

M. LE PRÉSIDENT. — Nous voici sur un terrain débroussaillé.

D'abord, il n'est pas question, quand nous rédigerons les textes, de faire une différence entre ce que nous appelons une entreprise accessoire et la principale ; l'ensemble des dispositions relatives à la part contractuelle porte aussi bien sur l'accessoire que sur la principale ; nos rédacteurs préciseront bien la chose : « Les entreprises accessoires suivent la principale ». C'est une affaire entendue.

Puis, nous disons : « Les actes de concession fixeront, dans chaque cas, une redevance contractuelle qui pourra être :

« 1° Soit proportionnelle au nombre de kilowatts-heures produits, et revisable après une première période de dix ans, tous les cinq ans pour tenir compte des bénéfices de l'entreprise, mais sans pouvoir descendre au-dessous d'un minimum déterminé ». — Pas d'observation ? — Adopté.

« 2° Soit établie en attribuant à l'Etat :

« a) Une part des dividendes distribués aux actionnaires au-dessus d'un minimum déterminé, cette part devant croître avec l'importance de ce dividende.

« b) En cas de liquidation ou à l'expiration de la société, une part des sommes distribuées aux actionnaires en sus du capital versé par eux.

« Ces deux redevances pourront, dans certains cas, se cumuler et ne sont pas déterminées par la destination de l'usine.

« Toutefois, la participation de l'Etat sous forme d'une part de dividendes ne pourra être adoptée que pour les sociétés nouvelles ayant pour objet principal la construction et l'exploitation de l'usine concédée ». — Il n'y a pas d'observation ? — Adopté.

Quand il s'agira d'un particulier, d'après les explications de M. Rousseau, c'est la première formule qui sera appliquée.

M. FÉRET DU LONGBOIS. — C'est dit implicitement par le texte.

M. LE PRÉSIDENT. — Il est entendu que nous laissons en suspens : la question du rachat dont la formule n'a pas été présentée ; il serait bon de la présenter demain ; la question du contrôle.

M. MAHIEU. — C'est entendu. Je présenterai des formules pour le rachat et pour le contrôle.

M. LÉON PERRIER. — Celle de M. Rousseau paraît satisfaisante.

M. MAHIEU. — Il en faut deux pour le contrôle : l'une le contrôle technique et l'autre pour le contrôle financier. Je n'en ai pas parlé aujourd'hui parce que cela fait partie d'un autre point du questionnaire de M. Petit.

M. LE PRÉSIDENT. — Nous laissons de côté le rachat et le contrôle pour aujourd'hui. Mais il y a une petite question que j'ai le devoir de vous soumettre.

S'il y a subvention de l'Etat, est-ce le même régime que s'il n'y a pas subvention ? Pas de charges supplémentaires du fait de la subvention, pas de droits supérieurs ?

M. ROUSSEAU. — Dans mon esprit, s'il y a une différence, elle ne doit résider que dans les chiffres. Sans doute, on pourrait considérer que, si l'Etat accorde une subvention, il a droit à une rémunération spéciale destinée à le rembourser de son capital, mais ce serait compliquer inutilement les conventions ; il me paraît qu'il serait plus simple, et tout aussi avantageux pour l'Etat, d'augmenter, pour le cas de subvention, la participation dans les bénéfices.

M. LE PRÉSIDENT. — Si vous voulez, nous examinerons cette question quand nous étudierons la quatrième question de notre plan de travail et alors, si nous répondons oui, nous pourrions dire que les formules antérieures se trouvent modifiées dans telle ou telle proportion.

Par conséquent, voici notre texte arrêté là-dessus et il est entendu qu'au moment de la rédaction, la formule lue par M. Rousseau, que nous ne pouvons pas corriger et transposer aujourd'hui, servira de base à la rédaction des principes en tenant compte de nos décisions.

Aujourd'hui, nous avons fait un grand pas et j'espère non pas que nous finirons demain, mais que nos rédacteurs, si nous devons suspendre la semaine prochaine nos travaux, auront déjà de quoi travailler.

M. MAHIEU. — On peut peut-être, puisque nous paraissions d'accord, trancher de suite la question du contrôle.

M. LE PRÉSIDENT. — Ce sera long ; mieux vaut remettre cela à demain.

M. Marc REVILLE. — Ne serait-il pas possible, pour les questions qui peuvent donner lieu à des discussions longues, d'avoir un texte tapé sous les yeux ?

M. LE PRÉSIDENT. — Votre observation est tout à fait fondée.

La séance est levée à midi 1/4.

TRIBUNE DE LA REVUE

NOS ÉTUDES JURIDIQUES

C'est avec une vive satisfaction que nos Lecteurs apprendront le retour à notre Rédaction de M. Paul BOUGAULT, *Avocat à la Cour d'Appel de Lyon*, collaborateur de la première heure et de qui les claires études juridiques où l'élégance de la forme n'a d'égale que la sûreté de la documentation, furent si hautement appréciées, dans la période de 1902 à 1914.

Longtemps astreint, par sa situation d'officier de réserve, à de délicates fonctions auprès de Tribunaux militaires, et d'autre part, très absorbé par les travaux de la Commission extraparlamentaire de la Législation des Forces hydrauliques, où sa compétence a été mise largement à contribution, M. Paul BOUGAULT, nous donne à nouveau la précieuse collaboration que lui permet un labeur moins intense.

Nos prochains numéros contiendront de lui les études suivantes :

Comment, en pleine guerre, se constituent les chutes d'eau (à paraître dans le prochain numéro).

Nouveau Projet de Loi relatif aux travaux d'amélioration du régime des cours d'eau ;

Un arrêt de la Cour de Toulouse sur le changement de lit de la Garonne ;

Les dommages causés par les explosions des Poudres.

CORRESPONDANCE

Nous recevons de notre collaborateur M. Paul GOUY, la lettre suivante qui intéressera tous nos lecteurs par les si justes desiderata qu'il exprime.

Vals-les-Bains, 4 juillet 1918.

Monsieur le Directeur,

Vous avez bien voulu signaler avec éloge mes modestes études sur *les forces hydrauliques du Vivarais et leur utilisation industrielle*, en confirmant mes conclusions par les données de vos propres recherches. Je vous en remercie, et cela m'encourage à recourir encore à l'hospitalité de « *la Houille Blanche* », pour demander la solution d'une question que j'ai posée dans mon mémoire, sans pouvoir la trancher faute de documents suffisants.

Cette question n'intéresse pas seulement les Cévennes Vivaraises, mais tous les massifs montagneux de France, en dehors des Alpes et des Pyrénées. La voici en quelques mots.

A la suite de ces deux grandes chaînes, toutes les autres régions françaises ont entrepris d'utiliser leurs ressources hydrauliques, et de dresser un programme d'aménagement. Ce programme comprend naturellement deux parties distinctes : d'abord l'inventaire plus ou moins exact, plus ou moins complet des chutes disponibles et de la puissance que l'on peut en tirer ; ensuite, l'emploi possible de cette puissance.

L'enquête relative aux *possibilités* hydrauliques est déjà esquissée en ses grandes lignes dans les Cévennes septentrionales et méridionales, dans le Plateau Central, dans le Jura et les Vosges, et jusque dans les collines de l'Ouest ; il ne reste qu'à la compléter et à la préciser. Les premières recherches ont permis de constater que, dans toutes ces régions, les *pouvoirs d'eau* étaient, en fait, beaucoup moins considérables à superficie égale que dans

les Alpes et les Pyrénées, et d'autre part beaucoup plus fractionnés, les grandes forces y étant en proportion bien plus restreintes relativement à la masse des moyennes et des petites.

Quant à la seconde partie du programme, l'usage à faire des eaux, les statisticiens, les administrateurs ou les hommes d'affaires qui se sont livrés à ces études préparatoires sont parvenus, sans trop de peine, à déterminer dans quelles conditions les forces hydro-électriques régionales pourront être employées à l'éclairage, à la traction, aux moteurs des ateliers et des usines. En faisant le compte des chutes dont dispose leur département ou leur district, ils sont en état d'en prévoir et d'en préparer, dans une certaine mesure, l'affectation à ces divers emplois. L'exemple du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse, à cet égard, les guide suffisamment, et les leçons qu'ils y puisent peuvent être appliquées chez eux sans trop de difficultés.

Mais il existe une catégorie d'industries qui se sont taillé, dans l'emploi de l'énergie hydro-électrique, la part du lion : les industries chimiques et métallurgiques. Ces fabrications, à elles seules, absorbent plus de forces que tous les autres emplois réunis. L'utilisation complète des pouvoirs d'eau d'un massif montagneux ne saurait donc être envisagée et espérée sans l'intervention de ces industries grosses consommatrices. Elles ont, en outre, un double avantage qui rend l'aménagement hydraulique plus parfait, plus économique. L'électro-chimie et l'électro-métallurgie réclament comparativement peu de capitaux, une fois faite l'installation hydraulique ; et elles se prêtent aisément à des chômages temporaires, mettant à profit, de la sorte, la plupart des excédents saisonniers, tandis que la traction, l'industrie manufacturière et l'éclairage demandent une énergie beaucoup plus constante, qu'il faut régulariser par des moyens coûteux.

Les usines électro-chimiques ou métallurgiques constituent donc un élément essentiel de l'aménagement. Mais en fait, jusqu'à ce jour, elles n'existent guère en dehors des Alpes et des Pyrénées. L'*Annuaire de la Houille Blanche* de M. Paulowski, si complet et si détaillé, ne signale en dehors de ces deux chaînes que trois affaires, deux dans le Massif Central et une dans l'Ouest.

A quoi tient cette énorme infériorité des chaînes secondaires, infériorité qui, si elle se maintenait dans l'avenir, leur serait si dommageable ? Pourquoi n'ont-elles pas créé, à côté de leurs tramways électriques, de leurs usines de distribution, de leurs entreprises d'éclairage, des fours pour les produits chimiques ou les métaux ? Cette abstention provient-elles de ce que, dans les Cévennes, le Jura, le Plateau central, l'industrie hydro-électrique en général est moins développée que dans les Alpes, y étant née plus tard ? Ou bien y a-t-il des causes organiques, tenant à la nature même des régions hydrauliques, qui rendent impossible dans les chaînes secondaires, ce qui a lieu dans les départements de la rive gauche du Rhône ou de la frontière d'Espagne ?

Il ne s'agit pas, bien entendu, pour l'Ardèche, ou le Doubs, ou le Cantal, de rivaliser avec l'Isère ou la Savoie pour l'importance de leurs industries hydro-électriques. Si ces derniers départements ont dix fois ou vingt fois plus de forces hydrauliques disponibles que les premiers, il est tout naturel qu'ils emploient à des fabrications ou utilisations de tout genre, un nombre de chevaux dix fois ou vingt fois supérieur.

Ce qu'il y a lieu d'examiner c'est si l'Isère, par exemple, pouvant aménager un million de HP., en consacrerait plus de la moitié aux industries chimiques et métallurgiques, et si l'Ardèche ou le Cantal, pouvant réaliser 100.000 HP., suivront cet exemple en affectant quelques milliers de HP. à ces mêmes fabrications, ou s'ils ne pourront pas le faire. Problème grave, puisqu'il s'agit d'aménager rapidement dans le premier cas, lentement dans le second, les ressources existantes, et puisque, dans le premier cas, les excédents temporaires seront utilisés, et perdus dans le second.

En serrant la question de plus près, on s'aperçoit qu'elle se résume en un seul point capital : Quelles sont les exigences des usines électro-chimiques et métallurgiques en fait d'énergie ? Les quantités nécessaires à chacune d'elles peuvent-elles se rencontrer ailleurs que dans les Alpes ?

Question de fait : Les grandes usines, grosses consommatrices de forces, ne peuvent évidemment s'établir que dans les pays où

ces forces importantes se trouvent concentrées, c'est-à-dire dans les hautes Alpes et une partie des Pyrénées ; ailleurs, ces entreprises resteront exceptionnelles comme les puissantes chutes dont elles ont besoin.

Mais les usines chimiques et métallurgiques de moyennes et petites proportions, qui se contentent de forces restreintes, pourront être créées partout où ces forces médiocres se rencontrent, c'est-à-dire dans les Vosges, le Jura, le Morvan, les Cévennes, le Plateau Central et l'Ouest, aussi bien que dans les Pyrénées et dans les Alpes. Il s'agit donc de passer en revue les multiples industries métallurgiques et chimiques alimentées par l'électricité, et de rechercher quelles sont celles qui ont de grands, de moyens et de petits établissements, exigeant des doses d'énergie correspondantes.

Ces fabrications sont très nombreuses, très variées ; elles emploient des procédés fort différents ; il y a donc lieu de penser que leurs conditions techniques et économiques sont différentes aussi, et par là les dimensions des ateliers où elles ont lieu. Certainement, une fabrique de chlorure de calcium obéit à des règles autres qu'une fabrique d'aluminium ou de ferro-alliages. Telle spécialité se contentera de quelques centaines de chevaux, telle autre en voudra des milliers pour travailler avec avantage.

C'est un fait bien connu qu'en industrie, à chaque production spéciale, correspond une usine d'une importance déterminée, qui sert de type, parce que le prix de revient y est plus avantageux que dans les établissements plus grands ou plus petits. L'expérience détermine ces proportions ; elle dit, par exemple, qu'une filature de coton doit avoir tant de milliers de broches, un tissage de soieries tant de centaines de métiers ; de même pour une papeterie, une tannerie, une usine thermique de métallurgie, etc.

Eh ! bien, il est à supposer que les fours électriques n'échappent pas à cette loi commune, et il est à croire aussi, la simple lecture de l'*Annuaire de la Houille blanche* en fait foi, que l'importance des usines doit varier extrêmement selon le produit qu'elles élaborent ; du simple au décuple, au vingtuple et au-delà.

En conséquence, il doit y avoir certaines industries métallurgiques et chimiques qui ne pourront sortir des pays à grosses forces, que les contrées à chutes médiocres auraient tort de disputer à ceux-ci. Et il doit exister, à côté, des fabrications qui, se contentant de quelques milliers d'HP., ou même de quelques centaines seulement, sont abordables pour les chaînes de second ordre, et que ces chaînes peuvent légitimement chercher à développer chez elles.

Mais pour ne pas faire de fausses manœuvres, pour ne pas perdre son temps et ses efforts en vaines démarches, pour ne pas s'égarer sur des pistes fallacieuses, il faudrait avoir sous les yeux le classement exact et complet de ces diverses fabrications, au point de vue des exigences de chacune en force électrique.

La Houille Blanche, qui dispose de tant de documents accumulés et de tant de moyens d'informations et de contrôle, ne pourrait-elle se charger de ce travail statistique ?

Il y aurait, semble-t-il, deux moyens pratiques. On diviserait les usines chimiques et métallurgiques en quinze ou vingt spécialités par exemple : aluminium, aciers, ferro-alliages, cuivre, carbure de calcium, nitrates, etc., etc. Puis on pourrait, pour chacune de ces quinze ou vingt spécialités, demander aux techniciens quelle est, dans leur pensée, la dimension-type la plus avantageuse : 300, 1.000, 2.000, 5.000, 10.000 HP. On n'aurait qu'à publier ensuite ce tableau ascendant, en commençant par les fabrications les moins exigeantes pour arriver aux plus fortes consommations.

Ou bien, on pourrait relever sur l'*Annuaire*, par spécialités distinctes, les usines existantes, noter pour chacune le nombre de chevaux employés, et prendre la moyenne par spécialité. Si la fabrication A avait lieu dans dix usines, employant ensemble 20.000 HP., l'unité moyenne serait de 2.000 HP., et les localités pourvues d'une force de cette importance sauraient, dès lors, qu'elles peuvent faire utilement leurs offres à une Compagnie vouée au traitement de cette matière.

Cette enquête serait laborieuse assurément, et les résultats constatés risqueraient d'être parfois un peu flottants, parce qu'il s'agit d'industries nouvelles dont les procédés se modifient sans cesse, et dont les traditions ne sont pas encore bien assises.

Mais un pareil travail serait fort utile pour orienter les recherches de bien des gens qui préparent, un peu à tâtons, l'aménagement hydraulique de leur région ou district, et qui ont besoin de savoir au juste, je le répète, ce qu'ils pourront ou ne pourront pas faire de leurs chutes, surtout de leurs excédents

En m'excusant de la longueur et du décousu de cette lettre, je vous prie de croire, Monsieur le Directeur, à mes sentiments les plus distingués

Paul Goury.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS
Séance du 14 Mars 1918

INFLUENCE DES VARIATIONS JOURNALIÈRES DE LA FRÉQUENCE SUR LES INDICATIONS DES COMPTEURS D'INDUCTION (1)

M. A. DURAND expose que parmi les nombreux essais effectués au *Laboratoire central d'Electricité* sur les compteurs destinés à l'approbation ministérielle, il en est comme ceux des variations de la fréquence qui donnent lieu à certaines remarques.

D'après les arrêtés ministériels, les compteurs doivent être essayés avec des fréquences différant de ± 5 pour 100 de la valeur de la fréquence normale ; ces écarts, du reste, sont constatés très souvent, sur les réseaux de distribution ; et même certains cahiers des charges en prévoient de plus élevés. — Quelle peut être l'influence sur les indications d'un compteur d'induction, de ces variations journalières de la fréquence ?

Cette question intéresse les producteurs et acheteurs d'énergie électrique, elle intéresse les constructeurs de compteurs, les ingénieurs-conseils et les bureaux de contrôle.

Ces influences viennent contribuer à l'incertitude d'une mesure qui devrait être aussi exacte que possible dès que la question de prix a été débattue. Or, pour des compteurs enregistrant chacun des puissances de 10 000 kilowatts, un simple erreur de 1 pour 100 sur leurs indications peut se chiffrer, annuellement, par 100.000 fr. Quel beau Laboratoire on entreprendrait avec cette somme !

M. A. DURAND rappelle d'abord la formule finale à laquelle conduit la théorie de ces compteurs, théorie que M. Paul Janet a exposée en 1901.

La vitesse du disque a pour valeur : $\omega = \frac{K \omega \mathcal{H}_1 \mathcal{H}_2 \sin \varepsilon}{\mathcal{H}_1^2 + \mathcal{H}_2^2 + A}$

K étant un facteur de proportionnalité, ω la pulsation du réseau, \mathcal{H}_1 et \mathcal{H}_2 des champs agissants présentant entre eux une différence de phase ε , et A un terme proportionnel au couple antagoniste proportionnel à la vitesse produit par un aimant amortisseur.

La vitesse ω dépend donc de la pulsation ω ; elle devrait, toutes choses égales d'ailleurs, augmenter avec la fréquence : on verra plus loin qu'il n'en est pas toujours ainsi. — Si dans cette relation le champ \mathcal{H}_1 est proportionnel à la tension du réseau et \mathcal{H}_2 proportionnel à l'intensité du courant de l'installation, la vitesse du disque sera proportionnelle à la puissance à mesurer $UI \cos \Phi$, à condition toutefois : 1° que $\sin \varepsilon = \cos \Phi$; 2° qu'au dénominateur le terme $\mathcal{H}_1^2 + \mathcal{H}_2^2$ soit négligeable devant A , de manière que ce dénominateur soit sensiblement constant.

La condition : $\sin \varepsilon = \cos \Phi$, est réalisée quand le décalage du réseau Φ est complémentaire de l'angle ε . On peut pour cela, ou bien augmenter, par un dispositif approprié, le décalage du courant passant dans l'enroulement de tension, de façon à amener sa phase à être en quadrature avec la tension du réseau, ou bien, après avoir décalé fortement le courant du circuit de tension, diminuer dans le compteur, de la quantité voulue, l'angle de phase du circuit intensité. La réalisation de cette quadrature a été

obtenue de bien des manières ; mais, actuellement, le seul dispositif employé est celui de la bague dont les brevets sont dans le domaine public. Dans cette bague, embrassant généralement le champ créé par le courant provenant de la tension, il se produira des courants d'induction. Les champs produits par ces courants induits vont se composer avec le champ primitif pour donner un champ résultant ayant la quadrature cherchée. Il existe des types de compteurs où la condition : $\sin \varepsilon = \cos \Phi$, est réalisée en plaçant la bague sur une dérivation magnétique du champ.

La relation donnant la vitesse ω , toute théorique, devient très complexe si l'on tient compte de toutes les actions qui peuvent se produire dans ces compteurs pourtant si simples. — De quoi se composent en principe ces appareils ? Un électro-aimant branché entre les pôles de l'installation, un autre traversé par le courant principal, des dispositifs de réglage (aimant, bagues, compoundage) et un disque mobile.

Les électro-aimants contiennent des tôles, d'où introduction des effets dus à la perméabilité, à l'hystérésis, aux courants de Foucault. — L'intensité du courant passant dans l'électro-aimant de tension est :

$$I_1 = \frac{U}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}}$$

elle dépend bien entendu de la tension, ensuite de la résistance R de l'enroulement, de la self-induction L et de la pulsation ω , mais la résistance R est variable avec la température (température ambiante, échauffement des enroulements sous l'influence de l'effet Joule produit par le courant, échauffement des tôles par les courants de Foucault). Le coefficient L est variable avec l'induction dans le fer, induction dépendante, elle aussi, de l'intensité I_1 . Toutes ces causes, magnétiques et autres, vont faire varier, non seulement la grandeur, mais encore la phase de ce courant.

L'électro-aimant traversé par le courant principal aura, dans ses tôles, une induction variable avec ce courant ; il en résultera, pour la courbe d'étalonnage, la forme caractéristique bien connue (retard de 1 à 2 pour 100 entre les étalonnements à demi et pleine charge). D'autre part, ces électro-aimants émettent des flux plus ou moins utiles, leurs variations périodiques vont produire des courants d'induction dans les parties métalliques voisines : disque, bagues, compoundage, et peut-être même aussi dans les boîtiers, etc.

Ces courants induits dépendront en premier lieu de la fréquence, car, si le flux est de la forme : $\mathcal{F} = \mathcal{F}_0 \sin \omega t$, la force électromotrice induite sera : $-\frac{d\mathcal{F}}{dt} = \omega \mathcal{F}_0 \cos \omega t$;

le flux maximum \mathcal{F}_0 est donc multiplié par ω . L'intensité et la phase de ces courants de réaction dépendront de l'impédance de leurs circuits ; leurs champs variables, eux aussi, en grandeur et en phase, viendront se composer avec les champs des électro-aimants pour former, dans le compteur, les champs \mathcal{H}_1 et \mathcal{H}_2 .

C'est en tenant compte d'une partie de ces actions que M. ILTOVICI, a établi la relation rappelée dans sa Communication de juillet 1915.

Ceci s'applique aux compteurs à courants monophasés.

En passant aux compteurs pour courants triphasés, compteurs comportant deux ou trois systèmes de couples d'électro-aimants, il faut tenir compte des réactions des phases les unes sur les autres ; ce fait est assez connu pour qu'il y ait dans le commerce, des indicateurs de phases indiquant l'ordre dans lequel les lignes du réseau doivent être reliées au compteur.

Quoi qu'il en soit, ces théories, bien qu'incomplètes montrent le but à atteindre ; par exemple, s'il était possible de rendre nulle la résistance ohmique de l'électro-aimant de tension, on arriverait à ce résultat que ω disparaîtrait du numérateur de la formule ; la fréquence n'interviendrait que dans le terme \mathcal{H}_1^2 du dénominateur, terme qui avec \mathcal{H}_2^2 doivent être négligeables devant le couple antagoniste de l'aimant. De plus, le champ dans l'électro-aimant de tension dont le déphasage est : $\tan \alpha = \frac{L}{R} \omega$, serait alors en quadrature avec la tension, de sorte que la bague n'aurait plus d'utilité. Cette relation : $R = 0$, est, bien entendu, imposé

(1) Travaux du Laboratoire central d'Electricité.