

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DIVERS SYSTÈMES DE TRANSFORMATION de courant alternatif à haute tension en courant continu ⁽¹⁾

Nous publions dans ce numéro les conclusions de M. Mau-
dui, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, sur son
enquête en Amérique au sujet du genre de courant qui con-
vient le mieux à la traction électrique. Les conclusions du
savant professeur sont en faveur de l'emploi du courant con-
tinu. M. Sarrat vient de faire paraître dans le Bulletin de
l'Association des Ingénieurs électriciens de l'Institut Elec-
trotechnique Montefiore, une étude critique très intéres-
sante sur les avantages et les inconvénients des divers sys-
tèmes de transformation de courant alternatif à haute ten-
sion en courant continu. Ces deux questions sont liées si
intimement que nous croyons devoir publier le travail de
M. Sarrat.

INTRODUCTION

La transformation des courants alternatifs à haute tension
en courants continus, doit l'extension si considérable des
applications qu'elle a reçues dans l'industrie, particulière-
ment dans les domaines de l'éclairage et de la traction, à la
grande supériorité que possède la première forme de cou-
rant sur la seconde au double point de vue de la production
et de la distribution économiques de l'énergie. Les princi-
paux appareils capables de la réaliser peuvent être rattachés
aux cinq catégories suivantes :

- 1° Moteurs générateurs,
- 2° Commutatrices,
- 3° Convertisseurs en cascade,
- 4° Transformateurs redresseurs,
- 5° Convertisseurs à mercure.

Les trois premiers groupes, toutefois, sont de beaucoup
les plus importants. Les transformateurs redresseurs, remar-
quables surtout en théorie par l'originalité de leur concep-
tion, n'ont donné lieu, en effet, jusqu'à présent, qu'à des
applications extrêmement restreintes. Il faut en voir sans
doute la raison dans la grande complication qu'entraîne
pour ces machines la multiplicité excessive des bagues et
frotteurs nécessaires avec un collecteur tournant ; ou bien,
quand il s'agit d'un collecteur fixe, dans le fonctionnement
beaucoup trop délicat des balais mobiles appliqués à la cap-
tation de courants importants (la compensation exacte des
forces centrifuges agissant sur ces balais présentant alors
les plus grandes difficultés).

Quant aux convertisseurs à mercure, la faible puissance de
ces appareils a limité jusque maintenant leur utilisation à
des applications d'un ordre tout à fait secondaire, telles que
la charge de petites batteries d'accumulateurs et l'alimenta-
tion d'arcs de projection ou de lampes à vapeur de mercure.

Le plus grand courant que l'on puisse redresser actuelle-
ment dans une ampoule de verre n'est, en effet, que de 40 à
50 ampères ⁽¹⁾ (sous 250 v.). Ce débit a pu être cependant

⁽¹⁾ Ce rapport avait été rédigé pour traiter la onzième question mise
au programme du XVIII^e Congrès International de Tramways et de
Chemin de fer d'intérêt local qui devait se tenir à Buda-Pest en sep-
tembre 1914.

⁽²⁾ Pour 500 volts on ne fait guère d'ampoules de plus de 10 ampères.
Les raisons qui limitent ainsi le débit du redresseur consistent, comme
on sait, dans les difficultés qu'il y a, d'une part, à faire passer de fortes
intensités par des fils de platine ou de graphite soudés, dans le verre et,
d'autre part, à construire des ampoules assez grandes pour pouvoir
rayonner l'énergie dissipée dans l'appareil, celle-ci augmentant propor-
tionnellement à l'intensité du courant redressé.

considérablement augmenté par l'emploi d'ampoules métal-
liques, capables de supporter des températures plus élevées
et susceptibles d'être refroidies par une circulation d'eau ou
d'huile. C'est ainsi que des convertisseurs de 100 kw. pour
des tensions continues jusqu'à 500 volts, sont depuis quel-
que temps dans le commerce.

De persévérants efforts sont faits, dans les laboratoires de
quelques grands constructeurs pour augmenter encore la
capacité de ces appareils et il est possible, comme aucun
empêchement de principe ne s'y oppose ⁽²⁾, que ces tentati-
ves aboutissent, dans un avenir prochain, au redressement
de puissances de plusieurs centaines et même de plusieurs
milliers de kilowatts aux tensions normalement utilisées
dans les réseaux d'éclairage et de traction. Si cet espoir se
réalisait, le convertisseur à mercure pourrait bien devenir,
en raison de l'ensemble de ses précieuses qualités (rendement
très élevé ⁽¹⁾, prix réduit, faible poids, petit encombrement,
absence d'usure et de parties mobiles, grande simplicité de
mise en service, fonctionnement silencieux, etc.), l'appareil
industriel le mieux approprié, dans la généralité des cas, à
la transformation économique des courants alternatifs en
courants continus. La faculté qu'il a de pouvoir redresser
des courants de toutes fréquences permettrait, d'ailleurs, par
surcroît d'augmenter, ainsi qu'il y aurait grand avantage, la
vitesse angulaire des groupes turbo-alternateurs, actuelle-
ment limitée à 3.000 tours par la fréquence de 50 périodes.

Mais ce n'est là qu'une simple perspective d'avenir que les
résultats acquis permettent seulement d'entrevoir avec quel-
que vraisemblance et force nous est, pour le moment, de
constater que le convertisseur à mercure n'existe pas encore,
industriellement, en tant qu'appareil de transformation suf-
fisamment éprouvé pour pouvoir être employé en toute
sûreté à l'équipement d'une sous-station de quelque impor-
tance.

Les moteurs générateurs et les commutatrices simples ou
en cascade sont donc les seules machines dont nous ayons à
nous préoccuper dans ce rapport. A ces trois groupes d'ap-

⁽¹⁾ Les obstacles à vaincre sont, en effet, d'ordre purement constructif.
Ils tiennent exclusivement aux difficultés qu'il y a :

1° De réaliser, pour un joint entre un métal et un corps isolant, l'étan-
chéité nécessaire pour le maintien d'un très bon vide — (de l'ordre de
0,01 mm).

2° De protéger d'une manière efficace les anodes contre les risques de
court-circuits aux tensions élevées.

D'après un très intéressant article de M. Maurice Leblanc (fils) paru
dans la « Revue Electrique » du 15 mai 1914, la « Général Electric » serait
déjà prête à livrer des convertisseurs triphasés de 1.000 K. W. pour
600 ou 700 ampères, et la « Westinghouse Electric Co » aurait d'autre
part réalisé, au moyen de redresseurs à mercure, l'équipement d'une loco-
motive de la « New-York New-Haven and Hartford Railway »

⁽²⁾ La propriété la plus remarquable du convertisseur à mercure con-
siste en ce que la chute de tension totale qui se produit dans l'appareil
est pratiquement indépendante du débit. Il s'ensuit que le rendement
reste à peu près constant à toute charge et qu'il augmente propor-
tionnellement à la tension délivrée. C'est ainsi que des convertisseurs à 350
volts et à 500 volts ont théoriquement des rendements de 0,957 et 0,97.
M. Maurice Leblanc a signalé dans l'article ci-dessus, que la « Westing-
house Electric Co » a pu obtenir déjà pour un appareil de 100 K.V.A. sous
350 V. un rendement de 0,94. Ce rendement, sensiblement supérieur à
celui d'une commutatrice de puissance équivalente, constitue un résultat
des plus encourageant.

D'autre part, il est évident que le convertisseur à mercure exigera
toujours, comme la commutatrice, l'emploi de transformateurs statiques
Il y a, en effet, entre la tension efficace alternative entre anodes V_a et
la valeur moyenne de la tension ondulatoire disponible V_e un rapport
sensiblement constant dont la valeur peut être déduite des relations sui-
vantes dues à l'auteur précité. (Voir la « Lumière Electrique » des 6 et
13 novembre 1909).

$$1^\circ \text{ En monophasé : } V_a = \frac{2(V_c + v)}{K_1}$$

$$2^\circ \text{ En triphasé : } V_a = \frac{1,5(V_c + v)}{K_2}$$

(K_1 et K_2 varient respectivement entre 0,85 et 0,90 et entre 0,93 et 0,97
suivant l'ondulation du courant continu obtenu ; $v = 13$ à 15 volts).

pareils se rattachent d'ailleurs exclusivement les machines employées par les diverses sociétés d'exploitation qui ont bien voulu répondre à notre questionnaire.

Ces sociétés, au nombre d'une quarantaine, exploitant ensemble dans leurs installations, une puissance transformée totale d'environ 355.000 kw. dont le tableau ci-dessous indique la répartition entre les fréquences utilisées, 25 périodes et (42 ou 50 périodes), ainsi qu'entre les diverses espèces de services alimentés : 1° service exclusif de traction ; 2° service mixte de traction et d'éclairage ; 3° service mixte d'éclairage et de force motrice.

| NATURE DES GROUPES | TRACTION | | Traction et éclairage f = 50 | ECLAIRAGE ET FORCE MOTRICE | | TOTAUX |
|---------------------------------------|----------|--------|---------------------------------|----------------------------|--------|---------|
| | f = 25 | f = 50 | | f = 25 | f = 50 | |
| | kw | kw | kw | kw | kw | |
| Commutatrices . . . | 77 650 | 16.725 | 21.350 | 15.500 | 4.650 | 135 875 |
| Moteurs synchrones-dynamos | 9 100 | 21.160 | 62.270 | » | » | 92 530 |
| Moteurs asynchrones-dynamos | 35.100 | 12.070 | 24.450 | 24.500 | 2.560 | 98.680 |
| Convertisseurs en cascade | » | 9 950 | 11.600 | 1.000 | 11.050 | 33.600 |
| TOTAUX | 121.850 | 59.905 | 119.670 | 41 000 | 18.260 | 360.685 |

Avant de commenter les chiffres contenus dans ce tableau, nous allons examiner ci-après, suivant l'objet de la question qui nous occupe, et en empruntant le plus possible à la substance des réponses que nous avons reçues, les avantages et les inconvénients respectifs des différents systèmes de transformation utilisés.

Les qualités et les défauts de ces systèmes seront successivement envisagés aux différents points de vue suivants, qui nous ont plus particulièrement servi de base dans l'établissement du questionnaire :

- 1° Encombrement,
- 2° Rendement,
- 3° Prix,
- 4° Frais d'entretien,
- 5° Démarrage et couplage,
- 6° Réglage, stabilité et division de la tension,
- 7° Facteur de puissance et réaction sur le réseau,
- 8° Mouvements pendulaires,
- 9° Stabilité de marche,
- 10° Commutation et capacité de surcharge,
- 11° Risques d'accidents.

(A suivre.)

F. SARRAT,

Ingénieur à la C^{ie} G^{le} de Railways et d'Electricité

IMPRÉGNATION, SÉNILISATION ET IGNIFUGATION DES BOIS D'INDUSTRIE

Cette étude était en notre possession quand nous avons appris la mort de notre distingué collaborateur, Jean Escard, survenue après une longue maladie. C'est avec un profond regret que nous voyons disparaître en pleine jeunesse ce travailleur actif et consciencieux. Il laisse une œuvre d'érudition considérable et touchant aux sujets les plus variés. Sa perte sera particulièrement ressentie par notre revue dont il était un des premiers et dévoués collaborateurs. Nous adressons à Mme Jean Escard et ses enfants, nos bien sincères condoléances.

LA RÉDACTION.

INTRODUCTION

Bien que dans la construction le fer tende à se substituer de plus en plus au bois par ses qualités supérieures de résistance mécanique et de durée, ce dernier voit néanmoins ses applications s'étendre chaque jour alors que la matière première semble au contraire devenir toujours plus rare. La nécessité d'assurer au bois la plus longue durée possible, d'après les emplois qui lui sont réservés, se montre donc comme très impérieuse, à une époque surtout où les déboisements inconsiderés auxquels on se livre ne peuvent qu'augmenter le prix des bois. Cet accroissement de prix tient aussi aux conditions imposées quant à la qualité, au relèvement des salaires des ouvriers, enfin à la destruction rapide des forêts situées à proximité des grandes voies de communication ; les exploitations ont été ainsi progressivement refoulées vers les centres dépourvus de moyens de transport et l'exportation est devenue plus difficile et partant plus coûteuse.

Parmi les multiples débouchés des bois, qui, en face de la diminution graduelle des surfaces boisées utilisables, donnent au problème de leur conservation un caractère économique de grande importance, il faut citer princi-

palement les suivants : le développement sans cesse croissant des voies ferrées (pylônes et traverses) ; l'extension rapide, au cours de ces vingt dernières années, des lignes télégraphiques et téléphoniques ; le pavage des rucs de ville à l'aide de pavés de bois découpés et imprégnés ; le développement des lignes électriques de transport d'énergie à distance et dont quelques-unes ont plusieurs centaines de kilomètres de longueur ; le boisage des galeries de mines ; enfin la fabrication de la pâte à papier à l'aide de la pulpe de bois (sapin de Norvège notamment) qui entraîne chaque année la disparition de plusieurs milliers d'hectares de forêts.

Prolonger la durée des bois par des procédés économiques et n'entraînant aucune diminution de leurs qualités (résistance, dureté, flexibilité) semble donc le moyen le plus sûr d'éviter le renouvellement fréquent de coûteuses installations et, d'autre part, de lutter victorieusement contre le déboisement intensif et dont les conséquences peuvent être d'une extrême gravité dans un avenir prochain si l'on n'y met pas obstacle rapidement. Or, il existe aujourd'hui des moyens simples et pratiques permettant de combattre et même d'empêcher l'altération des bois alors même que ces derniers sont placés dans de mauvaises conditions. La lutte contre les champignons, notamment, est parfaitement possible à l'aide d'antiseptiques employés dans de bonnes conditions d'imprégnation et de dosage. Cette question sera étudiée en détail dans les pages qui vont suivre. Bornons-nous à rappeler dès maintenant que toutes les catégories de métiers qui utilisent le bois, c'est-à-dire la plupart des industries, ont intérêt à connaître et à pratiquer l'emploi des substances conservatrices du bois. Qu'on imprègne celui-ci de produits capables de s'opposer au développement des moisissures et des insectes de la même façon qu'on recouvre le fer de minium pour le préserver de la rouille, et le bois aura une vie à peu près aussi longue que le fer sur lequel il a en outre l'avantage de coûter beaucoup moins cher, d'être moins lourd et plus flexible.

Mais ce ne sont pas seulement les industriels qui ont