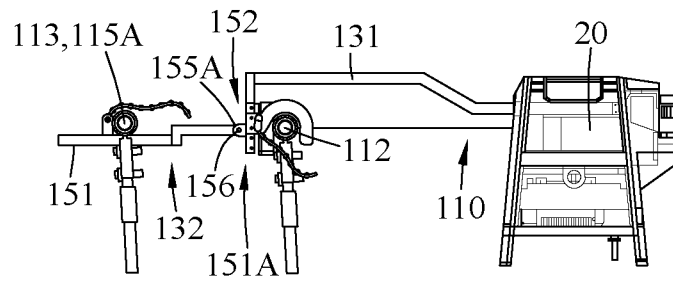


FIG. 3B

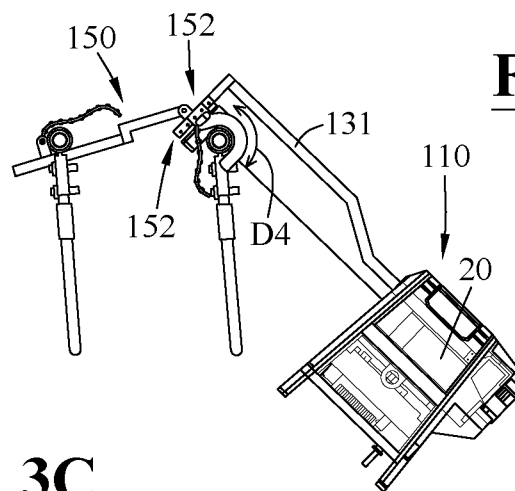


FIG. 3C

