

# LES ÉTUDES ÉLECTROTECHNIQUES

## L'Institut Électrotechnique de l'Université de Grenoble

Les applications de l'électricité sont actuellement si nombreuses et si variées, elles jouent un si grand rôle dans toutes les manifestations de l'industrie moderne, que leur connaissance s'impose chaque jour davantage à un public sans cesse plus étendu.

L'ouvrier qui, appelé à manier des appareils électriques, veut le faire en connaissance de cause, c'est-à-dire en s'élevant au dessus du grossier empirisme d'un manoeuvre; l'homme du monde curieux de posséder un aperçu général des phénomènes électriques, ne fût-ce que pour comprendre les termes de sa police d'abonnement à la lumière électrique, ou pour apprécier la nature et l'importance des entreprises électriques auxquelles il s'intéresse, ou encore, pour être en état de débattre, comme administrateur public, des questions concernant des installations électriques; le commerçant et l'industriel désireux d'être tenus au courant des multiples applications de l'électricité susceptibles d'utilisation dans leurs établissements; l'ingénieur appelé à donner son avis sur un projet d'installation électrique intéressant un service public; l'expert appelé à se prononcer sur les qualités ou les défauts d'appareils électriques, au moment de leur mise en marche ou au cours du service; l'électricien de profession, lui-même, soucieux de se rendre compte des qualités des matériaux qu'il emploie, ou désireux d'éprouver, par des essais et des mesures, la valeur d'une invention, avant d'en faire l'objet d'une exploitation industrielle, telles sont les principales catégories de personnes qui, par goût ou par état, momentanément ou d'une manière continue, ont des connaissances à demander à telle ou telle partie de cette vaste science qui constitue actuellement l'Électrotechnique.

Il est visible, par cette brève énumération, que cette science, envisagée dans ses rapports avec la société toute entière, a pris aujourd'hui l'importance d'un véritable service public.

Enseignement populaire des éléments de la science électrique: enseignement technique plus approfondi, à la fois théorique et pratique des applications industrielles; expositions permanentes d'appareils électriques, accompagnées de démonstrations pratiques; service public d'informations, de contrôle, d'études et d'essais pour tout ce qui concerne l'électricité industrielle, tel est, en résumé, l'énoncé des fonctions que doit assumer, pour donner satisfaction à tous les besoins, le service en question.

Ce qu'on appelle *Institut électrotechnique* n'est autre chose qu'un établissement où sont groupés tous les organes nécessaires à l'accomplissement de ces diverses fonctions, savoir:

1° Un matériel complet d'appareils scientifiques propres à l'enseignement de la science électrique, à la fois dans ses parties les plus élémentaires et dans ses parties les plus avancées;

2° Un amphithéâtre permettant de donner cet enseigne-

ment dans des leçons et conférences publiques accessibles à un nombre d'auditeurs assez considérable;

3° Une bibliothèque composée des principaux ouvrages et recueils périodiques, français et étrangers, consacrés aux applications industrielles de l'électricité;

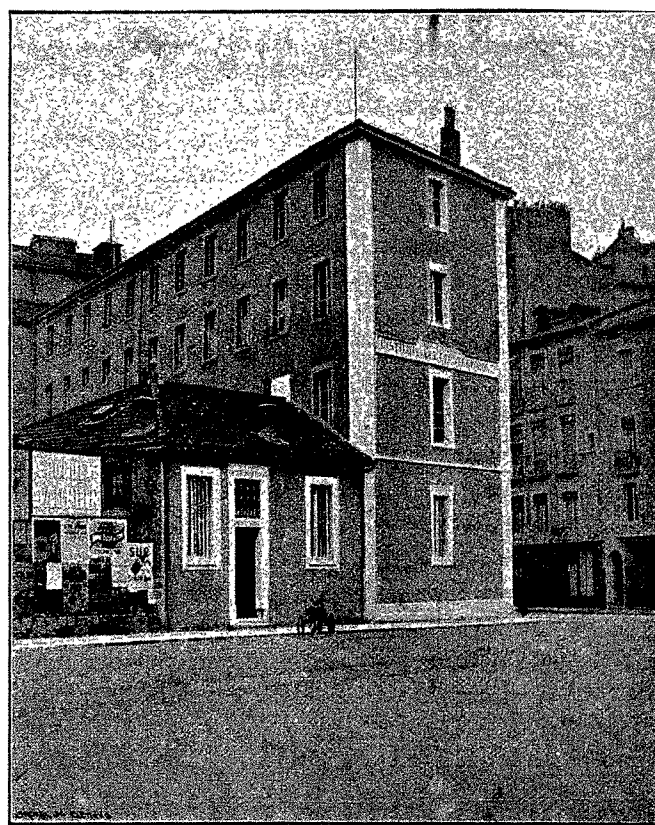
4° Des salles se prêtant à une exhibition publique permanente de spécimens variés des appareils électriques utiles au public, au commerce et à l'industrie;

5° Des laboratoires consacrés respectivement à l'électromécanique, pour l'étude et l'essai des dynamos et moteurs électriques; à l'électrothermie, pour l'étude et l'essai de lampes et appareils de chauffage électrique; à l'électrochimie, pour l'étude et l'essai des piles, accumulateurs, cuves électrolytiques, etc.;

6° Un bureau complet de mesures électriques, outillé pour l'étude des propriétés électriques et magnétiques des matériaux employés dans l'industrie électrique, pour le contrôle de tous les appareils indicateurs usuels, etc.;

7° Une station génératrice d'énergie électrique pourvue de moteurs à vapeur et à gaz, de dynamos et d'alternateurs assez puissants pour fournir tous les courants nécessaires à l'éclairage, aux expériences de cours, aux travaux de laboratoire;

8° Un atelier muni des principaux outils nécessaires au travail du bois et des métaux pour les besoins des manipulations de tous genres qui viennent d'être indiquées.



Institut Electrotechnique de Grenoble.

Si un tel établissement doit se trouver quelque part, en France, c'est évidemment de préférence dans la région des Alpes, du Dauphiné et de la Savoie où, par suite de l'abondance des puissances motrices hydrauliques, des installations électriques de tous genres se sont multipliées et continuent

à se développer plus que partout ailleurs; où il n'existe pas une forme de production et d'utilisation industrielles de l'énergie électrique qui ne s'offre en exemples divers, nombreux et importants, depuis les éclairages des villages jusqu'aux plus grands réseaux urbains, depuis les distributions électriques d'ateliers jusqu'aux transports d'énergie s'étendant à des centaines de kilomètres.

Telles sont les considérations qui ont amené l'Université de Grenoble à fonder, dans cette ville, c'est-à-dire au cœur même du *pays de la Houille blanche* française, un *Institut électrotechnique*.

Cette initiative convenait tout spécialement à l'Université, dont le laboratoire de physique avait collaboré aux célèbres essais de transport électrique d'énergie effectués, en 1883, par M. Marcel Desprez, entre Vizille et Grenoble, et dont la Faculté des Sciences avait, la première en France, avec le concours de la Chambre de Commerce, du Conseil général de l'Isère, de la municipalité de Grenoble, institué un cours d'électricité industrielle professé, de 1891 à 1894, avec le talent que l'on sait, par M. Janet, actuellement directeur de l'Ecole supérieure d'Electricité de Paris.

Tel qu'il est actuellement organisé, l'Institut électrotechnique de l'Université de Grenoble est à la fois :

Une *Ecole électrotechnique* ayant pour mission de donner, au degré supérieur, l'enseignement théorique et pratique de l'électricité industrielle ;

Un *bureau d'essais*, en état d'effectuer pour le compte du public, toutes les opérations usuelles de contrôle et d'étude des appareils et des installations électriques ;

Un *Laboratoire de recherches* propre à contribuer à l'avancement de la science électrique.

Comme Ecole électrotechnique, il est déjà avantageusement connu dans la France entière, et même au dehors, car outre le département de l'Isère, dix autres départements (1) en France et deux villes de l'Afrique française (2) ont contribué à fournir l'effectif actuel de ses 24 étudiants.

Pour être admis à s'inscrire, les étudiants ne sont assujettis à aucune condition d'âge ou de grades; mais ils doivent satisfaire à un examen d'entrée exigeant d'eux de très solides connaissances, particulièrement en électricité et en mathématiques (3). Le baccalauréat es-sciences ne constitue pas une préparation suffisante pour mettre un jeune homme en état de suivre avec intelligence et, partant, avec un complet succès, les cours de l'Institut. Celui-ci ne peut ouvrir ses portes qu'à des jeunes gens d'une formation plus complète et plus avancée, à des esprits déjà adultes, ayant le goût et la force du travail personnel qui distingue l'étudiant proprement dit du simple bachelier, à peine encore sorti de l'enfance.

Quiconque veut, en électricité industrielle, s'élever au dessus de l'empirisme d'un vulgaire monteur et acquérir le

savoir raisonné qui, seul, permet de faire, en ces matières, œuvre de chef, d'homme d'initiative, d'ingénieur, en un mot, apte à concevoir et à discuter des projets, à imaginer des installations nouvelles, à modifier, en vue d'un but déterminé, des installations existantes, etc., celui-là doit, de toute nécessité, avoir l'esprit préalablement formé et assoupli à la forte discipline des mathématiques supérieures. Il doit avoir non seulement étudié et compris les principales théories de la géométrie, de l'algèbre, de la trigonométrie et de l'analyse infinitésimale usuelles, mais, de plus, en avoir fait des applications assez nombreuses et assez variées pour ne point faillir dès qu'il s'agit de donner aux formules leur destination finale qui est d'être traduites en chiffres, puisque toute étude pratique doit nécessairement aboutir à un devis numérique, dont le premier mérite est l'exactitude. Le simple bachelier, même s'il a compris le peu qu'il a appris, ne le possède point suffisamment pour en faire usage couramment et sans erreur et ne sait ni préparer, ni disposer, ni achever exactement les calculs numériques pour lesquels il a même, le plus souvent, une véritable aversion.

Le cours de mathématiques supérieures des lycées (1) ou celui de mathématiques spéciales doivent donc être considérés comme le degré minimum de préparation à l'examen d'entrée de l'Institut électrotechnique. Sont naturellement dispensés de cet examen les jeunes gens qui ont fait des études supérieures, soit dans une Faculté des Sciences, soit à l'Ecole centrale, soit à l'Ecole polytechnique, soit dans une Ecole technique spéciale, telle que l'Ecole centrale lyonnaise, l'Ecole des mines de St-Etienne, etc.

S'il est de toute nécessité que les étudiants admis à l'Institut y arrivent avec une très forte préparation préalable, avec le goût et l'habitude du travail personnel, intelligent et rapide, c'est parce que le programme (2) qui est offert à leur activité est d'une étendue et d'une difficulté qui ne peuvent tolérer de leur part ni lenteur, ni défaillance.

L'emploi de temps comporte, en effet, chaque semaine, 8 heures de cours, 15 heures de manipulation et, pour la mise en ordre des notes, l'œuvre de réflexion personnelle, la rédaction des devoirs, etc., 25 heures d'études. Les cours et conférences portent sur les notions fondamentales de l'électrotechnique, les mesures électriques et mécaniques, la solution des problèmes usuels de l'électricité industrielle, l'élaboration des plans et devis d'installations électriques, la traction électrique, la physique industrielle, la mécanique industrielle, les principes de la construction des machines électriques, la construction et l'exploitation des lignes électriques, les mathématiques appliquées, la chimie analytique et l'électrochimie. Les manipulations ont pour objet la vérification des principaux phénomènes signalés aux cours des conférences, l'application des méthodes usuelles de mesures électriques, l'étude du fonctionnement de tous les appareils électriques courants. Enfin, les séances de travaux pratiques ont pour but d'initier les élèves au dessin indus-

(1) Ce sont les départements de l'Ardeche, du Gard, du Haut-Rhin français, de la Loire-Inférieure, du Rhône, de la Seine, de la Somme, de la Vienne et des Vosges.

(2) Oran et Tunis.

(3) Voir le détail des matières de cet examen dans une brochure intitulée: *Programmes et règlements de cours et d'examens de l'Institut électrotechnique de l'Université de Grenoble* (Paris, Nony, édit. — En vente chez tous les libraires).

(1) Il existe, dans la classe de mathématiques supérieures du Lycée de Grenoble, une division spéciale préparatoire à l'Institut électrotechnique.

(2) Voir ce programme détaillé dans la brochure précitée (Nony, éditeur).

triel, à tous exercices de façonnage des métaux et du bois, et, par suite, à l'exécution des travaux de réparations courantes des appareils qu'ils sont appelés à manier.

La pensée qui a inspiré la conception de cet ensemble de connaissances, c'est que le spécialiste cantonné dans un seul domaine de la science appliquée est un objet de luxe que bien peu d'entreprises industrielles peuvent se permettre de posséder ; que, par suite, un jeune ingénieur sortant de l'Institut ne sera généralement pas appelé à faire œuvre exclusive d'électricien à chaque heure du jour, ni même tous les jours, et que la marche normale de l'usine à laquelle il sera appelé à collaborer peut, à chaque instant, l'amener à examiner et à résoudre une foule de questions usuelles de divers autres ordres.

On a prévu que, lorsqu'il n'aura pas des machines électriques à essayer, à modifier ou à réparer, des rhéostats à calculer et à construire, des canalisations électriques à projeter et à installer, etc., on lui saura gré de savoir se rendre utile dans d'autres domaines, en se montrant capable, par exemple de calculer un pont roulant, une transmission mécanique, un appareil de chauffage, ou de faire un devis de terrassement, un avant-projet de tunnel, de canal, de chemin, de barrage ; ou, enfin, de faire une analyse, soit de matières premières, soit de produits fabriqués, etc. Il serait même bon qu'il possédât des éléments d'économie industrielle, de comptabilité industrielle, de science financière qui le mettent en état, après avoir prêté son concours à l'usine proprement dite et au cabinet d'études, de se rendre utile, au besoin, au bureau des comptes et des opérations commerciales.

La durée des études à l'Institut est de deux années : une année (A) est consacrée à l'étude de la production et de l'utilisation de l'énergie électrique par courants continus, et une année (B) à l'étude des questions correspondantes, relatives aux courants alternatifs. Les élèves peuvent indifféremment commencer leurs études par l'année (A) ou par l'année (B). Toutefois, le début par l'année (A) est plus rationnel et plus simple.

Chaque année se termine par un examen comprenant une épreuve écrite, une épreuve pratique et une épreuve orale, portant sur l'ensemble des matières vues dans l'année. Chacune des épreuves est éliminatoire. Tout élève qui a subi avec succès les deux examens de fin d'année correspondant à ces deux années d'études reçoit, comme attestation officielle du succès de ses études, un *Brevet d'études électrotechniques*.

Le jury d'examens s'est montré jusqu'à présent, et continuera à se montrer, dans l'avenir, extrêmement soucieux de donner au diplôme de l'Institut une très haute et très sérieuse valeur, afin que les jeunes gens qui en auront été reconnus dignes apportent aux industriels qui voudront bien leur confier des emplois, en même temps qu'un fond très solide de connaissances générales précises et immédiatement utilisables, des qualités d'esprit, des habitudes d'ordre dans les idées, de méthode, de certitude du jugement, de vigueur de pensée, de rapidité et de justesse de coup d'œil, de facilité d'assimilation, d'endurance au travail, qui les rendent capables d'étendre rapidement leur savoir technique et, par suite, d'accroître sans cesse ce qu'on pourrait appeler leur coefficient d'utilisation.

Voici, au surplus des spécimens de sujets de compositions donnés aux examens de fin d'année qui, mieux que tout commentaire, feront nettement concevoir le caractère pratique et, en même temps, le niveau élevé des connaissances acquises par les élèves de l'Institut.

#### Sujet d'épreuve écrite donné à la session de juillet 1899 de l'examen de fin d'année (A).

Au centre d'une ville éclairée au gaz, dans un immeuble en façade sur trois rues et à proximité duquel se trouve une grosse conduite de gaz, un industriel veut faire une installation électrique répondant aux besoins suivants :

I. Eclairage d'un sous-sol SS (voir croquis) par 20 lampes à incandescence de 10 bougies, donc 5 devront fonctionner simultanément et cela pendant 5 heures par jour.

II. Eclairage d'un rez-de-chaussée R C, par 15 lampes à arc de 3 ampères disposés sur 3 rangs de 5, savoir : une rangée centrale, fournissant une lampe pour l'entrée, et 2 rangées latérales à proximité de la façade.

III. Eclairage d'un premier étage E, par 9 lampes à arc de 3 ampères, l'une des lampes étant placée dans la cage de l'escalier et les 8 autres formant 2 rangées de 4 (durée de fonctionnement : 3 heures par jour).

IV. Eclairage de deux petites salles annexes A et B, la première par un lustre de 7 lampes de 16 bougies et 2 appliques de 3 lampes de 16 bougies ; la deuxième, par 4 lampes de 16 bougies uniformément réparties.

V. Service d'un monte-charge reliant le sous-sol à la salle B du premier étage, ce monte-charge devant élever 10 fois par jour, en moyenne, un poids de 100 kilos à la vitesse de 0<sup>m</sup> 1, par seconde et devant pouvoir s'arrêter automatiquement soit au rez-de-chaussée, soit, à fin de course, au premier étage.

VI. Eclairage, pendant 3 heures par jour, de 2 appartements situés aux étages supérieurs de l'immeuble, à 20 m. du sous-sol, et comprenant chacun 23 lampes de 16 bougies.

Etudier cette installation en prévoyant l'emploi :

A. D'une dynamo génératrice actionnée par un moteur à gaz tournant à 250 tours, la dynamo étant capable d'assurer les services II, III, IV ;

B. D'une batterie d'accumulateurs Tudor, formée d'un seul groupe d'éléments reliés en tension et capable d'assurer les services I, V, VI, ainsi que d'effectuer, par l'intermédiaire de la dynamo, la mise en route du moteur à gaz.

Déterminer :

1<sup>o</sup> Le schéma de la canalisation, en faisant connaître la longueur des fils à employer ;

2<sup>o</sup> Les sections des conducteurs et les pertes de tension ;

3<sup>o</sup> Les résistances de réglage des arcs ;

4<sup>o</sup> La puissance de la dynamo et son mode d'excitation ;

5<sup>o</sup> La tension aux bornes de la dynamo, d'une part pour le service de l'éclairage, d'autre part pour la charge de la batterie ;

6<sup>o</sup> Les indications à fournir au constructeur pour l'achat de la dynamo.

7<sup>o</sup> La puissance du moteur à gaz ;

8<sup>o</sup> Le couple que devra développer la dynamo pendant trois minutes pour la mise en route de ce moteur, en prévoyant, pour ce couple, une valeur double de celle correspondant à la marche à vide du moteur, pendant laquelle celui-ci présente une puissance de 1 cheval  $1/2$  ;

9<sup>o</sup> La puissance de l'électro-moteur du monte-charge ;

10<sup>o</sup> Le nombre et la capacité des éléments accumulateurs ;

11<sup>o</sup> Le schéma d'un tableau pour les services II, III, IV ;

12<sup>o</sup> Le schéma d'un tableau pour la charge des accumulateurs et les services I, V, VI ;

13<sup>o</sup> Le schéma d'un petit tableau pour la mise en route du moteur à gaz à l'aide de la batterie ;

14<sup>o</sup> L'instruction relatant les manœuvres qu'aura à faire l'ouvrier chargé de la conduite de l'installation ;

15<sup>o</sup> Le schéma de l'inverseur de marche et de l'arrêt de l'électro-

moteur du monte-charge par freinage électrique, étant donné qu'il est préférable, eu égard au service que doit faire ce moteur, qu'il soit excité en dérivation ;

16° Le devis de l'installation, abstraction faite de la partie mécanique du monte-charge ;

17° Le prix de revient de la bougie-heure, étant donné que le gaz coûte 0,25 le mètre cube, que le moteur en consomme 750 litres par cheval heure et que l'énergie vendue pour les 50 lampes des appartements, est payée à raison de 0 fr. 13 l'hectowat-heure.

**Sujet d'épreuve écrite donnée à la cession de juillet 1900 de l'examen de fin d'année (B).**

Le propriétaire d'une usine (1) s'étant rendu acquéreur d'une chute d'eau située dans le voisinage (à 2.500 mètres), désire utiliser cette chute : 1° pour le service de son usine ; 2° pour l'éclairage public et privé de la localité où se trouve ladite usine.

Les données du problème sont les suivantes : largeur moyenne du canal d'aménée de l'eau à la station hydraulique : 1<sup>m</sup>60 ;

Épaisseur moyenne de la lame d'eau : 0<sup>m</sup>80 ;

Vitesse moyenne de l'eau : 0<sup>m</sup>75 ;

Hauteur de chute : 45 mètres ;

Puissance nécessaire à la marche normale de l'usine : 80 chevaux à répartir entre 5 sections absorbant des puissances égales, les deux premières réclamant, seules, une vitesse absolument régulière ;

Appareils d'éclairage à alimenter à l'usine 220 lampes de 16 bougies.

Appareils d'éclairage à alimenter en ville pour l'éclairage public : 24 arcs de 12 amp., et 200 lampes de 16 bougies (2) ;

Appareils d'éclairage à alimenter chez les particuliers : environ 2.000 lampes de 16 bougies.

Étudier le plan d'ensemble et les détails d'une installation électrique répondant aux conditions indiquées, étant donné cette circonstance que l'industriel qui en forme le projet désire employer, pour constituer la ligne reliant la station hydraulique à son usine, du fil de cuivre de 30/10 qu'il possède en magasin en quantité suffisante.

Après avoir esquissé à grands traits le système adopté, on indiquera d'une façon aussi précise que possible :

La nature, le nombre et la puissance de tous les appareils installés à la station génératrice ;

La disposition du tableau de cette station, l'instruction faisant connaître au chef de la station, les diverses manœuvres qu'il aura à faire ;

La disposition de la ligne (poteaux, consoles, isolateurs, appareils de protection...);

Le rendement de la ligne ;

La nature, le nombre et la puissance de tous les appareils à installer à la station réceptrice ;

La disposition du tableau de cette station ;

L'instruction faisant connaître au chef de cette station, les diverses manœuvres qu'il aura à faire ;

Le schéma de l'installation des appareils d'éclairage et des appareils auxiliaires de contrôle, etc.

On rédigera, en outre, la lettre de commande de tout le matériel électrique à acquérir pour réaliser l'installation projetée, et le plan des essais à faire à la réception de ce matériel.

Enfin, on établira le devis de l'installation, ainsi que l'économie financière de son fonctionnement.

Différents prix ont été institués dans le but d'encourager les efforts des étudiants en électricité industrielle, savoir :

1° Un prix consistant en un lot de livres (50 francs) offert par la Chambre de Commerce de Grenoble, pour être décerné, chaque année, à l'élève reçu le premier à l'examen qui termine l'année scolaire ;

2° Un prix consistant en un instrument de mesure ou en une trousse d'électricien (50 francs), offert par la Société pour l'encouragement des études techniques près l'Université de Grenoble, pour être décerné, chaque année ; à l'élève le plus habile en travaux pratiques ;

3° Un prix consistant en un chronographe, offert par la maison de construction de câbles électriques Geoffroy et Delore, de Paris, pour être décerné à l'élève ayant obtenu, avec le n° 1, le brevet d'études électrotechniques.

(A suivre.)

J. PIONCHON.

*Professeur à l'Université de Grenoble,  
directeur de l'Institut électrotechnique.*

## Les Forces Hydrauliques disponibles en France

La France est le pays privilégié de la Houille blanche. De puissantes réserves de forces naturelles partout accessibles ; des chemins de fer et des ports d'embarquement qui permettent aux usines hydro-électriques de s'approvisionner des matières premières les plus diverses et d'expédier facilement leurs produits ; du charbon, dont il ne semble pas encore que les industries électro-chimiques et métallurgiques puissent se passer, voilà ce qu'en aucune région du monde on ne trouve réuni aussi avantageusement que chez nous.

Jusqu'à présent nous n'avons que peu tiré parti de ces avantages. La destination première du plus grand nombre des établissements récents a été d'appliquer la forme électrique de l'énergie à la préparation de certains métaux comme l'aluminium, le fer dans ses combinaisons avec le silicium, le manganèse, le chrome ; à l'obtention de produits nouveaux paraissant impossible en dehors du four électrique, tel le carbure de calcium ; à la fabrication des produits chimiques de grande consommation : la soude, par exemple, et les hypochlorites. Mais, voyant qu'elles avaient mal calculé la progression des emplois du four électrique, trop escompté l'économie de certains procédés électrolytiques et que le carbure de calcium ne répondait pas aux espérances qu'il avait fait naître, certaines usines, une fois établies, quelques-unes, même, en cours d'installation, ont cherché d'autres débouchés et en ont trouvé de rémunérateurs dans des entreprises de transport et de distribution d'énergie. En sorte qu'aujourd'hui la majeure partie du courant électrique qu'engendre la houille blanche dans les Alpes et les Pyrénées étant utilisée sous forme de lumière et de force, le rôle des voies d'accès aux usines pour le transport des matières premières et de leurs produits n'a pas encore pris beaucoup d'importance.

Mais, quand les meilleures places seront prises, lorsque les villes et les localités industrielles de nos pays de montagnes seront — ce qui ne peut tarder — saturées de lumière et de force par les premiers occupants, que deviendront nos colossales disponibilités de houille blanche ? Evidemment, elles seront mises en valeur au fur et à mesure des progrès de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie, ces deux

(1) Papeterie employant à la fois des hommes, des femmes et des enfants.

(2) Le contrat avec la Municipalité porte que le service de l'éclairage public doit être assuré sans faute, sauf en cas d'avarie à l'installation hydraulique.