

cembre 1890, la ville, après s'être réservé le droit d'accorder toutes concessions, permissions ou autorisations concurrentes, a expliqué qu'elle peut, sous certaines conditions, aux termes de l'article 3 du traité intervenu entre elle et la Compagnie du gaz, obliger cette dernière à se transformer en Société électrique ; que, par suite, la Société requérante n'est pas fondée à prétendre que la concurrence de la Compagnie du gaz est de celles qu'elle ne pouvait pas prévoir pour la vente de l'énergie électrique, et à soutenir qu'en accordant à cette Compagnie l'autorisation de placer des conducteurs d'électricité dans toutes les parties de son territoire la ville a manqué à ses obligations envers elle ;

Considérant que de ce qui précède il résulte que les conclusions de la ville tendant à ce que la Compagnie du gaz soit condamnée à prendre son fait et cause sont devenues sans objet ;...

(Arrêté annulé dans celles de ses dispositions par lesquelles il a déclaré que, en imposant à la C^{ie} du gaz un tarif maximum inférieur à celui qu'elle avait précédemment admis pour la Société d'électricité, la ville de Pau a manqué aux obligations que lui impose le traité du 13 décembre 1890 et a ordonné une expertise en vue de rechercher le préjudice que la Société d'électricité a pu avoir éprouvé et d'en évaluer le montant ; conclusions de la Société électrique des Pyrénées rejetées ; les dépens devant le conseil de préfecture et devant le Conseil d'Etat seront entièrement supportés par la Société électrique des Pyrénées).

Arrêt du 29 Juillet 1910

Décidé que le concessionnaire avait rempli ses obligations en pourvoyant à l'éclairage électrique de l'agglomération principale de la commune à l'exclusion des hameaux épars, et en fournissant un nombre de bougies supérieur à celui stipulé au traité.

Vu la requête de la commune de Saint-Bonnet... tendant à ce qu'il plaise au Conseil annuler un arrêté, en date du 19 décembre 1906, par lequel le conseil de préfecture des Hautes-Alpes l'a condamné à payer au sieur Chabraud, concessionnaire de l'éclairage électrique, la somme de 4.879 fr. 70, montant des travaux et fournitures faites par lui pour l'éclairage de la commune ;

Vu la décision du Conseil d'Etat, en date du 26 juillet 1897, Vu la loi du 28 pluviôse an VIII ;

Considérant que, pour refuser de payer les sommes réclamées par le sieur Chabraud, la commune de Saint-Bonnet se fonde exclusivement sur ce que le concessionnaire n'aurait pas rempli les obligations que le marché mettait à sa charge ;

Mais considérant, d'une part, qu'à la date du 26 juillet 1907, le Conseil d'Etat a décidé qu'il était dans la commune intention des parties de ne faire bénéficier de l'éclairage électrique que l'agglomération principale de la commune de Saint-Bonnet, à l'exclusion des hameaux épars ;

Considérant, d'autre part, que la commune requérante ne justifie pas de la remise par le maire au concessionnaire d'un état spécifiant, en même temps que le nombre et l'emplacement des lampes réclamées par la commune, l'intensité en bougies de chacune d'elles ; qu'il est établi par l'avis unanime des experts que l'éclairage fourni par le sieur Chabraud comprend un nombre de bougies supérieur à celui qui était stipulé à l'article 7 du traité ; que, par suite, la commune n'est pas fondée à refuser le paiement de la somme demandée par le sieur Chabraud pour installation, éclairage et fournitures diverses, somme dont le montant a été reconnu exact par les experts ;...

(Rejet avec dépens).

ACADÉMIE DES SCIENCES

MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ

Sur les oscillations des alternateurs couplés. Note de M. A. BLONDEL. Séance du 28 mai 1912.

L'amplitude des oscillations des alternateurs accouplés, mus par des moteurs à couples invariables, peut être calculée, comme je

l'ai montré autrefois ⁽¹⁾, en développant en série de Fourier les inégalités des couples moteurs.

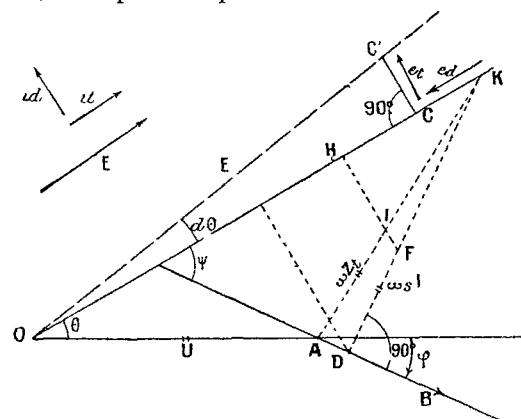
En appelant p le nombre de paires de pôles d'un des alternateurs, ω la vitesse de pulsation, K le moment d'inertie de la partie tournante rapportée à l'arbre de l'alternateur, τ la période du terme fondamental de l'irrégularité de la différence des couples moteurs, Ω la vitesse de pulsation correspondante ⁽²⁾, C le couple synchronisant, c'est-à-dire le moment par radian du couple électromagnétique auquel donne naissance un petit déplacement angulaire $d\alpha$ d'un des alternateurs accouplés par rapport au mouvement moyen de l'ensemble, θ l'amplitude du décalage de phase correspondant d'un alternateur ($\theta = p d\alpha$), h l'amplitude du terme de rang n dans la série de Fourier représentant l'irrégularité des couples, on a, en valeur absolue, lorsque, pour simplifier, on suppose négligeable l'amortissement :

$$\theta = \frac{\Omega h}{\frac{\omega}{p} \left[C - (n\Omega)^2 K \right]} \quad (1)$$

La même formule s'applique au cas d'un seul alternateur, générateur ou moteur, accouplé sur un réseau générateur d'impédance négligeable, si l'on représente par h l'irrégularité de couple du moteur, ou récepteur, solidaire de l'alternateur.

Je me propose de calculer C dans ces divers cas.

1° Cas d'un alternateur générateur unique. — Dans la théorie moderne des alternateurs ⁽³⁾, le régime d'un alternateur qui débite un courant I , décalé de l'angle de phase ψ , par rapport à la tension U aux bornes, est représenté par le schéma de vecteurs de la figure ci-jointe.



OA représente U ; AB représente I ; AD représente la chute de tension ohmique rI dans l'induit ; DK représente la force électromotrice de réaction transversale d'induit $\omega L_t I$, qui produirait le coefficient total de self-réaction transversale $L_t = L_t + s$. En joignant O à K, on obtient la ligne de phase OK du vecteur de la force électromotrice totale induite dans l'alternateur. Par suite, le décalage entre cette force électromotrice E et le courant ne dépend que de L_t , et non de la self directe totale. $L_d = L_d + s$.

Soit $DF = \omega s I$ la chute de tension par fuite ; la perpendiculaire FH, abaissée de F sur OK, détermine en OH la force électromotrice qui serait nécessaire en l'absence des contre-ampères-tours de l'induit, proportionnels à $I \sin \psi$; on oppose à ces derniers, sur l'inducteur, des contre-ampères-tours égaux, augmentés de ceux qu'exige l'accroissement des fuites : soit $L_d I \sin \psi$ la force électromotrice ainsi ajoutée, on a :

$$E = OK + \omega (L_d - L_t) I \sin \psi$$

⁽¹⁾ Voir A. BLONDEL, *La Lumière électrique*, t. LVI, 1892, p. 863 et 312, etc., et *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, 4 janvier 1893, p. 37.

⁽²⁾ $\omega = \frac{\Omega}{p}$ quand l'alternateur est couplé directement sur l'arbre de son moteur.

⁽³⁾ Voir : *Sur la théorie des alternateurs*, par A. BLONDEL : *Comptes rendus* t. CXXIX, 1899, p. 586 ; *Industrie électrique*, novembre et décembre 1899, et *Congrès international des Electriciens*, Saint-Louis, 1904. — J'appelle L_t un coefficient de self-induction transversale, s , un coefficient de self-induction de fuites, et L_d un coefficient de self-induction directe, dans les conditions de saturation et de fuite où se trouve l'alternateur (il ne s'agit ici que de variations élémentaires très-petites de régime).

Par conséquent, E est plus grand ou plus petit que OK , suivant que L_d est plus grand ou plus petit que L_t . Mais, pour ne pas compliquer la figure, on supposera sur celle-ci E représentée par OK .

Une oscillation infiniment petite $d\theta$, dans le sens de l'accélération, transforme le vecteur de force électromotrice interne total en OC' ; et ce dernier peut se déduire de E par le calcul différentiel suivant : La variation du décalage modifie la composante réactive du courant $I \sin \psi$; il en résulte une modification de la grandeur de E :

$$e_d = \omega (L_t - L_d) d(I \sin \psi) = \omega (l_t - l_d) I \cos \psi d\psi.$$

D'autre part, la rotation $d\theta$ du vecteur OC ainsi obtenu équivaut à l'addition d'un second vecteur élémentaire perpendiculaire e_t sensiblement égal à $E d\theta$.

La résistance r étant négligeable à côté de ωL_t et de ωL_d dans les alternateurs existant, ces forces électromotrices supplémentaires créent dans l'induit deux courants supplémentaires décalés de $\pi/2$ en avance respectivement, savoir :

$$\left. \begin{aligned} i_t &= dI \sin \psi, & \text{en phase avec } E \\ i_d &= \frac{Ed\theta}{\omega L_t}, & \text{en quadrature avec } E. \end{aligned} \right\} \quad (II)$$

La variation élémentaire de la puissance électrique est :

$$dP = E i_t + E i_d - e_d I \cos \psi - e_t I \sin \psi, \quad (III)$$

ou algébriquement :

$$C = \frac{P}{\omega} \left[\frac{E^2}{\omega L_t} - I^2 \cos^2 \psi \omega (l_t - l_d) - EI \sin \psi \right], \quad (IV)$$

en remarquant que $C = \frac{P}{\omega} \frac{dP}{d\theta}$ et que $E i_d = 0$

On en déduit, par l'expression (I), l'amplitude des oscillations θ .

La période d'oscillation propre de l'alternateur couplé sur le réseau peut aussi se calculer par l'expression générale :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{K}{C}}$$

dans laquelle C a la valeur donnée par la relation (IV).

2° *Cas de deux alternateurs identiques.* — A toute oscillation en avance $d\theta$ de l'un correspondra une égale oscillation en retard de l'autre. Les courants élémentaires i_d et i_t des deux machines seront égaux et de signes contraires, et se compenseront par rapport au circuit extérieur qui recevra le courant $2I$. Les formules précédentes restent applicables.

3° *Cas d'un moteur synchrone.* — Le même graphique, et les mêmes formules, s'appliquent en changeant le signe de I , et notant que la puissance interne P devient motrice; alors h est l'inégalité du couple résistant.

Formule nouvelle pour le nivellement barométrique.

Note de M. ARNAUD. Séance du 3 juin 1912.

Considérons, dans l'atmosphère terrestre, deux points infiniment voisins, situés sur la même verticale. Si l'on désigne par z la hauteur ou l'altitude, par p la pression, par π le poids de l'unité de volume d'air, on a, en prenant les hauteurs à partir d'un plan de comparaison situé au dessous des deux points considérés :

$$dp = - \pi dz$$

Si z est exprimé en mètres, π a pour valeur :

$$\pi = \frac{l}{7992} \frac{p}{1 + \alpha t}$$

α étant le coefficient de dilatation de l'air, et t la température, qui varie ainsi que p avec l'altitude. Si le thermomètre qui sert à mesurer t est à échelle centigrade, le coefficient α a pour valeur, dans l'air sec, $1/273$.

Les premières expériences faites pour déterminer ce coefficient ayant été exécutées sur de l'air imparfaitement sec, le coefficient obtenu était légèrement plus élevé. Comme l'air atmosphérique

contient toujours une certaine quantité de vapeur d'eau, on se rapprochera de la pratique en adoptant un coefficient légèrement plus fort, soit $1/272$.

On obtient ainsi :

$$\frac{7992}{272} \frac{dp}{p} = - \frac{dz}{272 + t}.$$

Expression qu'on peut encore écrire :

$$29,42 \frac{dp}{p} = - \frac{dt}{272 + t} \cdot \frac{dz}{dt}$$

Pour obtenir sa formule barométrique, Laplace supposait t constant, hypothèse manifestement inexacte dans la généralité des cas. On s'éloignera beaucoup moins de la réalité en supposant constante la quantité $\frac{dz}{dt}$. Supposons en outre que les surfaces d'égale

pression, ou d'égale température, soient parallèles à la surface du niveau des mers : on peut alors comparer deux points d'altitude différente, et non située sur la même verticale, et, en désignant par z' l'altitude, et t' la température du point le plus élevé, remarquer que l'hypothèse sur l'invariabilité de la fonction $\frac{dz}{dt}$ revient à remplacer $\left(-\frac{dz}{dt}\right)$ par $\frac{z' - z}{t - t'}$.

Dès lors, il est évident qu'en intégrant la relation donnée plus haut, on obtiendra, T et T' étant les températures absolues aux deux points :

$$29,42 \text{ Log } \frac{p}{p'} = \frac{z' - z}{t - t'} \text{ Log } \frac{272 + t}{272 + t'} = \frac{z' - z}{T' - T} \text{ Log } \frac{T}{T'}$$

Donc, grâce à l'hypothèse admise, rien n'est plus facile que de déduire la différence d'altitude de deux stations des indications données en chacune de ces stations par le baromètre et le thermomètre.

Cette différence d'altitude est donnée par la formule :

$$z' - z = 29^m 42 (t - t') \frac{\text{Log } \frac{p}{p'}}{\text{Log } \frac{272 + t}{272 + t'}} = 29^m 42 (T - T') \frac{\text{Log } \frac{p}{p'}}{\text{Log } \frac{T}{T'}}$$

Comme les logarithmes entrent à la fois au numérateur et au dénominateur, il n'y a pas lieu de s'occuper du module, et l'on peut ainsi remplacer les logarithmes népériens par les logarithmes vulgaires.

D'autre part, cette formule ne comporte pas une très grande approximation pour plusieurs raisons :

1° L'hypothèse $\frac{dz}{dt} = C$ n'est pas toujours exacte ;

2° Les valeurs de t et t' ne sont généralement données par les instruments qu'à 0°1 près ;

3° Le coefficient de dilatation $1/272$ adopté s'applique à de l'air contenant une certaine quantité d'humidité qui reste indéterminée ;

4° Le nombre 7.992 dérive du poids de l'air, à 0° et à 760 mm. de pression, évalué à 1 293 grammes, avec une approximation voisine seulement de 0,001.

Pour toutes ces raisons, nous sommes enclins à penser qu'il serait oiseux de se préoccuper des variations, si minimes, de la pesanteur corrélatives, soit de l'altitude, soit de la latitude, d'autant que ces variations affectent dans le même sens la colonne d'air qui sépare les deux stations et la colonne de mercure qui sert à en mesurer le poids et la hauteur.

Pour les mêmes raisons, les logarithmes à 5 décimales sont suffisants pour tous les calculs.

D'ailleurs, malgré les imperfections de cette formule, si l'on en fait application au cas de la détermination de la hauteur du Mont Blanc, faite le 28 août 1884 (Voir l'Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1911); on obtient 4 810^m50 pour l'altitude cherchée, résultat assez satisfaisant. D'après les meilleures déterminations, l'altitude du Mont-Blanc est, en effet, de 4 810 m., et l'application des formules de l'Annuaire du Bureau des Longitudes aux observations de Bravais et Martin, du 28 août 1844, donne 4815^m7.

NOTES ET INFORMATIONS

L'accumulateur léger (Suite¹)

L'emploi de l'accumulateur kwkgr. modifiera profondément la distribution urbaine de l'énergie. Le nouveau mode dépendra des qualités du nouvel accumulateur. S'il peut fonctionner indifféremment avec le courant alternatif et le courant continu, ce qui n'est pas impossible mais qui est peu probable, tous les réseaux actuels pourront continuer à fonctionner et leur capacité sera singulièrement augmentée, par l'établissement de réservoirs régulateurs en un grand nombre de points du réseau. Les feeders principaux et le centre de production pourront travailler économiquement à puissance constante.

Malgré cela on peut envisager la suppression totale du réseau de distribution ou tout au moins sa réduction à un schéma de réseau aboutissant à des postes de ravitaillement d'énergie. Les gros consommateurs continueront à être alimentés par des feeders partant de la source d'énergie qui sera le plus souvent un poste aux abords de la ville relié à la voie ferrée et recevant les wagons de kw.-heure. Mais le petit consommateur se verra défrayer des dépenses de branchement et de compteur. Il pourra s'approvisionner par bidons de 5 à 10 kw. aisément transportables. La consommation annuelle d'un ménage doit être avec la prévision de l'augmentation de l'ordre de 2 à 300 kw.-heure par an, on conçoit que cet approvisionnement se fera sans grandes difficultés.

Ainsi les sociétés concessionnaires actuelles ne pourront se défendre que difficilement, car leur concession ne s'applique qu'au droit de prise des fils ou des câbles et on ne saurait empêcher la vente de l'énergie embouteillée.

Les villes pourront-elles frapper de taxes d'octroi l'énergie ainsi produite au dehors ? Sans doute, bien que le contrôle sur une matière aussi impondérable apparaisse comme difficile. Mais, en rendant l'énergie chère chez elles, elles travailleront à la ruine de leur industrie et verront se dépeupler la ville au dépend du faubourg.

L'énergie ainsi se diffusera à l'infini et cette diffusion profitera surtout à la petite industrie qui obtiendra sa force motrice à des prix très voisins de la grande usine. Pour le plus grand bien, l'agglomération ouvrière se divisera et l'atelier familial pourra renaître dans nombre d'industries.

Pour les applications de la lumière on peut prévoir que l'installation intérieure se simplifiera beaucoup. La lampe portative affranchie du fil qui la retient au mur sera la règle, car elle ne sera pas plus pesante qu'une lampe à pétrole actuelle. (Une lampe de 20 bougies contient 500 grammes de pétrole pour 8 heures de lumière, une lampe portative électrique de même puissance et durée contiendra 160 grammes d'accumulateur.)

On peut donc résumer la modification apportée dans la distribution urbaine de l'énergie en prévoyant une diffusion très grande de l'énergie et un abaissement de prix de l'ordre de 7 à 1 pour les petits consommateurs et de 2 à 1 pour les gros clients.

Dans les autres branches de l'industrie et en particulier dans celles des transports, l'accumulateur kwkgr. exercera une véritable révolution.

Le tramway électrique sera affranchi du hideux trolley et la diminution du prix de l'énergie, l'économie des pertes de transformation et de distribution permettront aux Compagnies de vivre plus largement qu'actuellement. On peut prévoir même, sinon un abaissement des tarifs, du moins un plus grand parcours et de plus grandes facilités données aux voyageurs. Les nouveaux accumulateurs permettront en outre un contrôle facile de l'énergie dépensée par kilomètre-voiture et on pourra intéresser les wattmen à l'économie réalisée, et ceci est très important, car nous pourrions citer une Compagnie qui, ayant placé un compteur sur chaque voiture, a réalisé des économies de courant de 20 à 30 % en intéressant les wattmen à cette économie.

Mais la transformation la plus frappante sera celle de l'industrie automobile. Actuellement un châssis de force moyenne muni d'un moteur à 4 cylindres de 80/110 pèse aux environs de 700 kilogrammes dont 450 kg. au moins sont représentés par le moteur, le changement de vitesse et le pont arrière. Un châssis électrique équivalent devrait être équipé de deux moteurs de 7 kw. et pourrait recevoir à poids égal 300 kilog. d'accumulateur, soit pratiquement 300 kw. correspondant à 20 heures de marche et à 900 kilomètres de parcours. C'est beaucoup plus que suffisant. Les voitures actuelles sont munies d'un réservoir leur permettant de faire 300 kilomètres environ parce que pratiquement on trouve de l'essence dans le moindre bourg. Avec l'accumulateur kwkgr., il suffira de trouver des dépôts d'énergie tous les 500 kilomètres.

L'automobile électrique possède nombre de qualités que n'a pas l'automobile à essence, même la six-cylindres sans soupapes dernier cri. La souplesse, le silence et la facilité de conduite n'en sont pas les moindres. On peut d'ailleurs entrevoir que le prix du châssis normal s'abaissera de 6 000 francs, prix moyen actuel, à 3 ou 4 000 francs, car sa construction sera plus simple et plus économique.

Le coût du kilomètre de voiture baissera aussi dans de sérieuses proportions ; si la dépense de pneumatiques, hélas ! ne changera pas, le coût de l'énergie diminuera de moitié. Pratiquement, une automobile de 12-16 HP consomme 7 centimes d'essence et d'huile au kilomètre (essence à 0 fr. 40), tandis que l'automobile électrique ne consommera que 3 centimes avec le kw.-heure à 10 centimes. Mais la plus grande économie se fera sur la dépense d'entretien et d'amortissement, car il est vraisemblable que l'automobile électrique ne comportant aucune pièce délicate coûtera infiniment moins d'entretien et aura une durée supérieure.

Ainsi l'automobile se vulgarisera de plus en plus. Les poids lourds et les voitures de livraisons bénéficieront encore davantage de ces économies, car dans l'automobile de tourisme le prix de revient du kilomètre est une chose accessoire. Le magnifique développement des transports automobiles prendrait une extension insoupçonnée et il ne serait pas téméraire de prévoir pour les transports locaux en commun la rénovation de l'antique diligence et la suppression à brève échéance des voies ferrées secondaires qui ne peuvent subsister qu'à l'aide de coûteuses subventions.

Il n'est pas jusqu'à l'humble bicyclette qui se transformera en une motocyclette souple, maniable et rapide. Equipée d'un moteur d'un kw., elle portera aisément 15 kilog. d'accumulateurs et son poids total ne dépassera pas de beaucoup 35 kilog., tout en coûtant la moitié du prix d'une bonne motocyclette actuelle.

L'accumulateur kwkgr. pourra-t-il s'appliquer à l'aéroplane ? Ce serait possible même en l'état actuel des choses et qui prévoit demain en cette matière ?

Un aéroplane actuel de 100 HP peut enlever, en y comprenant sa provision d'essence, 5 à 600 kilog. de charge utile. Il faudrait pour 5 heures de marche et la même puissance 375 kilog. d'accumulateur. On voit qu'on se trouve encore dans les limites acceptables. Il est vrai de dire que le moteur électrique actuel est bien plus pesant à puissance égale que ces merveilleux moteurs d'aéroplanes. Mais s'est-on jamais préoccupé sérieusement de faire des moteurs électriques extra-légers ? En sacrifiant sur le rendement, qui pourrait être abaissé à 0,80 pour un moteur de 100 HP, en employant des conducteurs en aluminium, il n'est pas douteux qu'on n'arrive à des progrès énormes. D'ailleurs, avec les perfectionnements incessants des aéroplanes, la question de poids perdra de jour en jour son importance. Que l'on compare seulement les premiers moteurs « Antoinette », véritables prodiges de mécanique, aux moteurs d'aviation actuels.

Le moteur électrique étant plus sûr que le moteur à essence, la sécurité de l'aéroplane sera augmentée et, chose à considérer, le prix de revient sera infiniment moindre, car le moteur est de beaucoup la partie la plus chère de l'aéroplane. Il est enfin une considération qui, en ce temps où l'aéroplane est un sport, n'a aucune importance. C'est celle du prix de revient de l'énergie. Il n'est pas téméraire de prévoir que les aéroplanes futurs seront munis de moteurs de plusieurs centaines de chevaux et le prix de

(¹) Voir *La Houille Blanche* de mars 1912.

l'énergie sera un facteur important de l'économie d'utilisation.

Pour toutes ces raisons, il faut croire que lors de la découverte de l'accumulateur kwkgr. l'aéroplane sera électrique et coûtera bien moins cher à tous les points de vue qu'une automobile.

Peut-on prévoir les transformations sociales qu'amènerait cette découverte à ce point de vue ? D'autres l'ont fait avant nous.

Est-il besoin de dire que la traction à vapeur sur rails aura vécu du coup. Depuis longtemps, les chemins de fer seraient électriques si les Compagnies n'avaient reculé devant l'énorme capital à engager pour électrifier les voies. On sait le rendement déplorable des locomotives à vapeur, bien inférieur pour de multiples raisons, à celui des machines fixes (irrégularité de puissance, pas de condensation, etc.), et l'ennui de l'obligation de l'arrêt tous les 150 kilomètres pour faire de l'eau. L'accumulateur kwkgr. apportera une solution excellente et une économie d'énergie appréciable.

Il est même fort probable que la nouvelle locomotive électrique sera trop légère et qu'on sera obligé d'augmenter le nombre des essieux moteurs, c'est-à-dire de répartir les moteurs sur les voitures du convoi, comme cela se fait au Métropolitain. La vitesse pourra être augmentée, mais pas autant qu'on pourrait le croire, car la résistance des voies limitera promptement l'augmentation de vitesse. Il apparaît néanmoins que l'on passera aisément de la vitesse moyenne de 95 kilomètres à l'heure (Côte d'Azur rapide) à celle de 120 à 130 kilomètres. La vitesse des trains omnibus sera surtout augmentée, car leur moyenne bénéficiera des démarrages beaucoup plus rapides avec des convois électriques qu'avec des locomotives à vapeur. On en a un exemple frappant avec le métropolitain qui, malgré ses arrêts fréquents et sa vitesse normale, inférieure à 50 kilomètres à l'heure, arrive à réaliser des moyennes de transport fort remarquables (25 à 30 kilomètres).

Même dans les applications marines, l'accumulateur kwkgr. pourra triompher du moteur à vapeur. Tel transatlantique de 15 000 HP possède des soutes à charbon de 2 000 tonnes. Ce poids laisserait disponible 2 millions de kw.-heure.

On sera peut-être arrêté par le coût de ces formidables accumulateurs, mais on peut prévoir un prix d'installation inférieur à 1 franc par kilogr. pour d'aussi grandes installations, et, d'autre part, on fera une économie énorme par la suppression des machines et chaudières, de leurs frais d'entretien et du personnel. On sait que les chaudières notamment ont une durée très limitée et qu'elles se détruisent très rapidement. La difficulté résidera plutôt dans la recharge rapide d'une pareille quantité d'énergie, car il ne faudra pas songer évidemment à un remplacement d'accumulateurs mais à leur recharge directe. Ne peut-on cependant concevoir que les grands ports seront munis de centrales perfectionnées actionnées à la houille et possédant des réservoirs électriques de capacité suffisante. Là encore on peut prévoir un abaissement de prix, pour l'énergie nécessaire à la marche des navires ? Les ports deviendront d'importants centres d'énergie.

Le problème des sous-marins à grand rayon d'action sera résolu du coup et peut-être toute la technique militaire navale en sera modifiée, car le tonnage des sous-marins pourra être accru et leur rayon d'action sera de l'ordre de grandeur de celui de nos cuirassés modernes.

Ainsi donc, dans toutes les applications de l'énergie, l'accumulateur kwkgr. permettra au moteur électrique de s'imposer. On peut prévoir que ce sera le seul moteur employé et que l'accumulateur kwkgr. sera le lien unissant toutes les sources d'énergie naturelle (eau, charbon, marée, vent) à l'énergie mécanique ou lumineuse ou calorifique.

La complète utilisation des chutes d'eau créera un concurrent très redoutable aux mines de charbon. Mais devons-nous le craindre ? La France importe chaque année des quantités considérables de charbon et sa production propre suffira toujours pour les applications métallurgiques et gazières. Les mines d'ailleurs pourront lutter dans certains cas plus facilement que l'on ne croirait, contre l'énergie hydraulique, leur prix de revient au kw.-heure sera de l'ordre du prix de revient du kw.-heure hydraulique,

transporté parce que d'une part celui-ci sera souvent grevé de l'amortissement énorme des dépenses d'installation des chutes et que, d'autre part on pourra utiliser tous les charbons de qualités inférieures, qui supportent difficilement le transport.

On peut préjuger par cet exposé imparfait de la révolution qu'apporterait dans le monde la découverte de l'accumulateur kwkgr. Mais cette découverte possible ne saurait être l'œuvre d'un seul. Si la masse du public prend Roentgen pour l'inventeur des rayons X, Gramme pour celui de la dynamo, Wright pour celui de l'aéroplane, Marconi pour celui de la T. S. F., elle ignore l'accumulation patiente des recherches des précurseurs ignorés. Elle oublie les Becquerel, les Ampère, les Faraday, les Ader, les Forest, les Chanute, les Branly et tant d'autres, dont les génies ont préparé la voie aux chercheurs futurs, dont un seul heureux a fait jaillir l'étincelle et coordonné les travaux antérieurs pour l'obtention du but final.

Qu'a-t-on fait jusqu'à présent pour la recherche de l'accumulateur ? rien, ou presque.

Quand on considère les vaines luttes politiques et les sommes folles dépensées chaque année par les peuples pour l'horreur de la guerre, et qu'on met en balance les bienfaits qu'apporterait une telle découverte, on reste confondu devant la stupidité des hommes. Quand on pense qu'il suffirait du prix d'un seul de nos « Dreadnought » pour créer des laboratoires d'études, stimuler les énergies, faire naître les génies, coordonner les efforts des chercheurs et des savants et peut-être aboutir à la plus grande découverte du vingtième siècle...

Je livre ce sujet à la méditation de mes jeunes camarades.

GIRARDET,
Ingénieur I. E. G.

Amélioration du canal de St-Bonnet

Ont été déclarés d'utilité publique les travaux suivants à exécuter par l'Etat, en vue de l'amélioration du canal de St-Bonnet, et comportant :

- 1° L'établissement de trois barrages-réservoirs sur les lacs d'Orcières, et de Crupillonze inférieur et supérieur ;
- 2° Le drainage du lit du Drac, à Chabottes, pour l'alimentation du canal d'arrosage de St-Bonnet au moyen des eaux souterraines ;
- 3° La rectification du canal de St-Bonnet sur une longueur d'environ 2 200 mètres à partir de l'usine Mouren.

La mise en chômage partiel des usines du Champsaur est autorisée dans la mesure nécessaire pour assurer aussi complètement que possible, en temps de pénurie, l'utilisation agricole des eaux du Drac au profit des canaux d'irrigation existants.

Ancrages dans le béton armé

Dans le *Génie Civil* du 16 mars 1912, M. KOECHLIN a étudié diverses dispositions défectueuses des armatures dans les travaux en ciment armé. Ces dispositions sont : les courbures trop brusques des fers ronds, et le trop faible écartement des fers dans les parties des constructions où ils transmettent au béton, par adhérence, l'effort qu'ils supportent. L'auteur a calculé les rayons de courbure et les écartements minima, en admettant un travail maximum de 50 kilogr. par centimètre carré pour le béton et de 10 kilogr. par millimètre carré pour le fer. D'après son calcul, pour un diamètre de 5 millimètres le rayon de courbure doit être de 78 millimètres, et l'écartement de 20 millimètres, et pour un diamètre de 40 millimètres, le rayon est de 628 millimètres et l'écartement de 158 millimètres.

Dans le *Génie Civil* du 20 avril 1912, M. MESNAGER, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a repris l'étude succincte faite par M. Koechlin et a étudié le problème de l'adhérence des armatures tendues et est arrivé aux conclusions suivantes :

Les armatures courbes chassant vers la masse du béton, lorsque leur rayon de courbure est inférieur à vingt et une fois leur diamètre propre, nécessitent des armatures secondaires perpendicu-

laire dont la section est, par longueur égale au rayon de courbure, au plus égale au quart de la section des armatures principales.

Les armatures courbes, chassant vers le vide, nécessitent des armatures secondaires, dirigées suivant les rayons de courbure, en faisant une boucle par dessus les armatures principales pour les rattacher à la masse du béton, et présentant une section égale à celles des armatures principales, par longueur de celles-ci égale au rayon de courbure.

Un crochet d'ancrage formant un peu plus d'un demi-cercle peut fournir un ancrage de résistance égale à celle de la tige circulaire qui le constitue, s'il a un diamètre égal à vingt et une fois celui de cette tige. S'il n'a que cinq fois son diamètre, il doit être complété par une barre perpendiculaire de diamètre égal au tiers de celui de la tige. Cette armature secondaire, pour fretter convenablement le béton, devra être terminée par un crochet d'un diamètre égal à 6 fois et demie celui des armatures principales. Pour que l'adhérence pût fournir cet ancrage, il faudrait qu'elle s'exercât sur soixante-sept fois le diamètre de la barre.

On peut faire supporter à l'adhérence le double de la limite permise, si l'on complète l'ancrage de l'extrémité de la barre par un crochet formant un peu plus d'un demi-cercle de diamètre égal à dix fois celui de l'armature. On peut se contenter d'un diamètre égal à cinq fois celui de l'armature, en employant une frette perpendiculaire de diamètre égal au quart de celui de l'armature.

D'une façon générale, les efforts ne doivent pas être transmis directement de barre à barre, mais par l'intermédiaire du béton, avec les précautions convenables pour ne pas écraser ce dernier.

Projet d'usine hydro-électrique à Husum utilisant l'énergie des marées

Un ingénieur de Hambourg, M. PEIN, a étudié, dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 15 février dernier, un projet d'utilisation de l'énergie des marées, au moyen d'une usine hydro-électrique qui serait installée près de Husum, dans le Schleswig-Holstein, en Allemagne. Cette usine serait établie entre la côte et l'île voisine de Nordstrand, qui est déjà réunie au continent par une digue de 1 800 m. Deux nouvelles digues permettraient de constituer deux bassins retenant l'eau à des niveaux différents, et ayant respectivement 960 et 640 hectares.

L'usine hydro-électrique serait installée à la fois entre les deux bassins et sur le bord de la mer, et ses turbines communiqueraient alternativement avec l'un et l'autre bassin. Le débit prévu est de 350 mètres cubes par seconde. La hauteur de la marée est d'environ 3 m., ce qui donne une hauteur de chute moyenne de 1^m50. On pourrait ainsi produire 5 000 HP. Une puissante batterie tampon régulariserait le régime électrique de cette usine.

M. Pein prévoit une dépense de premier établissement de 5 millions de marks, dont 3 millions et demi pour la création des deux bassins. Les frais annuels d'exploitation sont estimés à 500.000 marks. En comptant sur une production annuelle de 5 millions de KWH, le kilowatt-heure reviendrait à 10 pfennings, soit à 12,5 centimes. Pour 30 millions de KWH., ce prix s'abaisserait à 2 centimes environ.

Lignes de transmission en aluminium

De nombreuses lignes de transmission d'énergie ont été, dans ces dernières années, équipées avec de l'aluminium pur. Nous citerons, en France, les lignes d'une partie du réseau de l'Énergie électrique du Littoral méditerranéen, le réseau de la Société Biterroise, la ligne Dauphiné centre, les lignes de la Haute-Durance, de l'Eau d'Olle. Le réseau de la Société d'Électricité de la vallée du Rhône va être entièrement établi en aluminium. Il faut encore citer les lignes que la Compagnie des Chemins de fer du Midi a installées sur sa ligne de Villefranche-de-Conflent à Bourg-Madame, et les lignes du chemin de fer Nord-Sud, de Paris.

BIBLIOGRAPHIE

Exploitation des mines métalliques et méthodes d'extraction des minerais, par Walter R. CRANE, doyen de l'École des Mines du « State Collège » de Pensylvanie, traduit et augmenté par Albert F.-J. BORDEAUX, ingénieur des Mines, in 8° de VIII-182 pages, avec 65 figures. Dunod et Pinat, éditeurs, Paris 1912. Prix broché, 9 francs.

Les méthodes employées aux Etats-Unis pour l'extraction des minerais sont très variées, et diffèrent notablement de celles qu'on emploie pour les mines de charbon. Or, dans les traités d'exploitation des mines publiés en français, les méthodes décrites sont uniquement, on peut le dire, celles qui sont adoptées pour les mines de charbon. Il n'est fait aux mines métalliques que de rares allusions et seulement pour des gîtes peu importants, tels que ceux qu'on rencontre en France. Or, les Etats-Unis sont au contraire le théâtre d'une exploitation intensive des mines métalliques sur une très vaste échelle. Pour trouver quelque chose de semblable, il faut aller au Transvaal et dans de rares districts d'Europe ou d'Asie.

Comme, depuis quelques années, il se fait en France un mouvement actif au sujet de l'exploitation des mines, et comme beaucoup de personnes s'intéressent aux mines métalliques de l'étranger, il était donc à propos de publier un ouvrage ayant un but utile, et pouvant servir aussi bien aux étudiants qu'aux ingénieurs des mines, aux administrateurs de Compagnies minières, et même aux actionnaires qui s'intéressent à autre chose qu'à la spéculation.

Pour que l'ouvrage soit aussi utile que possible, les descriptions sont courtes et accompagnées d'illustrations nombreuses. En outre, l'application de chaque méthode a été fixée par un exemple, avec les avantages et les inconvénients de son emploi. La classification adoptée pour les diverses méthodes est fondée sur l'étendue du gîte, plutôt que sur le genre de minerai ou de métal, ou le caractère du gisement ; ce procédé semble être à la fois le plus simple et le plus logique. L'auteur ne décrit que les méthodes qui ont fait leur preuve ; il n'a voulu étudier ni les méthodes à l'état de projet ni celles qui sont en cours d'expérience.

Comment organiser les usines et entreprises, pour réaliser des bénéfices, par C.-U. CARPENTER, traduit et adapté de l'anglais, par S. HERYNGFET, ingénieur des Arts et Manufactures (2^e édition), 1 volume in-18°. Béranger éditeur, Paris 1912. Prix relié, 7 fr. 50.

Il n'est pas une personne, intéressée de près ou de loin à la question de l'organisation économique du travail dans les usines et de l'extension de cette organisation au point de vue commercial, qui ne puisse tirer profit de la lecture de ce livre. Le but de ce dernier est simple et fondamental : il fait ressortir d'une façon concise, et avec une clarté saisissante, les conditions auxquelles doit satisfaire une entreprise industrielle moderne — qu'il s'agisse d'une grande usine ou d'un simple atelier — pour justifier son unique raison d'être : *Réaliser des bénéfices*.

Les opinions émises par l'auteur sont le fruit d'observations personnelles faites « sur place » et, pour ainsi dire, au jour le jour, dans les circonstances les plus diverses et les plus difficiles de la vie industrielle. Elles acquièrent une valeur exceptionnelle du fait de la personnalité de l'écrivain dont la carrière a été particulièrement active et féconde.

M. C.-U. CARPENTER a occupé les situations les plus importantes de la hiérarchie industrielle : il a été chef de fabrication, directeur d'usine, administrateur, et il est actuellement président du conseil d'administration d'une des plus importantes sociétés industrielles des Etats-Unis. Les méthodes qu'il préconise ont été appliquées par lui dans plusieurs usines pour lesquelles sa collaboration avait été demandée, et elles ont été pleinement couronnées de succès. C'est le meilleur éloge qu'on en puisse faire.

L'Imprimeur-Gérant : P. LEGENDRE

Imprimerie PAUL LEGENDRE et Cie, 14, rue Bellecordière, LYON.