Utilisation rationnelle des forces naturelles hydrauliques au moyen de l'électricité : application spéciale à la Reuse

Autor(en): **Borel, François**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel**

Band (Jahr): **13 (1882-1883)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-88180

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

de la ville, qui, quoique pas très riches en matières organiques oxydables, en contiennent les produits d'oxydation en abondance.

En résumé, aucune des eaux potables de la ville de Neuchâtel ne répond aux conditions de l'hygiène. Toutefois celle qui, *en temps sec*, arrive du Seyon dans la conduite de la Société des eaux, laisse peu à désirer.

UTILISATION RATIONNELLE

DES

FORCES NATURELLES HYDRAULIQUES

AU MOYEN DE L'ÉLECTRICITÉ

APPLICATION SPÉCIALE A LA REUSE

Par François Borel, ingénieur

Appelé à vous entretenir dans ce jour de fête d'un sujet pris dans le domaine des sciences physiques, je n'ai pas eu à chercher longtemps. Une question toute

d'actualité pour notre canton se présentait naturellement à mon esprit : c'était celle de l'utilisation de la force hydraulique de la Reuse au moyen des ressources merveilleuses que l'électricité vient de mettre à la disposition de l'industrie.

Avant d'aborder ce sujet spécial, il ne sera pas inutile de dire quelques mots des forces naturelles en général.

Ces forces nous entourent de tous côtés et nous en voyons partout les effets. Ici, c'est le vent qui, tantôt soufflant avec fureur, soulève des vagues immenses, tantôt moins irrité, gonfle doucement les voiles d'un navire. Là, c'est l'attraction du Soleil et de la Lune qui, agissant comme de gigantesques aimants, fait tour à tour reculer l'océan vers les profonds abîmes pour le repousser ensuite au-delà de ses bornes.

Ailleurs, c'est un flot de lave, qui s'écoule du sommet d'un volcan, brûlant et dévastant tout sur son passage.

Ailleurs encore, ce sont des torrents, des rivières, des fleuves, dont les eaux, pour retrouver la mer, se précipitent en cascades bouillonnantes, obéissant passivement à l'inflexible loi de la pesanteur, qui les condamne à ce voyage forcé sans cesse renouvelé.

En plein océan même, le navigateur rencontre sur son passage des fleuves immenses, qui tranportent d'une manière régulière la chaleur superflue des zones torrides vers les froides régions polaires.

Pour procéder avec ordre dans ce dédale de forces naturelles, il est nécessaire d'établir une classification.

Nous avons à choisir entre des classifications basées, soit sur la régularité de ces forces, soit sur la

facilité plus ou moins grande que présente leur utilisation, soit enfin sur les éléments qui les transmettent ou encore sur les causes qui les produisent.

Nous aurions alors, suivant que nous nous attacherions à l'une ou l'autre de ces bases :

1° Des forces régulières, cours d'eau intarissables ; des forces périodiquement régulières, marées, vents alizés ; des forces irrégulières, vents, vagues, chaleur solaire, etc.

2° Des forces que l'on pourrait qualifier de forces sauvages et de forces domestiques. Cette division, qui paraît très simple, serait cependant bien incomplète et quelque peu sujette à contestation, car tel ruisseau, domestique un jour, peut devenir souvent sauvage le lendemain, témoin les récents méfaits du Seyon habituellement si pacifique.

3° Des forces engendrées par l'eau, le feu ou l'air.

4° Enfin la classification se rattachant aux causes des forces nous donnerait comme les trois causes primordiales : la chaleur solaire, l'attraction universelle et la chaleur centrale.

Cette dernière classification serait certainement la meilleure aux yeux des physiciens et des astronomes, mais au point de vue du mécanicien, la précédente est préférable et c'est à celle-là que je m'arrêterai.

Je ne m'attarderai pas à parler des forces produites par les vents et la chaleur. Chacun connaît plus ou moins les moulins à vent et les machines à vapeur, et une discussion sur la possibilité d'utiliser la chaleur centrale de notre globe, quelque intéressante qu'elle puisse être, nous éloignerait trop de notre sujet spécial.

Je bornerai mon travail à l'étude des forces engendrées par l'eau, c'est-à-dire aux forces hydrauliques, comme elles sont appelées en mécanique.

Toutes les forces hydrauliques ne se prêtent pas également bien aux besoins de l'industrie ; aussi ne voyons-nous utilisées jusqu'à nos jours que les forces fournies par des cours d'eau de débit relativement constant. La raison en est très simple.

Les travaux industriels exigent une force régulière et continue, or ni vagues ni marées ne réalisent ces conditions. Ces dernières, il est vrai, arrivent à heures déterminées et il est possible de songer à obtenir un travail continu, par un emmagasinage intelligent de la force produite périodiquement. Plusieurs projets bien étudiés, qui réalisaient cette condition, ont été présentés, mais les frais énormes que leur exécution aurait occasionnés n'étaient pas en rapport avec les avantages qu'ils pouvaient procurer. De plus, ces projets avaient l'inconvénient majeur d'exiger l'utilisation de la force à l'endroit même où elle était créée. Les cours d'eau réguliers, capables de donner sans grands frais une force continue, présentent aussi ce même grave défaut, et c'est l'obligation d'utiliser la force au point où on la rencontre dans la nature qui a été en réalité le seul obstacle à la réussite des grandes entreprises de ce genre. Il est compréhensible, en effet, que le seul avantage d'obtenir la force motrice à bon marché ne suffise pas à tenter un industriel de quitter une localité où tous ses ouvriers sont établis depuis longtemps, où ils ont leurs parents, leurs amis, un petit coin de terre peut-être. L'industriel assez courageux pour tenter une pareille entreprise devrait songer à former un personnel tout nouveau, travail

presque impossible dans beaucoup d'industries et en tout cas long et coûteux.

Nous avons vu faire cette expérience malheureuse en Suisse, à Schaffouse et à Fribourg. Devons-nous jeter la pierre contre les promoteurs de ces entreprises audacieuses ? Loin de là. Ces travaux considérables, qui paraissent inutiles maintenant, ont certainement l'avenir pour eux. Nous pouvons même les considérer comme des précurseurs méconnus, engendrés par le génie du siècle, qui voulait ainsi faciliter les premiers pas à l'électricité, ce Benjamin de la physique, qui paraît vouloir supplanter ses sœurs aînées, la lumière et la chaleur, car, ainsi que nous le verrons bientôt, l'électricité permet non seulement de transporter la force à grande distance, mais encore elle la transforme suivant les besoins en lumière ou en chaleur.

Cette triple utilisation des grandes forces naturelles leur donne une valeur beaucoup plus considérable que si elles ne devaient être employées que comme force motrice, car si de grandes forces motrices ne sont pas utiles partout, il faut partout de la lumière et de la chaleur ; de plus, la facilité avec laquelle on divise ces éléments suivant les besoins locaux, en décuple encore la valeur, aussi n'est-il pas téméraire de supposer que, dans quelques années, la plupart des cours d'eau situés dans des coins reculés où personne ne songeait à les utiliser, concourront aussi à la prospérité et au bien-être général.

Ces propriétés de l'électricité rendent possible, non seulement l'utilisation des forces hydrauliques régulières, mais encore, grâce à l'invention des accumulateurs, qui permettent de l'emmagasiner pour la con-

server ou la transporter, il est à prévoir que tôt ou tard les forces irrégulières et tout particulièrement les marées donneront lieu à des applications importantes dont l'extension serait presque illimitée.

Passons maintenant à l'étude des moyens qui permettent de transporter et de diviser dans notre pays tout entier l'immense force motrice de la Reuse au moyen de l'électricité.

La seule partie du cours de la Reuse où se trouvent des chutes disponibles est comprise entre le Furcil, au-dessous de Noiraigue, et les moulins de Boudry.

Je ne m'arrêterai pas à discuter longuement s'il est préférable d'utiliser l'eau en une seule chute ou en plusieurs chutes. Dans un avant-projet que M. Edouard Berthoud et l'auteur de cette notice ont présenté à l'appui d'une demande en concession de cette force, nous nous sommes arrêtés au second système, prenant en considération la probabilité que la partie demandée, la moitié environ de la chute totale, suffirait pendant plusieurs années aux besoins du pays ; il nous paraissait imprudent de faire des dépenses inutiles, dont la conséquence inévitable serait la nécessité d'exiger un prix plus élevé pour la vente de l'énergie électrique, ce qui entraverait sa vulgarisation. Au reste, la partie non utilisée pouvait être employée le jour où le besoin s'en ferait sentir, sans gêner en rien les travaux du premier tronçon.

Quelle que soit la manière dont on procèdera pour ces travaux, la différence de niveau entre le Furcil et Boudry étant d'environ 250 mètres, on disposerait, en eau basse estimée à 3 mètres cubes par seconde, d'une force brute de 10000 chevaux. En tenant

compte de la perte de chute nécessaire pour produire l'écoulement de l'eau dans le canal qui l'amènerait aux récepteurs hydrauliques, perte de chute qui serait d'environ 30 mètres, et en supposant à ces récepteurs un rendement de 75 %, il resterait de disponible sur les transmissions une force nette de 6600 chevaux. C'est cette force-là qu'il s'agit d'utiliser au moyen des ressources de l'électricité. La première opération consiste à la transformer en énergie électrique. Il y a quelques années seulement, nous aurions été fort embarrassés devant un pareil problème ; mais aujourd'hui, nous n'avons que l'embarras du choix des systèmes de machines, et quel que soit le modèle employé, qu'il porte le nom de Méritens, de Gramme, de Siemens ou d'Edison, nous savons, en nous basant sur des expériences publiées par des savants distingués, qu'il est possible d'arriver à un rendement du 90 %.

Pour faire comprendre ce que signifie ce chiffre, il est nécessaire de dire quelques mots du récepteur électrique, c'est-à-dire de la machine qui a pour but de retransformer l'électricité en force motrice. Cette machine, chose extraordinaire, est identique à la première, et lorsqu'elle est reliée à celle-ci par un conducteur, elle se met en mouvement, mais dans le sens inverse.

Le chiffre que j'ai cité veut dire que, si on applique à la première machine une force de 100 kilogrammètres, elle en transforme le 90 % en électricité ; sur ces 90 kilogrammètres, entrant sous forme d'électricité dans la seconde, 10 % sont perdus et les 90 %, soit 81 kilogrammètres, se retrouveront sous forme de force sur l'arbre de cette machine.

On voit ainsi que les machines électriques sont bien près de la perfection et qu'elles ne peuvent être améliorées que dans des limites très restreintes ; leur rendement égale ou surpasse déjà celui des meilleurs récepteurs hydrauliques.

La force motrice étant transformée en énergie électrique, il s'agit maintenant de la conduire dans chacune des localités où elle doit recevoir son utilisation.

Nous disposons de deux moyens de transport :

Le premier serait l'emploi des accumulateurs dont j'ai déjà parlé et qui consistent presque toujours en lames de plomb mises en contact avec un mélange d'eau et d'acide sulfurique. Ce système, à côté d'avantages réels pour certains cas particuliers, présente de graves inconvénients qui n'ont pas encore pu être écartés, aussi je ne m'y arrêterai pas et je passe directement au second moyen, la canalisation électrique.

Sous le nom de canalisation électrique, on comprend tout conducteur métallique isolé placé entre la source et le récepteur électrique. Ce conducteur peut être un métal quelconque ; mais le cuivre pur étant celui qui, à section égale, offre le moins de résistance au courant électrique, c'est le métal aujourd'hui exclusivement employé pour cet usage. Il n'y a d'exception que pour les fils télégraphiques aériens, qui sont en fer et quelquefois en bronze.

La canalisation peut être soit aérienne, soit souterraine. Pour des installations provisoires, des fils aériens peuvent suffire, mais pour des installations définitives, une canalisation souterraine est seule admissible. Il suffirait en effet d'une bourrasque qui renverserait quelques supports ou d'un malveillant qui

couperait un conducteur pour interrompre subitement le travail dans les usines auxquelles il communique la vie, ou pour plonger, au milieu de la nuit, une localité tout entière dans les ténèbres. Il faut aussi compter avec le danger qu'une pareille installation ferait courir aux personnes qui, par curiosité ou pour tout autre motif, toucheraient les conducteurs principaux chargés d'électricité à haute tension : la mort en serait la suite infaillible. Revenons-en à la canalisation et voyons quelles dimensions devraient avoir les conducteurs.

La perte du 20 % environ entre le travail transmis au générateur d'électricité et le travail récupéré par la machine réceptrice n'existe que lorsque les deux machines sont peu éloignées l'une de l'autre. On a cru longtemps que cette perte augmentait si rapidement avec la distance qu'il ne fallait pas songer à une utilisation économique du transport de l'énergie par l'électricité au-delà de quelques kilomètres. Une étude plus approfondie de la question a bientôt appris que ces craintes n'étaient nullement fondées et qu'il y avait deux moyens de résoudre le problème.

Le premier consiste à placer une liaison d'autant moins résistante entre la machine génératrice et la machine réceptrice que la distance est plus grande. Ainsi, lorsque deux machines ont donné, par exemple, un rendement de 60 % à 2 kilomètres de distance, avec un conducteur de 100 millimètres carrés de section, il suffira de prendre un conducteur deux fois plus gros, c'est-à-dire ayant une section de 200 millimètres carrés, pour obtenir ce même rendement de 60 % lorsque les deux mêmes machines seront à une distance double ou de 4 kilomètres.

Cette méthode, très simple en théorie, présente en pratique le grave défaut d'être très coûteuse, car pour des forces un peu considérables, les conducteurs devraient avoir des dimensions énormes et le cuivre est cher.

Le second moyen est heureusement très économique, puisqu'en théorie, un rendement déterminé peut être obtenu aussi bien avec un conducteur de faible section qu'avec un conducteur de grande section. Il suffit d'une modification dans la construction des machines.

Pour faire comprendre l'exactitude de cette solution qui, au premier abord, paraît être une impossibilité, il est nécessaire de faire une petite incursion dans les formules électriques.

Le travail transmis par un courant électrique dépend d'un produit de deux quantités ; l'une, appelée *intensité,* est la quantité d'électricité qui passe en une seconde; l'unité d'intensité porte le nom d'ampère ; l'autre, appelée *tension* ou force *électromotrice*, a pour unité le volt.

Ces deux appellations d'intensité et de tension correspondent à ce qu'en hydraulique on comprend par quantité d'eau et pression ou hauteur de la colonne d'eau. Or, on sait qu'une certaine quantité d'eau, soumise à une pression déterminée, produira le même travail qu'une quantité deux fois plus faible, soumise à une pression double. Dans le second cas, le tuyau nécessaire à l'écoulement pourra être plus petit que dans le premier.

Il en est de même pour le transport de l'énergie par l'électricité. La perte de travail résultant des conducteurs interposés entre les machines augmente

proportionnellement au carré de l'intensité du courant, tandis qu'elle n'augmente qu'avec la première puissance de la résistance du conducteur. Il suffit donc, pour diminuer la perte de travail sans changer la résistance du conducteur, de diminuer l'intensité du courant tout en augmentant sa tension.

Le procédé qui permet de transformer le courant électrique d'une machine en un autre courant de même puissance, mais d'une plus grande tension et d'une plus faible intensité, est des plus primitifs. Il suffit de prendre un fil plus fin pour constituer les bobines des machines électriques ; avec un fil d'une section deux fois plus faible et par conséquent d'une longueur deux fois plus grande pour remplir la même bobine, on obtient un courant dont l'intensité n'est que la moitié du précédent, mais avec une tension double, et ainsi de suite. Il y a sans doute une limite pratique à ces transformations, mais elle laisse une marge immense aux applications qui en seront faites.

Il y a trois mois qu'une transmission de force, basée sur ce principe, a été essayée entre Munich et Miesbach, c'est-à-dire entre deux villes éloignées de 57 kilomètres, au moyen de machines assez primitives, et en utilisant comme conducteurs des fils télégraphiques ordinaires. Cette expérience a permis de préjuger ce qu'on peut attendre d'une installation définitive, car dans ces conditions, le rendement, au dire de M. Marcel Deprez, l'auteur de cet essai, était déjà le 30 %.

Au lieu de créer un courant doué d'une force électromotrice considérable, par le moyen d'une seule grande machine à fil fin, il est possible d'arriver au même résultat en utilisant plusieurs petites machines

placées l'une à la suite de l'autre, exactement comme on le fait avec des éléments de pile.

Cette méthode est même préférable, puisqu'elle permet l'emploi des machines qui existent dans le commerce, sans leur faire subir aucune modification.

On conçoit très bien en effet que, par cette disposition, le courant de la première machine, en passant au travers de la seconde, en sortira avec une tension double, à laquelle s'ajouteront successivement les tensions produites par la seconde machine, la troisième et ainsi de suite jusqu'à la dernière.

De cet arrangement, il résulte encore que la différence de tension dans les divers organes d'une machine est toujours faible, ce qui ne peut qu'être avantageux à son bon fonctionnement.

Cette manière d'augmenter la tension d'un courant permet aussi de comprendre pourquoi la transmission de la force avec de hautes tensions électriques diminue la perte provenant de la résistance des conducteurs. En effet, si l'on se représente une machine unique produisant un courant déterminé, ce courant est forcé de vaincre l'inertie du conducteur en mettant en quelque sorte les molécules du métal dans un état particulier qui laisse libre le passage. Si l'on envoie au même instant, au travers du même fil le courant d'une seconde ou d'une troisième machine semblable, il n'y aura plus de travail employé pour ouvrir le passage, puisqu'il est maintenu libre par le courant de la première, et il arrivera tout entier à l'extrémité du conducteur.

Ce principe, appliqué à la canalisation de l'électricité, permet d'utiliser des conducteurs de petits diamètres pour des transports considérables de force.

On trouve ainsi que pour transporter une force initiale de 1000 chevaux avec une perte de moitié environ à une distance de 20 kilomètres, longueur approximative d'un câble partant du fond des Gorges de la Reuse, au-dessous de Trois-rods, à la Chaux-de-Fonds, un câble conducteur de 9 millimètres de diamètre, soit à peu près la grosseur d'un crayon, serait suffisant et cela en supposant une tension de 5000 volts, ce qui n'est nullement exagéré.

La canalisation de l'électricité peut donc se faire dans des conditions pratiques, avec une dépense relativement faible.

Nous pouvons ainsi supposer que le réseau des conducteurs est placé ; il ne reste plus qu'à distribuer l'électricité dans tous les points où son application est réclamée.

Pour cette distribution, il y a lieu de faire deux catégories : celle des grands et celle des petits consommateurs.

Les consommateurs d'une grande quantité d'énergie électrique pourraient recevoir directement une dérivation de la canalisation principale, tandis que pour alimenter les petits consommateurs, il serait nécessaire d'établir une canalisation locale distincte, dans laquelle on ferait circuler un courant électrique d'une tension de 200 volts seulement, afin d'éviter les accidents qui ne manqueraient pas de se produire avec les courants à haute tension.

Cette transformation de tension se fait très aisément au moyen de deux machines placées sur un même arbre. La première, à fil fin, reçoit le courant de haute tension et agit comme moteur pour mettre en mouvement la seconde, à fil de gros diamètre, d'où l'électricité s'écoule dans le canal local à la tension voulue.

Rien n'est plus simple alors que de relier le consommateur à ce canal au moyen d'un conducteur, plus facile à placer, vu son faible diamètre et sa souplesse, que n'importe quel tuyau pour l'eau ou le gaz.

L'énergie électrique, mise ainsi à la disposition de tous, administrations municipales, sociétés et particuliers, voyons rapidement si, dans les conditions actuelles de notre vie sociale, elle a des services immédiats à rendre, en se substituant avantageusement à d'autres agents, et si peut-être nous n'avons pas à attendre d'elle quelque heureuse révolution humanitaire.

Cette question nous conduit tout naturellement à passer en revue les différentes formes sous lesquelles l'énergie électrique peut être utilisée chez nous.

Premièrement, comme *force motrice.*

Notre canton possède une soixantaine de machines à vapeur, qui représentent une force totale de 500 chevaux environ. Il n'y a pas à douter que la plupart des propriétaires de ces machines, si ce n'est tous, les remplaceraient par un moteur électrique, aussitôt que la nouvelle force motrice pourrait leur être livrée à un prix beaucoup plus modique que celle de la vapeur. Pour eux, tout serait profit : plus de temps perdu pour le chauffage, plus de combustible encombrant, plus de chauffeur subissant des alternatives malsaines de chaud et de froid, la simple pression du doigt sur un bouton remplacerait le tout ; de plus encore, suppression absolue de tout danger d'explosion et d'incendie, et enfin mise en disponibilité du grand espace occupé précédemment par la machine à vapeur et son combustible, car le moteur électrique prend peu de place.

Voilà pour les moteurs d'une certaine importance.

Quant aux petites forces qu'il était presque impossible jusqu'à maintenant de se procurer à domicile, l'électricité en généralisera l'emploi par la facilité avec laquelle elle peut être divisée économiquement et mise ainsi à la portée de tous. Il semble que l'on puisse être assuré qu'aussitôt la canalisation électrique locale établie, chaque ouvrier, dont le métier exige la dépense d'une certaine force pour faire mouvoir son outil, y substituerait la force électrique. Par ce moyen, combien plus de travail produit avec moins de fatigue, que de maladies évitées, et cela pour une minime dépense de quelques centimes par jour.

Voilà quels sont les besoins auxquels l'électricité, comme force motrice, aura à répondre en premier lieu ; mais elle pourrait étendre considérablement encore son action dans ce domaine.

Pourquoi ne verrions-nous pas chez nous, comme ailleurs, des chemins de fer électriques ? Il en existe à l'étranger déjà plus de 150 kilomètres, pour lesquels les générateurs d'électricité sont mus par la vapeur. Pour nous, qui avons l'eau en abondance, ne serait-ce pas plus facile encore ? Un chemin de fer régional est en construction ; n'est-ce pas une occasion toute trouvée d'utiliser une partie de nos forces naturelles au lieu d'en faire venir à grands frais de l'étranger sous forme de coke ou de charbon.

Enfin, sans parler d'une foule de travaux qui, tant dans la vie publique que dans la vie particulière, tant chez le citadin que chez l'agriculteur, seront facilités par la force motrice électrique distribuée par les canalisations, on peut espérer que les accumula-

teurs, lorsqu'ils auront reçu des perfectionnements inévitables, rendront aussi des services réels.

Mais, si je poursuivais, je courrais le risque de me laisser entraîner par mon imagination ; passons donc sans plus tarder à une seconde application de l'énergie électrique, à *l'éclairage*.

Deux systèmes bien différents sont en présence ; le premier utilise l'arc voltaïque, le second, l'incandescence.

L'arc voltaïque ne pouvant produire que des foyers d'une grande intensité lumineuse, convient essentiellement à l'éclairage de grands espaces, gares de chemins de fer, halles, places publiques, boulevards, etc.

Le second système, l'incandescence, peut s'employer d'une manière beaucoup plus générale et remplacer pour tous les usages le gaz, l'huile et les bougies ; il se prête aussi bien à l'éclairage des rues qu'à l'éclairage domestique.

Chacun sait maintenant que les lampes à incandescence sont formées par un filament de matière végétale, fil de coton, lamelle de carton ou d'écorce de bambou, etc., carbonisé et placé dans un petit globe de verre parfaitement vide d'air. Bien construites, ces lampes peuvent fournir, paraît-il, de 800 à 1200 heures d'éclairage continu ou intermittent et donner une lumière variant suivant les dimensions du filament de charbon de 1 à 300 bougies.

L'incandescence du filament, produite par le passage du courant, procure une lumière d'une fixité complète, un peu plus blanche que celle du gaz, mais qui ne possède pas la teinte légèrement bleuâtre que l'on reproche à la lumière à arc.

Il ne suffit pas d'avoir un bon système d'éclairage,

il faut encore qu'il soit économique ; une expérience très simple nous fera voir que l'éclairage électrique répond complètement à cette exigence et que le gaz est détrôné par lui-même.

Cette expérience, souvent répétée, consiste à transformer une certaine quantité de gaz en force motrice, puis cette force motrice en électricité, enfin l'électricité en lumière à arc, et à comparer l'intensité de cette lumière à celle que fournit une même quantité de gaz, brûlée par les becs ordinaires. On trouve que la lumière électrique est de 15 à 20 fois plus grande que celle du gaz. Il est juste de dire que la différence serait moins grande si, au lieu de lumière à arc, on avait employé des lumières à incandescence pour établir la comparaison.

Or, si la lumière électrique est déjà économique lorsqu'elle est produite indirectement par le gaz qui coûte cher, ne le sera-t-elle pas à plus forte raison lorsque la force productrice ne coûtera rien, qu'il n'y aura à payer que l'intérêt des installations et à remplacer les filaments de charbon détruits par un long usage ?

Quelques pessimistes ont émis l'idée que la lumière électrique était dangereuse pour l'organe de la vue. Heureusement, les essais faits sur les yeux de quelques animaux, avec de grandes intensités lumineuses ont prouvé que cette opinion était erronée. Il y a mieux encore, c'est l'expérience directe faite depuis plus de 4 ans dans les ateliers d'une grande société d'électricité, éclairés par de puissantes lumières à arc. Pendant toute cette période, à ce que m'a assuré l'an dernier, au congrès des électriciens, à Paris, un des ingénieurs de cette société, il n'y a eu aucune

maladie des yeux chez les ouvriers ou, pour être vrai, disait-il, il y en a eu une, mais qui tenait à une tout autre cause : un ouvrier s'étant placé trop près d'un moteur à gaz en travail, au moment où la flamme était chassée avec violence, en eut les paupières légèrement brûlées ; l'électricité était donc étrangère à cet accident.

Dans un autre domaine, on a craint que la concurrence de la lumière électrique ne devînt une cause de ruine pour les sociétés de gaz. Cette opinion paraît aussi peu fondée que celle formulée par quelques membres de la Chambre des députés à Paris, qui, en 1823, voulurent s'opposer à l'introduction du gaz, craignant de voir tomber la fabrication des bougies et des chandelles. Le ministre répondit spirituellement que, de même que la bougie n'avait pas causé de grands dommages aux lampes à huile et aux chandelles, de même aussi l'éclairage au gaz ne nuirait en rien à l'industrie de la stéarine. Cette idée s'est si bien réalisée qu'il suffit de consulter la statistique pour se convaincre que cette industrie n'a fait que progresser depuis. Pourquoi? parce que la lumière appelle la lumière, et déjà maintenant, les compagnies de gaz savent très bien que là où l'on a fait des applications de la lumière électrique, là on vend beaucoup plus de gaz. Une usine, celle d'Amsterdam, loin de craindre la concurrence de l'éclairage électrique, a voulu profiter des avantages qu'il offre et l'a même introduit dans ses bureaux pour remplacer le gaz.

Sans m'arrêter à développer les avantages particuliers de la lumière électrique, je passe à une troisième application du courant électrique, celle de sa transformation en chaleur.

Lorsque j'ai parlé de la perte de travail occasionnée par les conducteurs qui relient les machines productrices aux machines réceptrices d'électricité, plusieurs ont pu croire que cette perte provenait de la mauvaise isolation de ces conducteurs, qui permettait à une fraction notable du courant électrique de s'échapper.

Une perte semblable existe sans doute; mais avec une canalisation souterraine bien établie, elle est si faible qu'on peut la négliger complètement.

La perte signalée provient en réalité de ce que l'électricité doit vaincre la résistance que le conducteur oppose à son passage et pour cela développer un certain travail; or tout travail produit un effet quelconque, car de même qu'il n'y a pas d'effet sans cause, on ne peut pas concevoir une cause sans effet. Ici, le conducteur n'étant soumis à aucune action extérieure, le travail consommé au-dedans de lui ne peut se traduire que par une augmentation de sa température.

La quantité de chaleur développée dans un circuit déterminé par un courant d'intensité connue est même très simple à calculer exactement: elle est égale pour l'unité de temps au quotient de la résistance du circuit et du carré de l'intensité par le nombre 425, admis généralement pour l'équivalent mécanique de la chaleur.

Sans vouloir prétendre que l'électricité prendra un grand développement comme moyen de chauffage, on peut prévoir cependant qu'elle ne restera pas sans applications dans ce domaine. On a calculé en effet, qu'en brûlant du combustible sous une chaudière à vapeur, en transformant ensuite cette vapeur en force motrice, mettant en mouvement une ma-

chine électrique, la chaleur fournie par la transformation de l'électricité pour le chauffage d'un appartement serait encore le 8 % environ de celle dégagée par le combustible, c'est-à-dire qu'elle serait égale à celle produite par la même quantité de combustible, totalement brûlée dans une cheminée en pierre. Le chauffage électrique donnerait à peu près le même rendement que le chauffage par la vapeur et n'en présenterait pas les graves inconvénients.

La possibilité d'utiliser, sans trop de désavantage, l'électricité comme agent de chauffage lorsqu'elle est produite par la vapeur étant démontrée, on comprend que lorsqu'elle pourra être engendrée par une force naturelle, son prix en permettra de nombreuses applications. J'ai fait dans cette voie quelques expériences dans mon laboratoire, et c'est vraiment merveilleux de voir, malgré la petite quantité d'électricité dont je dispose, avec quelle rapidité je cuis un œuf ou je prépare un grog bouillant. Pour donner une idée concrète de la chaleur dont on pourrait disposer avec la force de la Reuse, j'ai calculé que la chaleur que restituerait l'électricité équivaudrait journellement à celle que produirait une vingtaine de bauches de tourbe brûlée dans un poêle ou à celle fournie par un wagon de houille de 10000 kilogrammes.

Je ferai remarquer en passant que cette quantité de houille n'est pas celle qu'il faudrait brûler pour obtenir une force motrice égale à celle distribuée par l'électricité. Pour produire cette force au moyen de la vapeur, il faudrait brûler 10 à 12 wagons par jour, sous des chaudières de grande puissance, ou 20 à 30 wagons sous les chaudières ordinaires de petites di-

mensions. Ces différences proviennent de la mauvaise utilisation de la chaleur dans les chaudières à vapeur; plus du 90 % sort par la cheminée, sous forme de fumée, d'air chaud ou de vapeur.

Dans certains cas, lorsque, par exemple, il faut une chaleur concentrée pendant un court espace de temps, l'électricité présente des avantages sérieux, et les essais déjà faits pour fondre quelques kilogrammes de métaux dans de simples creusets de graphite, peuvent nous faire espérer que cette application rendra d'utiles services à ceux qui travaillent les métaux précieux servant à la bijouterie et à la fabrication des boîtes de montres.

Les concessionnaires de la force motrice de la Reuse, quels qu'ils soient, Etat ou particuliers, auront tout intérêt à faciliter le développement de cette application, car pendant le jour, il leur restera en disponibilité la plus grande partie de la force qui, le soir, sera employée à l'éclairage.

Je n'ai plus maintenant à parler que d'une application industrielle de l'électricité, celle à l'électro-chimie. A ce propos, il n'est pas inutile de rappeler que c'est pour remplacer la pile dans les usages de la galvanoplastie qu'ont été inventées les machines dynamo-électriques, sans que l'inventeur se doutât qu'elles deviendraient le moyen de vulgarisation de l'éclairage et du transport des forces par l'électricité.

Dans notre pays, ce ne sera qu'une bien faible partie de l'énergie électrique fournie par la Reuse qui recevra cette application pour le dorage, l'argenture ou le nikelage, mais qui peut affirmer qu'il en sera toujours ainsi?

Il suffirait d'un chercheur intelligent, qui parvînt,

au moyen de cet agent mystérieux, toujours prêt à confondre les savants, à extraire l'aluminium, ce métal précieux dont nous foulons sous nos pieds le minerai, pour donner naissance à une grande industrie nouvelle.

Nous avons vu déjà tant de merveilles produites par l'électricité, que l'aluminium, sortant électriquement de la terre grasse, n'étonnerait personne.

Je m'arrête ici, le temps ne me permet pas de parler des milliers d'applications que pourra recevoir l'électricité, lorsque des accumulateurs perfectionnés permettront, sous un faible poids, de condenser une puissante énergie électrique; partout alors les forces naturelles se transformeront en électricité; moulins à vent, machines utilisant les vagues et les marées rivaliseront d'ardeur pour produire cet agent bienfaiteur si longtemps ignoré.

Peut-être verrons-nous encore tous nos trains de chemin de fer remorqués par des locomotives électriques, les mers sillonnées de navires dans les flancs desquels la force destructrice des tempêtes, transformée en électricité, obéira docilement au doigt du pilote; enfin même des vaisseaux aériens mus par d'immenses hélices...

Mais ne poursuivons pas, laissons ces rêves d'aujourd'hui qui seront peut-être des réalités demain; contentons-nous de désirer que chacun, dans notre pays, puisse être bientôt à même de recevoir dans sa demeure un petit filet de cette électricité bienfaisante qui, tour à tour, suivant ses besoins et les heures de la journée, lui tiendrait lieu de luminaire, de combustible ou de moteur. Nous savons que la chose est possible. Travaillons donc chacun dans la mesure

de nos forces à hâter le moment auquel notre canton sera doté de ce nouvel agent de prospérité et de bien-être.

Déjà, nos autorités s'en occupent, et les lumières dont elles s'entourent avant de trancher cette question nous donnent la ferme assurance que, quelle que soit leur décision, elle sera pour le plus grand bien de notre cher pays.

SUR LE PASSAGE DE VÉNUS

OBSERVÉ A NEUCHATEL LE 6 DÉCEMBRE 1882

Par M. le Dr Hirsch

L'importance astronomique et la rareté du phénomène séculaire du passage de Vénus obligeaient les observatoires de l'Europe, qui pouvaient en voir au moins le commencement, à tout préparer pour cette observation, malgré les conditions météorologiques et astronomiques peu favorables dans lesquelles elle devait avoir lieu, et malgré le faible poids qui pourra