

OFFICE NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE.

BREVET D'INVENTION.

XII. — Instruments de précision, électricité.

N° 354.791

6. — TRANSPORT ET MESURE DE L'ÉLECTRICITÉ, APPAREILS DIVERS.

Perfectionnements à la transmission de l'énergie électrique.

M. NIKOLA TESLA résidant aux États-Unis d'Amérique.

Demandé le 18 avril 1905.

Délivré le 8 août 1905. — Publié le 12 octobre 1905.

On sait depuis longtemps, que des courants électriques peuvent être propagés par la terre, et cette connaissance a été utilisée de plusieurs manières dans la transmission des signaux et le fonctionnement d'une variété d'appareils récepteurs éloignés de la source d'énergie, principalement pour se dispenser d'un fil conducteur de retour.

On sait aussi que des perturbations électriques peuvent être transmises par des portions du sol en le reliant à un des pôles de la source seulement, et l'invention a utilisé cette observation dans des systèmes, imaginés dans le but de transmettre par les milieux naturels des signaux intelligibles ou de la force, et qui sont à présent familiers. Mais toutes les expériences et observations faites jusqu'ici ont confirmé l'opinion, partagée par la majorité des savants, que la terre, à cause de son extension immense, quoique possédant des propriétés conductrices ne se comporte pas comme un conducteur de dimensions limitées vis-à-vis des perturbations produites, mais au contraire, plutôt comme un vaste réservoir ou océan qui, quoique pouvant subir une perturbation locale du fait d'une commotion quelconque, reste sans réponse et sans action pour sa plus grande partie ou sa totalité.

Il est encore un autre fait, bien connu maintenant. Lorsque des ondes ou oscillations électriques sont imprimées à un conducteur

tel qu'un fil métallique, il y a réflexion sous certaines conditions, des bouts du fil et, par suite de l'interférence des oscillations imprimées et réfléchies, il se produit le phénomène « d'ondes stationnaires », avec des maxima et des minima fixes définies. Dans tous les cas pareils l'existence de ces ondes indique, que quelques-unes des ondes sortantes ont été propagées aux extrémités de la voie conductrice et ont été réfléchies de là.

Or, l'invention est basée sur cette découverte que malgré ces dimensions vastes et à l'encontre de toutes les observations faites jusqu'à ce jour, le globe terrestre peut, en grande partie et même en totalité, se comporter vis-à-vis des perturbations imprimées, comme un conducteur de grandeur limitée, ce fait étant démontré par des phénomènes nouveaux, décrits ci-après.

Dans le cours de certaines recherches, ayant pour objet d'étudier les effets des décharges de foudre sur la condition électrique de la terre, l'inventeur a observé que des instruments récepteurs sensibles, arrangés de manière à être capables de répondre à des perturbations électriques occasionnées par les décharges, manquaient quelquefois de répondre et, en examinant ce fait inattendu, il a trouvé qu'il était dû au caractère des ondes électriques qui étaient produites dans la terre par les décharges de foudre et qui avaient

des nœuds et des ventres, suivant la source des perturbations qui se déplaçait, à des distances définies. De nombreuses observations des maxima et minima de ces ondes mon-

5 traient que leurs longueurs variaient, approximativement, de vingt-cinq à soixante-quinze kilomètres; la conclusion tirée de ces résultats et certaines déductions théoriques était que des ondes de ce genre peuvent être propagées

10 dans toutes les directions du globe, et qu'elles peuvent avoir des longueurs encore bien plus différentes, les limites extrêmes étant imposées par les dimensions et propriétés physiques de la terre.

15 Reconnaissant dans l'existence de ces ondes que les perturbations créées avaient été conduites dès leur origine jusqu'aux portions les plus éloignées du globe et avaient été réfléchies de là, l'inventeur conçut l'idée de

20 produire de telles ondes dans la terre par des moyens artificiels, afin d'en faire usage pour des effets utiles, pour lesquels elles sont, ou pourraient se prouver applicables.

Ce problème était rendu extrêmement dif-

25 ficile à cause des dimensions immenses de la planète et, par suite, du mouvement énorme d'électricité ou activité électrique qu'on devait obtenir pour approcher, même à un degré éloigné, des mouvements et activités évi-

30 demment atteints dans les manifestations de force électrique dans la nature, et qui paraissaient d'abord irréalisables par des forces humaines quelconques. Mais par les perfectionnements constants et incessants apportés au

35 générateur d'oscillations électriques, décrit dans les brevets américains n° 645.576 en date du 2 septembre 1897 et 649.621, du 2 septembre 1897, et anglais n° 24.421 du 21 octobre 1897, l'inventeur a réussi finalement à produire des mouvements et des acti-

40 vités électriques, qui non seulement approchent mais, comme de nombreuses mesures comparatives le démontrent actuellement, dépassent ceux des décharges de la foudre; et

45 au moyen de cet appareil il est donc possible de reproduire, à volonté, dans la terre des phénomènes identiques ou semblables à ceux dus à de telles décharges

Grâce à la connaissance de ces phénomènes

50 et des moyens pour accomplir ces résultats, il est possible non seulement d'effectuer beaucoup d'opérations par l'emploi d'instruments

connus, mais aussi d'offrir une solution d'un certain nombre de problèmes importants, nécessitant l'opération ou le contrôle d'appareils à distance, et qui, à défaut de cette connaissance et en l'absence de ces moyens, ont été entièrement insolubles jusqu'ici.

Par exemple, au moyen d'un tel générateur d'ondes stationnaires et d'appareils récepteurs, 60 convenablement placés et réglés, dans une autre localité quelconque, n'importe à quelle distance, on peut transmettre des signaux intelligibles; on peut contrôler ou actionner, à volonté, quelques-uns ou tous ces appareils 65 pour beaucoup d'autres résultats d'importance et de valeur, comme pour indiquer, en quel endroit que ce soit, l'heure correcte d'un observatoire; on peut constater la position relative d'un corps ou sa distance par rapport à 70 un point donné; il est possible de déterminer la route d'un objet en mouvement tel qu'un vaisseau sur la mer, la distance traversée par lui ou sa vitesse; de produire à distance beaucoup d'autres effets utiles, qui dépendent ou 75 de l'intensité, ou de la longueur des ondes, ou de la direction ou rapidité de leur mouvement, ou de quelque autre caractère ou propriété de ce genre de perturbations.

Au dessin l'invention est représentée appliquée à l'un de ses emplois spécifiques, à savoir, la transmission des signaux à distance.

La figure 1 représente schématiquement le générateur qui produit des ondes stationnaires dans la terre, la figure 2 est un appareil récepteur dans une localité éloignée et la figure 3 montre l'arrangement des circuits du transformateur récepteur.

A la figure 1, A désigne une bobine primaire formant partie d'un transformateur et consistant généralement en plusieurs tours d'un câble gros de résistance inappréciable, dont les bouts sont reliés aux bornes d'une source d'oscillations puissantes, représentée 95 schématiquement par G. Cette source est usuellement un condensateur chargé à haute tension, et déchargé, en succession rapide, par le primaire, comme dans le transformateur actuellement bien connu, dont la description a été 100 donnée par exemple au brevet français n° 259.940, du 22 septembre 1896. Quand on veut produire des ondes stationnaires de grandes longueurs, un alternateur de

construction convenable peut être employé pour donner de l'énergie au primaire A.

C est une bobine secondaire, enroulée en spirale, à l'intérieur du primaire, dont le 5 bout le plus rapproché de ce dernier est relié à la terre E, et l'autre à un point terminal élevé D. Les constantes physiques de la bobine C, déterminant sa période de vibration, sont choisies et disposées de manière que le 10 système secondaire E C D soit en résonnance la plus parfaite possible avec les oscillations imprimées sur elle par le primaire A. Il est, en outre, de la plus grande importance, pour élever encore plus la tension et augmenter le 15 mouvement électrique dans le système secondaire, que sa résistance soit aussi petite que possible et sa self-induction aussi grande que possible sous les conditions imposées. La connexion à la terre doit être faite avec le plus 20 grand soin pour en réduire la résistance.

Au lieu d'être directement reliée à la terre, comme il est indiqué, la bobine C peut être reliée, en série ou autrement, au primaire A, dans lequel cas ce dernier sera relié à la 25 plaque E. Mais qu'aucun, ou une partie, ou tous les tours primaires excitateurs soient inclus dans la bobine C, la longueur totale du conducteur depuis la plaque E dans la terre jusqu'au terminal élevé D doit être égale à un 30 quart de la longueur des ondes de la perturbation électrique dans le système E C D, ou bien égale à cette longueur multipliée par un nombre impair. Cette relation étant observée, le terminal D coïncidera avec les points 35 de tension maximum dans le circuit secondaire ou excité, et le plus grand flux d'électricité y aura lieu. Pour augmenter autant que possible le mouvement électrique dans le secondaire, il est essentiel que sa connexion in- 40 ductive avec le primaire A ne soit pas trop intime, comme dans les transformateurs ordinaires, mais faible, afin de permettre une oscillation libre. C'est-à-dire que leur induction mutuelle doit être petite. La forme spi- 45 rale de la bobine C offre cet avantage et en même temps les tours près du primaire A sont soumis à une action inductive forte et développent une haute force électromotrice initiale.

50 Ces dispositions étant soigneusement exécutées et les autres caractères constructifs indiqués rigoureusement observés, le mouve-

ment électrique produit dans le système secondaire par l'action du primaire A sera énormément renforcé, l'augmentation étant 55 directement proportionnelle à l'inductance et à la fréquence, et en raison inverse de la résistance du système secondaire. Il est ainsi possible de produire de cette manière un mouvement électrique des milliers de fois plus 60 grand que l'initial; c'est ainsi qu'on a pu atteindre des activités électriques dans le système E C D, mesurées par des milliers de chevaux-vapeur. De tels mouvements immenses d'électricité donnent naissance à des 65 phénomènes nouveaux et frappants, parmi lesquels ceux ci-dessus décrits. Les puissantes oscillations électriques dans le système E C D, étant communiquées à la terre, causent des vibrations correspondantes capables d'être 70 propagées jusqu'aux régions les plus éloignées du globe, d'où elles sont réfléchies, et, par interférences avec les vibrations sortantes, produisent des ondes stationnaires, dont les 75 nœuds et ventres sont situés dans des cercles parallèles, relativement auxquels la plaque E peut être considérée comme pôle. Autrement dit, le conducteur terrestre est mis en résonnance avec les oscillations imprimées, exactement comme un fil. Bien plus, un certain 80 nombre de faits ainsi déterminés montrent clairement, que le mouvement d'électricité par la terre suit certaines loi avec une rigueur presque mathématique. Pour le moment il est suffisant de dire que la planète se comporte 85 comme un conducteur parfaitement lisse et poli, d'une résistance inappréciable, avec la capacité et self-induction distribuées uniformément par rapport à l'axe de symétrie de la propagation des ondes, et transmettant des 90 oscillations électriques lentes sans distorsion ni atténuation sensibles. En outre de cela, trois exigences semblent être essentielles pour l'établissement de la condition résonnante :

1° Le diamètre de la terre passant par le 95 pôle E doit être un multiple impair du quart de la longueur d'onde, c'est-à-dire du rapport entre la vitesse de la lumière et quatre fois la fréquence du courant.

2° Il est nécessaire d'employer des oscilla- 100 tions dans lesquelles la proportion de radiation d'énergie dans l'espace sous forme d'ondes hertziennes et électromagnétiques est très petite. Pour en donner une idée, la fréquence

doit être moins de vingt mille par seconde, bien que des ondes plus courtes pourraient être utilisées. La plus basse fréquence paraît être six par seconde, dans lequel cas il n'y aura qu'un nœud, situé à la plaque de sol ou pôle E et, quoique cela puisse sembler paradoxal, l'effet augmentera avec la distance et sera maximum dans une région diamétralement opposée au transmetteur. Avec des oscillations encore plus lentes la terre, strictement, ne sera pas mise en résonnance, mais fonctionnera simplement comme une capacité, et les variations du potentiel seront plus ou moins uniformes sur toute sa surface.

3° L'exigence la plus essentielle est, pourtant, que, quelle que soit la fréquence employée, l'onde ou le train d'ondes doit continuer pendant un certain intervalle de temps, lequel ne doit pas être moins d'un douzième de seconde — ou probablement de 0.08484 d'une seconde — qui est utilisé, à l'aller et retour à la région diamétralement opposée du pôle, par-dessus la surface de la terre, avec une vitesse moyenne d'environ 471,240 kilomètres par seconde.

La présence des ondes stationnaires peut être constatée de beaucoup de manières. Par exemple, un circuit peut être relié directement, ou inductivement, à la terre, et à un terminal élevé, et syntonisé pour répondre plus effectivement aux oscillations. Une autre manière est de relier un circuit syntonisé à la terre à deux points situés plus ou moins dans un méridien passant par le pôle E, ou, en général, à deux points quelconques de potentiel différent.

Sur la figure 2 est montré un dispositif pour découvrir la présence des ondes, tel qu'il est employé dans une nouvelle méthode pour augmenter des effets faibles, et qu'il est décrit dans les patentes américaines 685.953 du 24 juin 1899 et 685.955 du 24 juin 1899. Il consiste en un cylindre C² en matière isolante, qui est tourné à vitesse uniforme, par un mouvement d'horlogerie ou autre force motrice convenable, et qui est muni de deux anneaux métalliques B et B¹, sur lesquels portent deux balais *a* et *a*¹, reliés, respectivement, aux plaques des terminaux P et P¹. Depuis les anneaux B et B¹ s'étendent des segments métalliques étroits S et S¹, qui par la rotation du cylindre C², sont mis alternati-

vement en contact avec les balais doubles *b* et *b*¹, supportés par les porte-balais conducteurs *h* et *h*¹ avec lesquels ils sont en contact, ces porte-balais étant maintenus dans des collets métalliques D² et D³, comme il est montré. Ces derniers sont reliés aux terminaux T et T¹ d'un condensateur C³, et ils sont capables de déplacement angulaire comme des porte-balais ordinaires. L'emploi de deux balais, comme *b* et *b*¹, dans chacun des porte-balais *h* et *h*¹ permet de varier à volonté la durée du contact électrique entre les plaques P et P¹, et les terminaux T et T¹, auxquels est relié un circuit contenant un récepteur R, et un dispositif qui ferme le circuit à des intervalles de temps prédéterminés et décharge l'énergie accumulée par le récepteur. Dans le cas présent ce dispositif consiste en un cylindre *d*, composé en partie de matière conductrice et de matière isolante *e* et *e*¹, respectivement, qui est tourné à la vitesse désirée par des moyens convenables quelconques. La partie conductrice *e* est connectée électriquement avec l'arbre S², et est munie de segments coniques *fff*, sur lesquels glisse un balai *k*, supporté par une tige conductrice *l*, capable d'être réglée longitudinalement dans un support métallique *m*. Un autre balai *n* est arrangé de manière à porter sur l'arbre S², de telle façon que toutes les fois qu'un des segments *f* vient en contact avec le balai *k*, ce circuit contenant le récepteur R est complété et reçoit la décharge du condensateur. En réglant la vitesse du cylindre *d* et en déplaçant le balai *k* le long du cylindre, le circuit peut être interrompu et fermé dans une succession aussi rapide qu'on le désire, et rester ouvert ou fermé pendant de tels intervalles de temps.

Les plaques P et P¹, au moyen desquelles l'énergie électrique est communiquée aux balais *a* et *a*¹, peuvent être à une distance considérable l'une de l'autre dans le sol, ou l'une dans le sol et l'autre dans l'air, de préférence à une élévation considérable. Si une plaque seulement est reliée à la terre et l'autre maintenue à une certaine hauteur, l'emplacement de l'appareil sera déterminé par rapport à la position des ondes stationnaires, l'effet étant évidemment le plus grand dans une région ventrale, et zéro dans une région nodale. D'autre part, si les deux plaques sont reliées à la terre, les deux points de connexion doivent

être choisis eu égard aux différences de potentiel produites, l'effet le plus fort étant naturellement obtenu quand les plaques sont à une distance égale à la moitié de la longueur d'onde.

Pour donner un exemple du fonctionnement du système, on peut supposer que des impulsions électriques alternatives du générateur produisent des ondes stationnaires dans la terre, comme il a été décrit ci-dessus, et qu'un appareil récepteur a été convenablement placé par rapport à la position des régions nodales et ventrales des ondes. La vitesse de rotation du cylindre C^2 est modifiée jusqu'à ce qu'il tourne synchroniquement avec les impulsions alternatives du générateur, et les balais b et b^1 sont réglés, par déplacement angulaire, ou autrement, de manière à être en contact avec les segments S et S^1 , pendant les périodes où les impulsions sont au maximum de leur intensité ou en approchent. Des charges électriques de même signe seront alors communiquées à chacune des bornes du condensateur, et à chaque impulsion nouvelle celui-ci sera chargé à un potentiel plus élevé. La vitesse de rotation du cylindre d étant réglable à volonté, l'énergie d'un nombre quelconque d'impulsions séparées peut être accumulée de cette manière sous forme potentielle, et déchargée par le récepteur R , lorsque le balai k fait contact avec un des segments f . On comprendra que la capacité du condensateur doit pouvoir permettre l'accumulation d'une quantité d'énergie beaucoup plus grande que celle nécessaire pour l'opération ordinaire du récepteur. Puisque par cette méthode une quantité d'énergie relativement grande, et sous forme convenable, peut être rendue disponible pour l'opération d'un récepteur, il n'est pas nécessaire que celui-ci soit très sensible. Mais lorsque les impulsions sont très faibles, et quand on veut actionner un récepteur très rapidement, n'importe lesquels des dispositifs sensibles bien connus, capables de répondre à des influences faibles, peuvent être employés de la manière indiquée, ou autrement.

Sous les conditions décrites il est évident que, pendant l'existence des ondes stationnaires, le récepteur sera actionné par les impulsions de courant plus ou moins intenses, suivant sa localisation par rapport au maxima et minima desdites ondes. En interrompant ou

réduisant le flux du courant, les ondes stationnaires disparaîtront ou diminueront d'intensité. De là s'ensuit une grande variété d'effets produits dans un récepteur suivant la façon dont les ondes sont réglées. Il est possible, d'ailleurs, de placer les régions nodales et ventrales des ondes à volonté depuis la station transmettrice, par exemple, en variant la longueur des ondes tout en observant les exigences indiquées ci-dessus. De cette manière les régions d'effet maximum et minimum peuvent être amenées à coïncider avec une station particulière ou des stations réceptrices quelconques. En imprimant à la terre deux ou plusieurs oscillations de longueurs différentes, on peut produire une onde « stationnaire », résultante traversant le globe avec une vitesse voulue, et ainsi obtenir une grande variété d'effets utiles. La route d'un vaisseau sera évidemment déterminée facilement sans l'emploi d'un compas, en reliant un circuit à la terre à deux points, l'effet exercé sur le circuit étant maximum lorsque les plaques PP^1 sont situées sur un méridien passant par la plaque E , et nul quand les plaques se trouvent sur un cercle parallèle. Si les régions nodales et ventrales sont maintenues dans des positions fixes, la vitesse d'un vaisseau portant un appareil récepteur peut être exactement calculée, en observant les régions maxima et minima successivement traversées. Pour la compréhension de ce fait, il faut dire que les projections de toutes les parties nodales et ventrales sur le diamètre de la terre passant par le pôle E , c'est-à-dire sur l'axe de symétrie du mouvement des ondes, sont toutes égales. Donc dans chaque région terrestre la longueur d'onde peut être déterminée par des simples règles de géométrie. Réciproquement, connaissant la longueur d'onde, la distance de la source peut être facilement calculée. Pareillement, la distance d'un point à un autre, la latitude et longitude, l'heure, etc., peuvent être facilement déterminées par l'observation de telles ondes. Si plusieurs générateurs d'ondes stationnaires — de préférence de longueurs différentes — étaient installés dans des localités judicieusement choisies, le globe entier pourrait être subdivisé en des zones d'activité électrique définies, et ces résultats et beaucoup d'autres de même importance pourraient être obtenus immédiatement par de simples calculs ou par

les indications des instruments proprement gradués.

Le plan spécifique ici décrit pour produire les ondes stationnaires est capable de modifications. Par exemple, le circuit qui imprime les puissantes oscillations sur la terre pourrait lui être relié en deux points.

En tirant de l'énergie de ces ondes à une distance de leur source située dans n'importe quelle région terrestre et pour quelque travail que ce soit, spécialement en quantité considérable, on obtiendra les meilleurs résultats économiques par l'emploi du transformateur récepteur synchronisé. Cette invention forme partie du système de transmission d'énergie par les milieux naturels, décrit en détail dans les brevets précités, mais pour la clarté de cette description l'arrangement des circuits est diagrammatiquement illustré à la figure 3. La partie essentielle du transformateur est un circuit $E^1 C^1 D^1$ qui est connecté, arrangé et réglé de la même manière que le circuit transmetteur $E C D$ et qui est fermé inductivement sur un circuit secondaire A^1 . Ce dernier sera naturellement enroulé avec autant de tours qu'on aura besoin pour le meilleur fonctionnement de l'appareil désigné par M. Le transformateur récepteur est bien syntonisé avec les oscillations du transmetteur, de façon que, indépendamment de la longueur du conducteur $E^1 C^1 D^1$, les points de potentiel maximum coïncideront avec le terminal élevé D^1 . Dans ces conditions la quantité de l'énergie dérivée des ondes sera la plus grande.

Quand on veut actionner indépendamment un grand nombre d'appareils par des ondes stationnaires de longueurs différentes, on peut se servir des principes décrits dans le brevet français n° 313.188 du 2 août 1901, pour rendre non interférants et non interférables les signaux ou quantités d'énergie destinées à chaque appareil récepteur.

RÉSUMÉ.

Les principaux points caractéristiques de l'invention sont les suivants :

1° L'établissement d'ondes stationnaires dans le globe terrestre.

2° Les moyens de production de ces ondes.

3° La mise en marche, par ces ondes, d'appareils récepteurs situés à des distances quelconques.

4° La variation des longueurs des ondes.

5° Le déplacement des régions nodales et ventrales.

6° La production d'ondes résultantes se déplaçant à une vitesse quelconque par la combinaison de plusieurs ondes stationnaires de longueurs différentes.

7° La variation de l'intensité des ondes ou de leurs autres éléments physiques pour l'actionnement d'appareils récepteurs.

8° La combinaison d'ondes issues de pôles différents.

9° L'emploi d'oscillations électriques durées environ un sixième de seconde et donnant lieu à une seule onde stationnaire.

10° Le procédé consistant à mettre le globe terrestre en résonance au moyen d'ondes électriques de longueur et de durée déterminées.

11° L'appareil transmetteur.

12° L'appareil générateur destiné à produire l'état de résonance.

13° Le transformateur agencé pour produire des mouvements considérables d'électricité dans le globe terrestre.

14° L'appareil générateur d'oscillations électriques primaires en combinaison avec un circuit secondaire disposé pour mettre le globe en résonance.

N. TESLA.

Par procuration :

E. BLÉTRY.

