

Je borne là l'exposé des conceptions qu'on pourrait à mon avis étudier pour faire en sorte d'arriver à une solution pratique de cette question grosse de conséquences économiques : l'utilisation des résidus d'énergie.

D'aucuns pourront peut-être trouver un peu prématurée l'étude de ces questions parce que, comme je l'ai dit plus haut, les circonstances économiques desquelles dépend la solution du problème posé ne sont point encore nées. Mais à ceux-là je réponds qu'il ne tient qu'à notre prévision de l'avenir de hâter l'évolution des faits générateurs de ces circonstances. L'industrie de la houille blanche a grandi d'une façon pour ainsi dire anormale en vingt ans; les chutes se sont installées comme par enchantement sous l'empire des prodiges de l'Electricité; on est allé au plus vite pour faire ici du transport de force et là de l'électro-

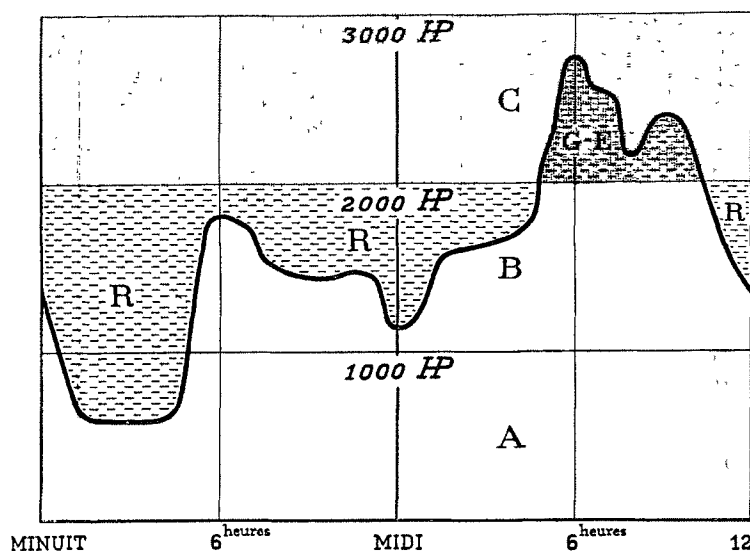


Fig. 11. — Diagramme de charge journalière montrant l'utilisation des chevaux permanents résiduels.

chimie; avant tout, on s'est préoccupé de capter les chutes les plus faciles à approprier et de résoudre les difficultés techniques les plus pressantes. Chacun, dans la lutte pour la meilleure place, n'a considéré que son intérêt personnel et immédiat. Il en est sans doute résulté beaucoup de progrès, mais avec pas mal de désordre. Nul plan, même hâtivement conçu, ne semble avoir été suivi dans cet essor gigantesque de la plus moderne des industries. Mais au point où nous en sommes sur cette route du progrès, n'est-il pas bon de chercher à jalonner sa prolongation? Des faits acquis, résultats heureux et déboires, en apparence pêle-mêle, ne se dégage-t-il pas une leçon d'économie politique, dont on ne saurait méconnaître la portée? Quand on voit le transport de force se perfectionner sans cesse par le seul fait de la concurrence que se livrent entre eux les constructeurs pour se devancer les uns les autres, et l'électrochimie rester stationnaire, pour les diverses raisons déjà longuement énumérées en d'autres articles, n'y a-t-il pas lieu de se demander ce qu'il faut faire pour que chacune de ces deux formes essentielles de l'utilisation de nos forces naturelles, la plus belle part de notre richesse nationale, fasse rendre à ces forces leur maximum de profit?

Loin de moi la pensée d'avoir en tout cela seulement donné un coup de pioche dans le filon de la houille blanche; je voudrais simplement croire que j'ai pu faire réfléchir le

mineur sur le chantier — et surtout le législateur, de qui la réalisation des projets d'avenir du premier dépend. Car, à mon sens, il ne peut être de bonne législation en cette matière si elle n'est pas fondée sur l'économie politique plutôt que réédifiée sur les anciennes bases de l'édifice juridique devenu trop étroit.

\* \*

En résumé, j'estime que lorsque dans l'aménagement d'une chute d'eau l'on veut viser la meilleure utilisation, il faut faire deux parts de sa puissance industrielle. La première formée des « chevaux permanents » doit se calculer sur le débit minimum, c'est-à-dire sur celui au-dessous duquel le cours d'eau ne descend jamais en dix années consécutives; la deuxième comprenant les « chevaux périodiques » doit se calculer en fonction du prix de revient annuel de ces chevaux sur l'arbre des turbines : le prix du cheval périodique est donné par le rapport entre les frais à faire pour rendre l'installation apte à l'utilisation d'un certain volume d'eau en sus du débit minimum et le nombre de chevaux donné pendant 8 mois, en année moyenne, par ce volume. On pourrait appeler la somme de ces deux débits, le débit industriel.

Ces deux parts de la puissance étant faites, le meilleur rendement que l'on puisse tirer de l'installation est : 1° de vendre cher aux services qui exigent une fourniture régulière les chevaux coûtant cher, c'est-à-dire d'affecter les chevaux permanents au transport d'énergie, et 2° de vendre bon marché à l'industrie qui s'accommode de variations de puissance les chevaux coûtant peu. Et si l'on veut bien réfléchir aux considérations précédemment développées on se rendra facilement compte que cette combinaison est la plus profitable non seulement aux industriels mais encore à l'intérêt général.

En utilisant les résidus d'énergie des chevaux permanents on pourra toujours assurer à l'électrochimie un large minimum de puissance constante lorsque les chevaux périodiques viendront à manquer. — En sorte que je maintiens et répète : la solution du problème de la meilleure utilisation des chutes tient dans cette formule « Transport de force et Electrochimie ».

E.-F. CÔTE.

## FIXATION DE L'AZOTE ATMOSPHERIQUE

Pour compléter les divers articles qui ont déjà paru dans *La Houille Blanche*, sur cette importante question, nous reproduisons ci-après la communication de M. E. CHUARD, professeur à l'École d'Ingénieurs de Lausanne, telle que la donne l'excellente *Revue Générale de Chimie pure et appliquée*.

Parmi les problèmes qui sollicitent le plus vivement, à l'heure actuelle, l'attention des chimistes, celui de la fixation de l'azote élémentaire de l'air occupe une place à part, en ce qu'il intéresse à la fois la chimie pure, la chimie industrielle et la chimie agricole.

La chimie pure, en ce que les recherches faites dans cette direction ont éclairé d'un jour nouveau un domaine encore fort obscur, celui de la chimie des hautes températures et des modifications de l'affinité qui se manifestent dans ces conditions.

La chimie industrielle, à cause de l'importance des combinaisons nitrées; ces combinaisons, dont dépend en particu-

lier toute l'industrie des explosifs modernes, sont livrées par-  
cimonieusement par la nature, et leur production courante à  
partir de l'azote atmosphérique serait une conquête de pre-  
mier ordre.

Enfin, et surtout, la chimie agricole, dont le développe-  
ment, dans la dernière moitié du siècle écoulé, a mis en évi-  
dence le rôle capital de l'azote dans la production végétale,  
en même temps que les recherches analytiques faisaient  
constater la rareté relative des combinaisons azotées utilisables  
directement par les plantes, en comparaison de l'énorme  
quantité d'azote élémentaire emmagasiné dans l'atmosphère.  
En effet, on calcule que la colonne d'air reposant sur une  
étendue de sol de 100 mètres carrés (1 are) contient approxi-  
mativement 8 000 quintaux métriques d'azote élémentaire,  
tandis que le sol lui-même, dans sa couche productive, n'en  
renferme, dans les conditions les plus favorables, pas au  
delà de 40 à 50 kilogs. L'agriculteur paie actuellement, sous  
forme d'engrais azotés, à raison d'environ 1 fr. 50 le kilo-  
gramme, un élément dont il existe, sur chaque hectare de  
son sol, une quantité d'environ 80 000 tonnes, mais sous une  
forme dont on n'a pu jusqu'ici tirer aucun parti, pas plus  
au point de vue industriel qu'au point de vue agricole.

Si l'on ajoute que la combinaison azotée, de beaucoup la  
plus employée par l'industrie et par l'agriculture, le nitrate  
de soude, dont l'importation annuelle en Europe dépasse  
1 million 1/2 de tonnes, n'existe qu'en gisements limités, et  
dont on peut prévoir le prochain épuisement, on conviendra  
de l'importance du problème de la fixation de l'azote et de  
l'urgence d'en trouver la solution pratique.

Cette solution a été cherchée dans deux directions et par  
deux méthodes entièrement différentes. Les chimistes agri-  
coles et les physiologistes l'ont poursuivie en s'adressant aux  
phénomènes physiologiques, en particulier à ceux dont les  
micro organismes sont le siège.

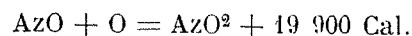
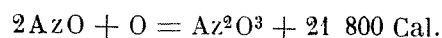
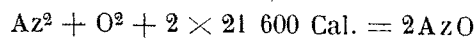
Les recherches dans cette direction ont eu, au point de vue  
purement scientifique, des résultats vraiment remarquables  
et dont on ne saurait nier l'importance. Elles ont permis d'ob-  
server le rôle de divers microbes qui jouissent de la pro-  
priété d'*organiser* l'azote élémentaire, c'est-à-dire de le faire  
entrer en combinaison organique, dans des conditions, à la  
vérité, encore insuffisamment éclaircies. Et surtout elles ont  
mis en évidence les phénomènes si curieux de symbiose entre  
bactéries et végétaux supérieurs (légumineuses) à la décou-  
verte desquels HELLRIEGEL et WILLFARTH ont attaché leurs  
noms.

On doit avouer cependant que, jusqu'ici, les essais en vue  
de transporter dans la pratique les connaissances acquises  
concernant cette fixation physiologique de l'azote, ont échoué  
sans exception. C'est donc à la seconde méthode, mettant en  
œuvre les phénomènes physiques et chimiques, qu'il faut  
demander la solution cherchée, et les résultats obtenus déjà  
aujourd'hui semblent indiquer que celle-ci n'est pas très  
éloignée. Mieux encore, il semblerait qu'une double solution  
soit à espérer, l'une fournissant directement les combinai-  
sons oxygénées de l'azote, aujourd'hui si largement em-  
ployées, l'autre conduisant à un produit azoté nouveau, dont l'intérêt n'est pas moindre  
et dont les applications pourraient devenir aussi importantes  
que variées.

La production de combinaisons oxygénées de l'azote aux  
dépens des éléments de l'air, sous l'influence de la décharge  
électrique, a déjà été observée il y a plus d'un siècle (1784)  
par les physiciens anglais CAVENDISH et PRIESTLEY. Mais le  
phénomène n'eut longtemps qu'un intérêt scientifique, étant  
donné le rendement infime de cette synthèse, limitée par la  
réversibilité. La production facile de l'énergie électrique vint  
changer les conditions de cette réaction et, dans ces dernie-  
res années, de nombreuses tentatives ont été faites en vue de  
son utilisation industrielle. Tout récemment, MM. DE  
KOWALSKI, professeur à l'Université de Fribourg, et MOSCICKI,  
ont fait breveter un procédé et des appareils dont le rende-  
ment est, d'après eux, notablement supérieur à ce qu'on  
avait obtenu jusqu'ici.

M. DE KOWALSKI utilise en particulier l'influence, observée  
par lui, de la fréquence du courant sur la production des va-  
peurs nitreuses aux dépens de l'air. Les réactions qui se  
passent entre l'azote et l'oxygène de l'air, sous l'influence de

la décharge électrique, peuvent être représentées par les  
équations suivantes :



Ces oxydes d'azote, une fois obtenus, peuvent aisément  
être transformés en acide nitrique et en nitrate de soude.  
MM. DE KOWALSKI et MOSCICKI seraient arrivés, d'après leur  
dernière communication, à un rendement de 52 à 55 gr.  
d'acide nitrique par kilowatt-heure, et cette quantité peut être  
doublée par l'introduction d'une proportion convenable  
d'oxygène, que les procédés de liquéfaction de l'air permet-  
tent aujourd'hui d'obtenir aisément et à bas prix.

La seconde solution à laquelle nous avons fait allusion a  
été présentée tout récemment, au mois de juin dernier, dans  
une communication du professeur A. FRANCK, au Congrès  
international de chimie appliquée, à Berlin. Elle repose sur  
l'utilisation des affinités singulières que présente l'azote aux  
températures élevées du four électrique, et son point de dé-  
part est certainement dans les expériences de M. MOISSAN  
sur la production des azotures métalliques.

L'azote élémentaire, si réfractaire à la combinaison dans  
les conditions ordinaires de température, s'unit en effet aisé-  
ment à divers métaux, entre autres au magnésium et aux  
métaux du groupe du calcium, dans des conditions analogues  
à celles de la production des carbures métalliques.

Le carbure de calcium lui-même, tel qu'on l'obtient cou-  
ramment dans l'industrie, renferme toujours de l'azote com-  
biné, dans une proportion qui varie de 0.5 jusqu'à 1.0 %.  
Déjà, en 1897, au cours de recherches analytiques sur le gaz  
acétylène et ses produits de décomposition, j'ai eu l'occasion  
de constater la présence de l'ammoniaque, soit dans le gaz  
dégagé par l'action de l'eau sur le carbure, soit dans les rési-  
dus de la préparation de l'acétylène, qui en dégagent lente-  
ment et durant un temps assez long. Et si l'on détermine  
l'azote total, par la méthode de KJELDAHL, dans les échantil-  
lons commerciaux de carbure, on y trouve constamment de  
l'azote dans une proportion qui atteint et dépasse 1 %.

Voici comment, en 1897, j'expliquais la présence de l'azote  
combiné dans le carbure, et le dégagement d'ammoniaque  
en deux phases : en même temps que l'acétylène et, plus  
tard, par simple abandon à la température ordinaire des rési-  
dus. J'admettais la présence dans le carbure de deux com-  
posés azotés :

1° De l'azoture de calcium,  $\text{Ca}^3\text{Az}^2$ , dont la décomposition  
par l'eau :



donnait lieu au dégagement immédiat d'ammoniaque, accom-  
pagnant le gaz acétylène (proportion 0,03 à 0,06 % de car-  
bure) ;

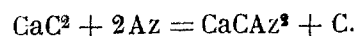
2° Du cyanate de calcium,  $\text{Ca}(\text{CAzO})^2$ , dont la décompo-  
sition plus lente, suivant l'équation :



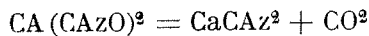
était la cause du dégagement progressif d'ammoniaque ob-  
servé sur les résidus. En effet, en opérant à l'abri de l'air la  
décomposition de carbure fraîchement préparé et en étu-  
diant ensuite les résidus, après élimination totale de l'am-  
moniaque, on constatait régulièrement la présence, dans ces  
derniers, de carbonates de calcium, indiquant la présence du  
cyanate.

Le procédé de FRANCK et CARO ne fait pas autre chose que  
d'appliquer, dans des conditions nouvelles, cette fixation de  
l'azote atmosphérique observée déjà dans la formation du  
carbure.

Les auteurs ont tout d'abord cherché à obtenir la produc-  
tion de cyanures métalliques, par exemple  $\text{Ba}(\text{CAz})^2$ , au  
moyen de carbures :  $\text{CaC}^2 + 2\text{Az} = \text{Ba}(\text{CAz})^2$ , pour con-  
vertir ensuite ces cyanures en d'autres dérivés. En em-  
ployant, au lieu de carbure de baryum, celui de calcium, ils  
constatèrent que la réaction se passait différemment et qu'on  
obtenait la combinaison  $\text{CaCAz}^2$  au lieu du cyanure  
 $(\text{CaCAz})^2$ .



Qu'est-ce que cette combinaison  $\text{CaCAz}^2$ ? c'est la *cyanamide calcique*, combinaison déjà connue, mais non pas obtenue jusqu'ici par cette synthèse vraiment inattendue. Il n'est pas sans intérêt de noter que la cyanamide calcique peut se former par chauffage du cyanate de calcium  $\text{Ca}(\text{CAZO})^2$ , dont je me servais pour expliquer le dégagement d'ammoniaque des résidus de carbure :



La cyanamide calcique renferme théoriquement 35 % d'azote. Le produit brut obtenu dans le procédé FRANCK et CARO en dose jusqu'à 20 %, ce qui est déjà très remarquable. Mais ce qui l'est encore plus, c'est que ce produit se prête directement à l'emploi comme engrais azoté par les diverses cultures. Les expériences à cet égard, quoique de peu de durée (trois ans y compris l'année courante), semblent tout à fait concluantes et classent ce produit, comme matière fertilisante, entre le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque. Le Dr LIECHTI, directeur de l'Établissement fédéral de chimie agricole, à Berne, qui a fait l'an dernier déjà une série très intéressante d'essais de culture avec l'*azote calcique*, a constaté, en outre, que les plantes cultivées supportent et utilisent cette nouvelle forme de l'azote à des doses supérieures à celles données sous forme d'azote nitrique, comme nitrate de soude.

Il n'est pas nécessaire, sans doute, d'insister davantage sur l'importance et l'intérêt de ces faits, qui semblent réserver à l'industrie électrochimique, déjà riche en conquêtes, un avenir nouveau et vraiment grandiose, si réellement elle arrive à exploiter, au bénéfice de l'humanité, cette source inépuisable, l'atmosphère, à laquelle nous n'avons demandé jusqu'ici que si peu de chose en comparaison de ce qu'elle peut nous donner.

CHUARD.

## LE MOIS HYDRO-ÉLECTRIQUE

### INFORMATIONS DIVERSES

#### Bureau de contrôle et d'essais de l'exploitation électrique municipale de la ville de Grenoble.

*Objet de cette création. — Dispositions générales.* — Le Bureau a été installé par les soins de la Faculté des sciences dans des locaux attenants immédiatement à l'Institut électrotechnique proprement dit, et antérieurement affectés au service de l'école enfantine du Lycée de jeunes filles.

Il est destiné à effectuer pour la ville et ses abonnés tous essais de sa compétence (réglage et étalonnage de compteurs, étude de lampes, examen de projets, vérification d'installations intérieures, etc.).

La direction du bureau est confiée à l'un des professeurs d'électricité industrielle de la Faculté des sciences, attachés à l'Institut. En outre du chef de laboratoire de cet Institut, le personnel comprend deux inspecteurs chargés des essais au dedans, et des vérifications au dehors.

Au point de vue des locaux le Bureau de contrôle et d'essais annexé à l'Institut électrotechnique et dont l'aménagement est aujourd'hui à peu près terminé, comprend :

Une salle de machines ; une salle d'accumulateurs ; une salle d'étalonnages ; une salle de mesures de précision ; une salle de photométrie ; des bureaux réservés au personnel assurant le service ; une salle de dépôt des appareils soumis aux essais.

*Sources d'énergie.* — Les sources d'énergie, tant mécaniques qu'électriques, auxquelles fait appel le nouveau service de l'Institut, se décomposent principalement en : moteurs électriques à courant triphasé, synchrones et asynchrones, animés par le réseau municipal ; en transformateurs utilisant l'énergie de ce même réseau et la mettant sous les deux formes habituelles : haute tension — basse intensité, ou basse tension —

haute intensité ; en dynamos de puissances diverses entraînées par les moteurs susmentionnés et débitant l'énergie électrique sous des formes aussi variées ; enfin en batteries d'accumulateurs constituant une réserve d'énergie joignant, à la puissance des effets dont les générateurs précités sont également capables, une constance de régime qu'ils ne possèdent qu'à un moindre degré.

*Salle des machines.* — La salle des machines comporte :  
2 groupes moteurs-générateurs. Le premier groupe est constitué par un alterno-moteur synchrone triphasé Labour, de 35 chevaux, entraînant une dynamo à courant continu de puissance convenable, servant aux essais ou à la charge des batteries. Ce groupe est réversible et peut être mis en mouvement au moyen de la dynamo actionnée par les batteries d'accumulateurs, ce qui permet à l'alterno-moteur de fonctionner en générateur mono ou triphasé, disposition avantageuse pour des essais pouvant nécessiter des courants variés de forme, de tension ou de fréquences.

Le deuxième groupe est constitué par un moteur asynchrone triphasé de 20-25 chevaux, également muni de sa dynamo utilisable pour tous essais et assurant, en concurrence avec celle du précédent groupe, la charge des batteries d'accumulateurs.

Ces deux groupes moteurs-générateurs peuvent, d'autre part, entraîner, et cela au moyen de tambours, poulies folles et fixes, etc., une transmission mécanique de 50 chevaux disposée suivant le petit axe de la salle des machines. Cette transmission sur laquelle les deux moteurs peuvent travailler simultanément, est munie d'un jeu de poulie de diamètres divers ; elle actionne dans la moitié de la salle occupée par les moteurs générateurs, des alternateurs mono et diphasés permettant également des essais en courant alternatif de phase et fréquence quelconques, ainsi qu'une dynamo d'électrolyse Labour à basse tension et grand débit, et elle peut, dans la seconde moitié de la salle, communiquer l'énergie mécanique aux alternateurs, dynamos, etc., soumis aux essais, ou la recevoir des moteurs divers que l'on peut avoir à éprouver.

Le dallage de cette salle est pourvu de nombreuses règles et glissières permettant l'arrimage, le déplacement des unités essayées, la tension des courroies, etc. ; il est sillonné de caniveaux contenant tout un réseau de distribution et de réception des courants et une forte canalisation d'eau destinée aux refroidissements des freins appliqués aux moteurs à l'étude. La commodité de la manipulation du matériel est assurée par un pont roulant pouvant soulever un poids de 2 tonnes et desservant toute l'étendue de la salle. La réception et le renvoi du matériel se font par un quai de débarquement pénétrant à l'intérieur de la salle et permettant d'amener les fardeaux au niveau du sol et à portée de l'appareil de levage.

L'alimentation en courants alternatifs des salles d'essais est le plus généralement réalisée par un transformateur triphasé de 60 kilovoltampères abaissant la tension de 5 000 à 120 volts et assurant l'alimentation des moteurs, l'éclairage, etc.

Ce même transformateur rend possibles les essais divers à 600 volts et cela par un ingénieux couplage des bobines de son secondaire ; ou bien : un transformateur spécial éleveur de 120 à 600 volts rend possibles les essais à cette tension couramment employée dans les moteurs.

Enfin un transformateur monophasé à tension réglable et pouvant atteindre 60 000 volts permet tous les essais de matériaux aux tensions élevées, transformateurs, câbles, isolants divers, matériel de ligne, isolateurs, etc.

La régulation, la mesure, la manipulation des courants engendrés ou utilisés par l'ensemble des générateurs ou récepteurs se fait au moyen d'un tableau de distribution divisé en panneaux (un par unité) et muni de tout l'appareillage nécessaire. Un tableau spécial est réservé aux essais du matériel courant, dynamos, alternateurs, commutatrices, moteurs continus et alternatifs, transformateurs, etc. Enfin un tableau de couplage, sorte de combinateur universel contenant des plots à chevilles reliés les uns aux sources, les autres aux