

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel  
**Herausgeber:** Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel  
**Band:** 22 (1893-1894)

**Artikel:** Des systèmes de transmission de force à grande distance par l'électricité : coût du transport  
**Autor:** Chavannes, Roger  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-88337>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Des systèmes de transmission de force à grande distance par l'électricité. Coût du transport.

PAR ROGER CHAVANNES, INGÉNIEUR

L'attention étant attirée en ce moment, à Neuchâtel, sur ces questions si importantes au point de vue industriel, le moment est peut-être venu de résumer rapidement leurs principaux éléments.

Le transport de la force par l'électricité à courte distance est un problème entièrement résolu, et avec une telle perfection qu'il tend à remplacer les transmissions dans les grands ateliers de mécanique.

Lorsque la distance est grande et qu'il s'agit non seulement d'un transport, mais encore d'une distribution d'énergie directement applicable à la lumière, la force à domicile et la traction des véhicules, les choses se compliquent. Les systèmes divers ne présentent pas une supériorité absolue, mais toute relative et limitée à des applications spéciales, et le coût du transport peut dépasser le coût de la création sur place de l'énergie par le moyen de machines à vapeur.

Tout transport de force a pour organes communs : un moteur, une dynamo, la ligne de transmission et un moteur électrique. Certains systèmes permettent

en outre de transformer, soit au départ, soit à l'arrivée de la ligne, le courant, en modifiant sa tension ou son espèce.

Le travail mécanique représenté par le courant est toujours, en un point donné, proportionnel au produit de l'intensité par la tension.

La perte d'énergie le long des conducteurs se traduit par une perte de tension proportionnelle à l'intensité. Il s'ensuit que pour avoir à la fois une grande énergie transportée et une faible perte, il faudra une tension très élevée.

La difficulté d'obtenir et d'utiliser ces hautes tensions est l'élément principal de la diversité des différents systèmes.

Les quatre systèmes actuels emploient : 1<sup>o</sup> le courant continu; 2<sup>o</sup> le courant alternatif à simple phase; 3<sup>o</sup> le courant alternatif triphasé; 4<sup>o</sup> le courant alternatif biphasé.

#### 1<sup>o</sup> Courant continu.

Le principe même de la construction des machines qui livrent ce courant s'oppose à sa production facile à très haute tension, et en pratique on ne dépasse guère 3000 volts. Il est très aisément du reste d'additionner un nombre de machines quelconque pour obtenir une tension aussi élevée que l'on voudra.

Les *avantages* du système sont : la facilité du réglage du courant, et son danger relativement moindre. Les générateurs et moteurs ont un rendement très élevé; la ligne de transmission n'exerce pas d'induction sur les circuits voisins. Les tableaux

de réglage sont très simples, la mise en marche et l'addition des courants de plusieurs machines très simples aussi. Les parafoudres peuvent être employés avec bobines d'induction, ce qui donne une sécurité supplémentaire sans perte appréciable d'énergie.

Les *inconvénients* résident surtout dans la difficulté d'employer à l'arrivée le courant à haute tension. Il faut le transformer pour la lumière et les petits moteurs, ainsi que pour la traction, en courant à basse tension. Cette transformation exige des machines qui ne peuvent fonctionner sans surveillance, et le rendement de ces machines introduit une perte d'énergie assez notable. Lorsque les générateurs sont de très grande puissance, l'addition de leurs courants est une gêne.

## 2<sup>e</sup> Courant alternatif à simple phase.

La construction des machines rend facile l'isolation des bobines induites, et par conséquent permet d'obtenir sur une seule génératrice une tension élevée. On peut atteindre 5000 volts avec une sécurité suffisante. En outre, on peut transformer facilement le courant de haute à basse tension, ou inversement, avec un fort rendement, à l'aide de bobines d'induction fixes, appelées transformateurs. On peut donc admettre des génératrices à basse tension, tout en lançant dans la ligne de transmission une tension très élevée. On a été jusqu'à 13000 volts ; mais on tend à revenir à 10000 comme maximum.

Une ligne qui est parcourue par un courant alternatif est sujette à des *phénomènes spéciaux*. Le principal est l'induction sur les lignes voisines, qui peut

troubler les communications téléphoniques, et même parfois les télégraphes. On y remédie en rapprochant les fils d'aller et de retour, qui ont une action inverse, et ces actions s'annulent même complètement lorsque les inducteurs sont concentriques. En outre, la réaction du courant sur lui-même introduit une résistance supplémentaire qu'il faut compenser par un petit excès de cuivre. Si l'on place sur les mêmes poteaux deux circuits à courants alternatifs provenant de machines différentes de phases non concordantes, l'augmentation apparente de résistance peut devenir très importante.

On n'additionne jamais le courant de deux dynamos à courants alternatifs à moteurs indépendants pour augmenter la tension. Un des courants aurait la tendance à annuler l'autre; mais on peut additionner les courants de même tension pour augmenter l'intensité. Il faut pour cela que les phases soient concordantes, et certains alternateurs ne permettent pas ou permettent mal cette addition.

En résumé, les *avantages* de ce système consistent surtout dans la possibilité de fractionner à l'infini l'utilisation du courant en le transformant chaque fois. Il s'ensuit que les réseaux secondaires de distribution à basse tension peuvent être de faible dimension, ce qui donne une économie importante de conducteurs dans beaucoup de cas. L'isolation est un peu plus facile qu'avec le courant continu.

Comme *inconvénient*, on peut citer presque toutes les autres propriétés du courant alternatif, et, en sus, la difficulté des moteurs.

Ces moteurs se divisent en deux classes, basées sur la méthode de mise en marche. Les moteurs *syn-*

*chrones* ont un assez bon rendement; mais ils ne peuvent se mettre en marche tout seuls, et il faut une source étrangère d'énergie pour leur faire acquérir leur vitesse de régime, qu'ils conservent ensuite sans secours. Les moteurs *asynchrones* peuvent se mettre en marche tout seuls, mais à condition de ne pas être en charge, et malgré ce fait ils exigent un courant très intense pour le démarrage.

Ces deux espèces de moteurs sont donc loin d'être parfaits.

### 3<sup>e</sup> Système triphasé.

Un alternateur triphasé ressemble beaucoup à un alternateur à une seule phase; mais, pour un même nombre d'inducteurs, il y a  $\frac{3}{2}$  fois plus d'induits, et ces induits livrent trois courants distincts, différent entre eux d'un tiers de phase. Il faut trois conducteurs, dont chacun sert de retour aux deux autres, et réciproquement.

Les moteurs mis en marche par ces courants ressemblent beaucoup aux machines qui les créent, et ils ont à peu de chose près les mêmes propriétés que les moteurs à courant continu.

Chaque courant peut être transformé à part, et servir ainsi à une distribution de lumière; mais celle-ci n'est bonne que si la dépense est égale sur les trois courants, chose presque impossible à réaliser.

Ce système ne supprime parmi les *inconvénients* du courant alternatif que ce qui concerne les moteurs; des inconvénients nouveaux apparaissent pour la lumière, et pour les phénomènes spéciaux d'induction sur la ligne.

Lorsqu'il s'agit de transmettre de la force seulement, il réalise en revanche l'*avantage* sur les courants continus d'une transformation facile, ce qui permet d'avoir des générateurs à basse tension.

#### 4<sup>e</sup> Système biphasé

C'est encore un alternateur dérivé de celui qui donne les courants alternatifs ordinaires qui est employé; mais il présente, pour un même nombre d'appendices polaires inducteurs, deux fois plus de bobines induites. Ces bobines fournissent deux courants indépendants différant d'une demi-phase, et qui peuvent être employés soit avec quatre conducteurs, ce qui les sépare complètement, soit avec un conducteur de retour commun. Dans ce cas, la ligne est à trois fils, et plus économique.

Ce système résout à la fois les difficultés des moteurs alternatifs et celle de l'indépendance de la lumière.

Les *inconvénients* résident dans ce fait que les moteurs, pour avoir leur plus grand rendement, ne devraient recevoir que des courants à basse fréquence, tandis que la lumière exige un minimum de fréquence beaucoup plus élevé. Les phénomènes spéciaux sur la ligne restent les mêmes à peu près qu'avec les courants triphasés.

Quand il s'agit de déterminer dans un cas particulier le système à choisir, le plus sage est encore de faire une comparaison limitée au cas à étudier, car aucun ne paraît encore devoir supplanter tous les autres d'une manière générale.

Pour établir le prix du transport, il suffit d'additionner les frais des divers éléments qui le comportent, frais qui peuvent être ramenés à l'unité du cheval transmis, sauf la ligne, qui dépend d'une manière plus spéciale du rendement adopté.

On peut évaluer les frais de création d'une chute hydraulique de 150 à 1500 fr. par cheval transmis; les bâtiments, de 10 à 100 fr.; les turbines, de 25 à 130 fr.; les dynamos, de 60 à 150 fr.; le tableau de réglage, de 5 à 30 fr.; et enfin les moteurs, de 50 à 120 fr., le tout par cheval transmis. La ligne coûtera une somme de 3000 à 8000 fr. par kilomètre, plus 2 fr. par kilog. de cuivre.

S'il y a des transformateurs à l'origine, on peut les taxer de 30 à 140 fr., et à l'arrivée, de 25 à 120 fr. par cheval.

On arrive ainsi, sans ces derniers appareils, de 300 à 2030 fr. par cheval, et en comptant, sans base bien sérieuse, il est vrai, 100 à 500 fr. pour la ligne, on arrive de 400 à 2530 fr. par cheval.

Avec ce dernier prix, on peut admettre qu'il est plus avantageux d'installer sur place des machines à vapeur, à moins que l'utilisation de l'énergie transmise n'atteigne un très grand nombre d'heures par jour.

Cette question de l'utilisation de la force pendant le plus grand nombre d'heures possible est donc du plus grand intérêt pour les transports à grande distance de forces hydrauliques à prix relativement élevé.

Le prix le plus bas que nous avons indiqué, de 400 fr. par cheval, suppose des circonstances exceptionnellement favorables, et en outre la ligne ne peut

guère coûter 100 fr. par cheval que s'il y a double transformation, ce qui amène une dépense supplémentaire de 55 à 260 fr. Le prix le plus bas qu'on puisse espérer n'est donc guère inférieur à 600 fr., et encore suppose-t-il une chute créée à très bas prix, et des machines dont le bon marché a pour corollaire une certaine imperfection.

