

# ÉLECTRICITÉ

## Comparaison entre le courant continu et le courant alternatif<sup>(1)</sup>

par M. MATHIVET, Ingénieur en chef des Travaux du jour aux Mines de Vicoigne, Nœux et Drocourt.

*L'auteur recherche les raisons qui, depuis quelques années, ont remis en faveur le courant continu pour la transmission de l'énergie.*

*Il rappelle les divers procédés employés pour transformer le continu en alternatif et inversement (M. Leblanc, Thury, Highfield). Il fait ressortir les avantages du moteur continu pour la traction électrique, l'extraction minière, la grosse métallurgie, l'électrolyse, l'électro-culture, l'éclairage.*

### A. — GÉNÉRALITÉS.

Il y a une huitaine d'années, lorsqu'il s'est agi de reconstituer les régions dévastées par la guerre et lorsque le problème de l'économie du charbon s'est posé devant nous avec un nouvel intérêt, plusieurs Ingénieurs ont étudié à fond les avantages respectifs de l'emploi du courant continu et des courants alternatifs pour résoudre les problèmes considérés.

Les Revues Techniques de 1919 et principalement la *Revue générale de l'Electricité* ont publié, à ce sujet, des articles très complets de M. BUNET, pour la question du transport de force et de M. MAUDUIT, pour la question de la traction électrique.

Il nous a semblé qu'il était intéressant, après huit années de travaux intensifs dans tous les domaines de l'application de l'électricité industrielle, de voir si les idées ou si les solutions qui avaient été préconisées en 1919 et qui, pour la plupart ont été réalisées, sont bien des solutions définitives et si la pratique a consacré leur succès.

Alors, en effet, qu'il semblait définitivement acquis, que dans le domaine de la transmission de l'énergie, les courants alternatifs l'emportaient de beaucoup sur le courant continu et que dans le domaine de la traction électrique, la prédominance devait légitimement revenir au courant continu, nous avons vu cependant depuis quelques années, ce dernier reprendre de la faveur pour la transmission de l'énergie à longue distance, tandis que le courant alternatif était utilisé de plus en plus pour la traction électrique : il nous paraît donc intéressant de rechercher quelles sont les raisons de ce chassé-croisé et d'une manière plus générale, de voir dans quelle mesure on doit préférer l'une des deux sortes de courant à l'autre.

Les courants alternatifs peuvent s'employer, tantôt sous forme de courant triphasé, tantôt sous forme de courant monophasé, ils peuvent également affecter plusieurs formes de fréquences ; savoir :

15, 25, 50, 60 p. : s.

Nous savons que lorsque l'on veut employer le courant alternatif en matière de traction électrique, il faut employer des basses fréquences, tandis que pour la lumière et les usages ordinaires, les fréquences élevées sont préférables.

Toutefois, il est arrivé qu'en présence de l'intérêt de l'unification des fréquences et de l'interconnexion nécessaire des réseaux dans un même pays, les partisans des courants alternatifs se sont ralliés en Europe à la fréquence de 50 périodes et ceci a pour ainsi dire entraîné l'adoption de l'emploi du courant continu pour la traction électrique, ce courant continu étant alors obtenu en transformant les courants alternatifs primaires, soit dans des commutatrices, soit dans des groupes moteurs génératrices, soit dans des redresseurs à vapeur de mercure, soit enfin dans l'appareil très original connu sous le nom de *transverter* de Highfield.

Cet appareil qui fut inventé en 1918 par M. Highfield, fut exposé à Londres en 1924.

Le principe du *transverter* est connu :

Il consiste à recevoir du courant alternatif triphasé dans des transformateurs statiques, comportant primaire et secondaire ; puis à multiplier les phases des primaires, ce qui multiplie également les phases des secondaires ; enfin à relier les phases ainsi multipliées des secondaires à un collecteur de dynamo, autour duquel tournent des balais collecteurs ; ces balais sont entraînés par un moteur synchrone et peuvent capter des courants continus, ayant une tension égale à la tension maxima des courants alternatifs des secondaires des transformateurs.

La multiplicité des phases des enroulements primaires est obtenue par des combinaisons d'enroulement dans ces phases, de telle sorte que les trois phases primaires donnent naissance à trente-six nouvelles phases décalées de 10°, les unes par rapport aux autres.

On peut ainsi arriver à recueillir des courants continus à plus de 100.000 V et à constituer des *transverters* d'une puissance de 5.000 kW.

(1) Extrait du *Bulletin de la Société Française des Electriciens*, 10-27.

On voit que si l'on veut réaliser avec cet appareil un transport de force à courant continu à haute tension, il suffira d'employer par exemple, une vingtaine de ces appareils pour obtenir 100.000 kW. Par contre, si l'on veut se contenter d'utiliser le courant continu à basse tension, on peut toujours le faire.

On retrouve dans cet appareil les idées directrices qui avaient guidé jadis M. Maurice Leblanc dans la construction de son *panchahuteur*.

Dans les pays, où malgré l'unification des fréquences, les réseaux de traction électrique sont restés en courant alternatif à basse fréquence, ces réseaux ont pour la plupart leur Centrale spéciale, en général hydraulique et constituent ainsi des îlots parfaitement autonomes et isolés.

D'ailleurs, et dans les pays où la chose était possible, c'est-à-dire dans les pays montagneux ou lacustres, pays où il était très facile d'installer des centrales hydrauliques spécialement affectées à un usage déterminé, on a généralisé l'emploi de la traction électrique en courant alternatif à basse fréquence et comme on s'est aperçu rapidement que le courant alternatif monophasé offrait de grands avantages de simplicité sur le courant alternatif triphasé, on a abandonné ce dernier courant pour l'électrification de certains chemins de fer, et on lui a préféré le courant alternatif monophasé à 16,2/3 p : s : c'est le cas de l'Autriche, la Suisse, la Bavière, la Suède, la Norvège et certaines contrées de l'Amérique du Nord.

Seule l'Italie est restée fidèle aux courants alternatifs triphasés pour ses lignes de traction électrique.

En ce qui concerne les lignes de transport d'énergie, il semble bien que, pour longtemps encore, les courants alternatifs restent la solution générale et il faut leur rendre cette justice que, malgré les défauts nombreux que présente leur emploi, ce sont eux qui ont permis de progresser d'une manière considérable dans l'électrification de nos pays, en se prêtant d'une manière très simple à l'unification des tensions de transport et à l'unification des tensions d'utilisation.

Il serait, en effet, tout à fait injuste de ne pas reconnaître que, c'est grâce à son extrême simplicité que le moteur asynchrone a pu se multiplier dans nos usines et permettre ainsi à l'électricité de conquérir des domaines qui, jusqu'alors, lui étaient inconnus.

D'ailleurs, dans cette conquête, le moteur asynchrone a été puissamment aidé par l'égalité simplicité et l'extrême souplesse des transformateurs statiques : la possibilité, en effet, de réaliser avec ces appareils, n'importe quelle puissance et n'importe quelle tension, ont permis de les installer dans n'importe quel endroit, soit même d'une manière absolument rustique et en leur associant des moteurs asynchrones, on a pu généraliser très rapidement l'emploi de réseaux à courants alternatifs offrant toutes les gammes de tension depuis 110 V jusqu'à 15.000 Volts.

Toutefois, cette extension de l'emploi des transformateurs statiques et des moteurs asynchrones s'est faite au détriment du rendement général de ces installations et de la mauvaise utilisation des stations génératrices, par suite du décalage inévitable que ces appareils produisent entre la tension de distribution et le courant d'utilisation.

Nous savons tous, en effet, que la question du facteur de puissance est loin d'être résolue et que les phénomènes perturbateurs qui se produisent sur les lignes de transport d'énergie à courants alternatifs, deviennent d'autant plus fréquents et

d'autant plus nuisibles que la tension de transport ainsi que l'intensité du courant sont de plus en plus élevés.

Il semble que l'on soit arrivé maintenant à l'extrême limite que la pratique puisse admettre, en adoptant des tensions de 100.000 et 200.000 V et des intensités de 300 à 500 A, et la puissance de 100.000 kW paraît rester, jusqu'à nouvel ordre, une puissance que l'on ne pourrait pas dépasser.

Ceci explique, que par exemple, au Transvaal, où étudie en ce moment, une ligne de transmission d'énergie dont l'artère centrale serait parcourue par du courant continu haute tension.

Ce sont donc les idées de M. Thury qui semblaient depuis longtemps reléguées dans l'oubli, qui reviennent à l'ordre du jour et il faut reconnaître que, si cette solution est pratiquement réalisable, elle sera de beaucoup supérieure à la solution par courant alternatif. L'expérience du transport de force de Moutier à Lyon, en France, a été, en effet, couronnée par le succès et malgré les critiques que l'on peut adresser à l'emploi de ce système, les Ingénieurs du Transvaal, ont l'intention de réaliser une ligne constituée de la manière suivante :

Station génératrice avec turbine hydrauliques et alternateurs, les alternateurs alimentant à côté d'eux des moteurs synchrones de grosse puissance, chacun de ces moteurs synchrones actionnant une ou plusieurs dynamos à courant continu, connectées en série entre elles et avec les dynamos des groupes voisins : on peut ainsi atteindre une tension de transport d'énergie de 200.000 à 300.000 V étant entendu que sur le parcours de la ligne, aucun prélèvement ne sera fait. Pour des intensités de 300 à 500 A, ceci permettrait de transporter des puissances pouvant aller jusqu'à 150.000 kW sans avoir les inconvénients du courant alternatif.

A l'extrémité de la ligne de transport d'énergie, des moteurs à courant continu, disposés en série, seront embranchés sur la ligne, ces moteurs actionnant des alternateurs distribuant l'énergie locale, sous forme de courant alternatif.

Nous avons figuré sur le tableau 1, le schéma représentatif de la solution que nous venons de décrire.

Nous avons également figuré sur notre schéma d'ensemble, la solution intégrale du transport en courant continu.

Cette solution ne diffère d'ailleurs de la solution mixte que par la suppression à la station de départ des alternateurs et des moteurs synchrones intercalés entre les turbines et les dynamos à courant continu.

A la station d'arrivée, les moteurs à courant continu, peuvent attaquer indifféremment des génératrices pour la traction électrique ou des alternateurs pour la distribution locale de la lumière et de la petite force motrice.

Nous voyons donc qu'à l'heure actuelle, les idées en matière de transport d'énergie et d'utilisation de courant, sont exactement inverses de celles que nous avons vu adopter depuis une vingtaine d'années ; il n'y a peut-être pas là un fait paradoxal et nous devons plutôt y voir le retour, à une tradition très ancienne, tradition qui voulait en tout état de cause que le courant continu soit la forme la plus logique de l'utilisation de l'électricité dynamique.

Après avoir ainsi rappelé quelle a été l'évolution des concepts en matière de solution générale, nous allons examiner maintenant dans les différentes applications du courant électrique quels

sont les arguments que l'on peut faire valoir en faveur du courant continu ou du courant alternatif.

## B. — APPLICATIONS (Voir tableau).

### a) Applications mécaniques

C'est surtout dans l'application des moteurs électriques à la commande des différents engins de travail, que le courant continu présente, sur le courant alternatif, un avantage marqué.

Il est, en effet, intéressant quel que soit l'outil que l'on a à commander, de pouvoir à volonté faire varier la vitesse de

cet outil; or, il faut reconnaître que les différents moteurs à courant alternatif ne se présentent pas à ce sujet sous un jour favorable, tandis que par l'emploi de rhéostats appropriés, placés soit sur l'induit, soit sur les inducteurs du moteur à courant continu, on peut toujours obtenir une variation de vitesse relativement grande.

Si donc, d'une part, le moteur à courant alternatif présente moins de difficulté d'exploitation, par suite de l'absence de collecteur, le moteur à courant continu, malgré la servitude de la surveillance des balais, présente plus de souplesse que son concurrent.

C'est ce qui a amené beaucoup d'ingénieurs à installer, dans

## COURANT ALTERNATIF

### STATIONS GÉNÉRATRICES

Turbo-alternateurs : Toutes puissances jusque 150.000 kw.  
Tension jusque 13.500 volts.

### ÉLÉVATION DE TENSION POUR TRANSPORT A GRANDE DISTANCE

Transformateurs statiques : Toutes tensions jusqu'à 220.000 volts.

### TRANSPORT D'ÉNERGIE

Câbles armés : Jusque 60.000 volts.  
Lignes aériennes : Toutes tensions jusqu'à 200.000 volts.

*Avantages* : Grande puissance transportée.  
Transformateurs statiques pour obtenir les tensions d'utilisation industrielles.

*Inconvénients* : Capacité et self-induction nécessitant de puissants condensateurs synchrones à l'arrivée.

### DISTRIBUTION ET UTILISATION.

a) **Ateliers** : Tous les moteurs ordinaires à vitesse sensiblement constante.  
Moteurs spéciaux à collecteur pour vitesses variables (délicats).

b) **Traction-Électrique** : Trolley seul. Courant alternatif triphasé direct : 10.000 à 15.000 volts à 25 pér. ou 16 pér. 2/3 (2 lignes de contact). Courant alternatif monophasé : 15.000 volts 16 pér. 2/3.

*Avantages* : Sous-stations très espacées avec transformateur statiques.

*Inconvénients* : Freinage en récupération très délicat.  
Centrales spéciales pour le monophasé.

c) **Mines** : Moteurs asynchrones ordinaires pour tous usages.  
Moteurs synchrones pour gros moteurs et améliorer le cosinus du réseau.  
Moteurs à collecteurs pour ventilateurs et usages spéciaux.

d) **Métallurgie** : Courant alternatif pour petits moteurs.  
Pour laminoirs. Courant alternatif peu employé.

e) **Electro-Métallurgie** : Fours à arc : Monophasés et triphasés de toutes puissances.  
Fours à induction.  
Fours à haute fréquence.

f) **Electro-Chimie** : Courant alternatif inutilisable pour Electrolyse.

g) **Appareils de levage** : Courant triphasé, mais avec peu de souplesse.

h) **Electro-Culture** : Courant alternatif pour tous les moteurs.  
Facilité de distribution.

i) **Divers** : (Télégraphique, Téléphonie, Signaux).  
Courant alternatif peu employé.

j) **ÉCLAIRAGE** : Les fréquences supérieures à 25 pér. sont seules acceptables.

## COURANT CONTINU

### STATIONS GÉNÉRATRICES.

Turbo-dynamos : Petites puissances.  
Tension jusque 5.000 volts maximum.

### ÉLÉVATION DE TENSION POUR TRANSPORT A GRANDE DISTANCE.

Couplage en série des génératrices.  
Transformation de l'alternatif en continu par le Transverter.

### TRANSPORT D'ÉNERGIE.

Câbles armés possibles jusqu'à 100.000 volts.  
Lignes aériennes possibles jusqu'à 300.000 volts.

*Avantages* : Capacité et self induction ne gênent pas.  
2 fils seulement pour le transport.

*Inconvénients* : Pertes en lignes constantes. Mauvais rendement à faible charge.

Groupes moteurs générateurs pour obtenir du courant continu à tension constante pour les usages industriels.

### DISTRIBUTION ET UTILISATION.

a) **Ateliers** : Tous les moteurs ordinaires à vitesse constante ou variable.

b) **Traction-Électrique** : Trolley : Tension jusque 3.000 volts.  
Sous-station de transformation. Avec moteurs générateurs dans le cas de distribution continue série.  
Sous-station de transformation : Avec commutatrices ou redresseurs dans le cas de distribution triphasée.

*Avantages* : Freinage facile par récupération.

*Inconvénients* : Sous-stations très rapprochées.  
Accumulateurs : Locomotives à accumulateurs au plomb (Ironclad) au fer nickel (Saft).

c) **Mines** : Pour les usages courants : Moteurs à courant continu alimentés par groupe convertisseur. Pour machines d'extraction. Système Ward Léonard.

d) **Métallurgie** : Courant continu pour petits moteurs.  
Laminoirs : Le courant continu est préférable.

e) **Electro-Métallurgie** : Fours à arc seulement.

f) **Electro-Chimie** : Electrolyse par courant continu à basse tension.

g) **Appareils de levage** : Le courant continu est préférable.

h) **Electro-Culture** : Courant continu pour tous les moteurs.

i) **Divers** : (Télégraphique, Téléphonie, Signaux).  
Courant continu presque toujours employé.

j) **ECLAIRAGE** : Courant continu très employé.

leurs usines, des appareils de transformation leur permettant d'utiliser le courant alternatif fourni par les réseaux primaires, sous forme de courant continu.

Ils préféreraient subir une perte de rendement plutôt que de s'astreindre à avoir des organes mécaniques de changement de vitesse.

D'ailleurs, tout compte fait, il n'est pas certain que le rendement total d'une installation mixte dotée de convertisseurs, de commutatrices ou de redresseurs à vapeur de mercure et d'un ensemble de moteur à courant continu, soit inférieur au rendement total qu'aurait cette même installation, si on l'avait réalisée uniquement en courant alternatif.

L'ensemble de tous les moteurs asynchrones qu'il aurait fallu mettre sur les engins commandés, aurait provoqué des pertes importantes dans les transformateurs d'alimentation et dans tout le réseau basse tension desservant ces moteurs; à ces pertes purement électriques seraient venues s'ajouter les pertes provenant des transmissions mécaniques destinées à corriger la rigidité de la vitesse qui est la cause principale d'infériorité des moteurs asynchrones.

Nous savons bien que l'on va nous opposer l'emploi des moteurs à courant alternatif spéciaux, qui peuvent donner des vitesses variables, grâce aux collecteurs dont on les a munis.

Mais les partisans de ces sortes de moteurs, sont-ils bien certains d'avoir le droit de les appeler des moteurs à courant alternatif et quelq que soient les noms qu'on leur donne (moteur à répulsion, moteur série compensé, moteur à calage variable), nous prétendons que ces soi-disant moteurs à courant alternatif ne sont pas autre chose que des moteurs à courant continu déguisés.

C'était grâce à l'adjonction du collecteur inventé par Gramme, collecteur qui a justement pour but de redresser le courant alternatif circulant dans l'un des enroulements du moteur, que nous pouvons obtenir des vitesses variables, dans des moteurs normalement alimentés par du courant alternatif, en provoquant des compositions de flux et de courants qui sont tantôt alternatifs et tantôt continus.

Si nous avons classé ces moteurs à collecteur dans notre tableau, dans la colonne du courant alternatif, c'est par une sorte de concession à la routine, mais en réalité ce sont des moteurs mixtes et leur emploi n'est pas autre chose qu'un hommage indirect rendu au courant continu.

Il faut reconnaître d'ailleurs que certains de ces moteurs mixtes ont été réalisés d'une manière remarquable, et nous croyons que le succès que nous constatons actuellement de la traction électrique par courant alternatif monophasé, provient uniquement de la supériorité sur tous les moteurs du même genre, des moteurs monophasés à collecteur et à calage variable des balais, qui ont été lancés sur le marché depuis une quinzaine d'années; ces moteurs sont connus sous le nom de moteurs monophasés Deri-Brown-Boveri.

Mais nous persistons à considérer ces moteurs, comme des moteurs à courant continu, dans les inducteurs desquels on injecte du courant alternatif.

Ces moteurs à courants alternatif et continu ou *mixtes* se sont montrés suffisamment souples pour que, non seulement, on puisse les employer en matière de traction, mais aussi pour qu'on puisse les employer en matière d'extraction minière ou dans l'industrie métallurgique.

Il semble donc que pour les trois applications les plus importantes de l'industrie, c'est-à-dire la *traction électrique*, l'*extraction minière* et la *grosse métallurgie*, les courants alternatifs doivent être définitivement rejetés, les seuls genres de moteurs pouvant être appliqués dans ces conditions étant soit de véritables moteurs à courant continu, soit des moteurs mixtes monophasés à collecteur.

Toutefois, même pour les commandes des trains de laminoirs, étant donné qu'il faut, dans ce cas, des moteurs de 15.000 ch, le courant continu proprement dit devra être préféré, car jusqu'ici, malgré son extrême souplesse, le moteur à courant monophasé pour grosse puissance n'a pu être encore réalisé.

Nous n'ignorons pas qu'il existe des installations, principalement dans les mines, dans lesquelles les treuils d'extraction sont commandés par des moteurs à courant alternatif: mais, d'une part, on est toujours obligé de passer par l'intermédiaire d'un train d'engrenage et, d'autre part, les difficultés que l'on rencontre pour le réglage des résistances sur le rotor et pour l'inversion du courant sur les stators sont telles que l'avantage de l'emploi des moteurs à courant continu leur fait, dans la plupart des cas, donner la préférence.

Il y a toutefois, un genre de moteur à courant alternatif dont l'emploi est venu corriger, dans la mesure où la chose était possible, les défauts inhérents à l'emploi généralisé du courant alternatif; ce sont les *moteurs synchrones*; on sait tout le secours que ces moteurs peuvent donner, tant sur les lignes primaires comme condensateurs synchrones, que sur les lignes secondaires à seule fin de relever le facteur de puissance des installations à courant alternatif.

On peut arriver, en effet, en multipliant ce genre de moteurs, à annuler presque complètement le décalage du courant d'utilisation sur la tension et par cela même diminuer considérablement les pertes dans les transformateurs et dans les lignes.

Un exemple très intéressant de l'application des moteurs synchrones, pour obtenir un cosinus égal à l'unité dans un réseau particulier, est celui du bassin houiller du Nord de la France.

La plupart des Compagnies Houillères du Nord et du Pas-de-Calais ont, en effet, adopté le moteur synchrone, soit pour commander directement les convertisseurs des machines d'extraction électriques du système Ward Leonard, soit pour être adjoint à ce convertisseur comme condensateur synchrone, lorsque ce convertisseur avait été prévu avec moteur asynchrone.

Mais on peut alors se demander si, au lieu d'avoir une installation à courant alternatif, comportant un très grand nombre de ces moteurs synchrones, il ne conviendrait pas mieux, pour tous les moteurs d'une même usine, ou pour tous les moteurs d'un même îlot suffisamment concentré, d'employer dans chaque usine, ou dans chaque îlot, des moteurs à courant continu alimentés, soit par des commutatrices, soit par des redresseurs à vapeur de mercure ou mieux par des convertisseurs rotatifs, dont la génératrice à courant continu serait commandée par un moteur synchrone de grande puissance.

La question du facteur de puissance ne se poserait plus ni pour le réseau secondaire, ni pour le réseau primaire, et elle serait résolue par le seul fait de l'emploi d'un moteur synchrone puissant.

Examinons maintenant quelle est la part que l'on peut faire à l'une ou à l'autre sorte de courant dans les différentes industries d'importance secondaire, susceptibles d'employer l'électricité.

Dans l'électro-métallurgie, le courant alternatif présente de gros avantages, car l'on tend de plus en plus à abandonner les fours à arc pour prendre les fours à induction.

Par contre, il y a toujours des dispositions spéciales à adopter pour réduire dans la mesure du possible le décalage du courant.

A cet effet, les conducteurs d'amenée de courant aux cuves des fours électrométallurgiques sont entremêlés pour réduire au minimum les effets de self-induction; de plus, le calcul des transformateurs d'alimentation des fours, est fait de manière à réduire au minimum le courant à vide de ces transformateurs.

En ce qui concerne l'électro-chimie, le courant continu reprend l'avantage pour les installations d'électrolyse.

Nous signalerons comme installation très intéressante d'électrolyse à courant continu, celle des usines de zinc de Anaconda qui représente une puissance de plus de 30.000 kW.

Cette puissance est répartie entre six batteries parallèles de cuves d'électrolyse absorbant chacune 10.000 A sous 550 V, chaque batterie comportant 144 cuves, dans lesquelles on procède à l'électrolyse d'une solution de sulfate de zinc.

Le courant nécessaire est produit par des commutatrices hexaphasées, alimentées elle-mêmes par des transformateurs de 6.000 kVA, recevant le courant du réseau primaire à 100 000 V pour l'abaisser à 400 V, la commutatrice le transformant en courant continu à 580 V.

Il y a en outre comme secours des groupes convertisseurs actionnés par des moteurs synchrones.

Le courant continu est également beaucoup plus avantageux que le courant alternatif dans la commande des appareils de levage, car il s'agit ici de résoudre un problème identique à celui de la traction électrique : couple puissant au démarrage, mise en vitesse rapide freinage commode, possibilité de varier la vitesse dans des limites assez étendues.

Une nouvelle extension de l'emploi de l'électricité s'est révélée à nous, ces temps-ci, nous voulons parler de l'électro-culture.

Ici, grâce à la facilité de son installation, grâce à la dispersion inévitable de son emploi, le courant alternatif semble, pour le moment, tenir une place prépondérante, mais nous croyons cependant qu'au fur et à mesure de l'extension de l'emploi de l'électricité dans ce domaine particulier, le courant alternatif devra céder peu à peu la place au courant continu et pour les mêmes raisons que celles qui ont été exposées pour les applications de grosse puissance.

En effet, si nous admettons que dans les exploitations agricoles on installe un grand nombre de petits moteurs asynchrones alimentés par un nombre également grand de transformateurs, nous allons retomber dans les inconvénients ordinaires de mauvais rendement et de mauvais facteur de puissance et, tôt ou tard, nous serons obligés de recourir aux convertisseurs à moteur synchrone ou aux redresseurs à vapeur de mercure; pour le moment, où il faut surtout adapter le moteur électrique aux engins de culture, le moteur asynchrone suffit pour défricher en quelque sorte le champ des investigations, mais lorsque les problèmes mécaniques principaux auront été résolus et que la question de l'économie générale du réseau et des appareils se présentera, le moteur à courant continu réapparaîtra avec tous ses avantages.

Il y a d'ailleurs une raison d'ordre secondaire et que nous avons négligé jusqu'ici de produire, mais qui vient cependant aggraver les difficultés déjà grandes de l'emploi du courant

alternatif, c'est la question si délicate de l'égalité répartition des charges sur les circuits triphasés basse tension; cette question a déjà fait l'objet de nombreuses études, mais aucune solution générale n'a été indiquée — croyons-nous — et il faut reconnaître qu'aux défauts déjà considérables, du mauvais facteur de puissance, la difficulté de l'égalité répartition des charges sur les trois phases des transformateurs, vient encore ajouter une cause du mauvais rendement à nos installations à courant alternatif.

Enfin, en ce qui concerne les applications diverses de la télégraphie, de la téléphonie et des signaux, la supériorité dans ce domaine du courant continu, n'est plus à démontrer.

#### b) *Eclairage.*

Nous arrivons maintenant à l'une des applications les plus vulgarisées de l'électricité, celle qui pendant de longues années représenta la seule puissance utilisée des stations centrales, nous voulons parler de l'éclairage.

Lorsque l'on a voulu développer les installations en courant alternatif, les transformateurs statiques se sont montrés des outils tellement simples qu'il était tout indiqué de se borner à greffer les lampes sur les circuits secondaires de ces appareils, sans s'occuper de la qualité de la lumière que l'on allait ainsi fournir; or, deux griefs importants peuvent être faits au courant alternatif employé comme source de lumière :

a) il est impossible de descendre au-dessous d'une certaine fréquence sans fatiguer considérablement les organes visuels.

b) Même pour une fréquence acceptable, les variations de tension qui se produisent sur certains réseaux d'éclairage placés dans le voisinage des réseaux de force motrice, sont également très fatigantes à supporter.

Il semble donc qu'il soit à recommander, chaque fois que la chose sera possible, de réaliser l'éclairage d'une grande usine ou d'un îlot de cité, à l'aide de courant continu obtenu, soit par des convertisseurs rotatifs, soit par des redresseurs à vapeur de mercure.

Il semble bien, en effet, que le courant continu fatigue beaucoup moins la vue que le courant alternatif et bien qu'en matière d'éclairage, la question du facteur de puissance ne se pose pas, les avantages physiologiques obtenus par l'emploi du courant continu, dans un cas aussi intéressant pour la majorité de l'humanité, doivent faire pencher la balance en faveur de l'emploi de ce courant.

#### c) *Accumulateurs.*

Nous avons laissé de côté jusqu'ici ces appareils si intéressants et qui constituent à eux seuls, une nouvelle manifestation des avantages du courant continu.

En effet, il est bien évident que le courant alternatif livré à lui-même, ne saurait nous donner des accumulateurs; pour constituer ces appareils, on est toujours obligé d'avoir recours à du courant continu et nous savons que, tandis qu'il est absolument impossible d'accumuler du courant alternatif, rien n'est plus simple que d'accumuler du courant continu.

On connaît les nombreuses applications des accumulateurs, mais nous croyons qu'il est intéressant de souligner que, depuis quelque temps, l'accumulateur a encore élargi son domaine en pénétrant dans la grande traction électrique.

On commence, en effet, à construire de puissantes locomotives pour trains de marchandises dont la propulsion s'obtient uniquement à l'aide de batterie d'accumulateurs ; nous citerons en outre pour mémoire les petites locomotives pour traction électrique dans les Mines, les lampes électriques portatives qui, appliquées également aux Mines, ont permis d'augmenter le rendement des ouvriers, tout en leur apportant une sécurité plus grande dans leur travail.

Il y a un domaine dans lequel on cherche à nouveau à utiliser sur la plus grande échelle possible les accumulateurs, c'est celui des automobiles et en présence de la diminution progressive de nos approvisionnements en pétrole, les constructeurs d'automobiles se montrent de plus en plus disposés à vulgariser l'automobile à accumulateurs.

Nous vous avons déjà indiqué, il y a deux ans, que deux types principaux d'accumulateurs se disputaient le marché : l'accumulateur fer nickel et l'accumulateur au plomb ; le premier semblait, jusqu'à ces derniers temps, avoir la suprématie sur le marché ; mais les partisans de l'accumulateur au plomb ont réagi vigoureusement et on peut dire que l'accumulateur connu sous le nom de « Ironclad », offre tout autant de garantie de solidité, que l'accumulateur au fer nickel et comme l'accumulateur au plomb a toujours montré plus de souplesse que l'accumulateur au fer nickel, il semble bien que pour longtemps encore les deux sortes d'accumulateurs seront employés.

#### C. — CONCLUSION.

Nous voudrions, pour conclure ce parallèle un peu court, jeter un coup d'œil d'ensemble sur toutes les applications possibles de l'électricité et dégager de l'examen de ces applications, un enseignement pour l'avenir.

Toutefois, en présence de l'immense développement pris par les installations en courant alternatif, en présence de la politique d'unification des tensions qui a été décidée en France, il y a huit ans, il nous paraît assez difficile de pouvoir revendiquer maintenant pour le courant continu, une place au moins égale à celle de son concurrent.

Tout en réservant nos pronostics, pour les lignes de transport de force à très haute-tension et en souhaitant même qu'il soit fait une part au courant continu dans les grandes transmissions d'énergie, restant à réaliser en France, nous pourrions, croyons-nous, conclure ainsi :

Chaque fois qu'il s'agira d'une application vulgaire de l'élec-

tricité, et chaque fois qu'il s'agira de défricher un champ d'action jusque là vierge, il sera plus simple de faire appel au courant alternatif, ce qui ne veut pas dire que ce sera plus économique.

Mais, chaque fois que l'on voudra opérer un travail délicat, demandant à la fois de la souplesse et de la précision, il faudra revenir au courant continu par des transformations appropriées, en choisissant, dans chaque cas, la solution la plus économique pour ces transformations ; une fois que l'on aura transformé les courants alternatifs primaires en courant continu d'utilisation, il ne faudra pas craindre de développer au maximum les applications du courant continu qui sera ainsi considéré comme un auxiliaire indispensable du courant alternatif, c'est-à-dire un auxiliaire capable de redresser les erreurs et les faiblesses inhérentes à la nature même du courant alternatif, le courant continu n'étant pas autre chose d'ailleurs que du courant alternatif amélioré.

Nous nous excusons de ne pouvoir faire franchement pencher la balance dans un sens, ni dans l'autre, mais ceci nous prouve, une fois de plus, qu'il n'y a pas, pour nous autres humains, de vérité intangible et que nous devons toujours nous contenter d'un médiocre à peu-près.

Nous ne voudrions pas terminer ce rapport sur une impression trop pessimiste, en ce qui concerne le courant alternatif et je crois que la téléphonie sans fil s'est chargée, depuis quelques années, de réhabiliter les courants alternatifs.

Le jour n'est peut-être pas très éloigné où après avoir servi à la transformation des sons, les appareils de production de haute-fréquence, en rayonnant à travers l'espace des ondes de plus en plus puissantes, nous permettront, avec ces ondes mêmes de transformer l'énergie électrique dispersée dans l'espace, en énergie mécanique et ceci grâce à des appareils récepteurs, peut-être très différents de ceux que nous connaissons.

Sans vouloir anticiper sur l'avenir, nous savons déjà qu'il est possible, en plaçant des tubes de verre remplis de gaz rares, dans des champs électriques à haute-fréquence, de produire la luminescence de ces tubes sans le concours d'aucun conducteur.

Pourquoi ne pas supposer qu'il sera possible de produire des ondes à haute-fréquence capables de mettre, non plus des gaz, mais des engins électriques, en vibration suffisante pour que ces engins électriques accomplissent un travail mécanique ?

C'est sur cette hypothèse séduisante que nous terminerons notre comparaison.