

L'UTILISATION DES COMBUSTIBLES

Sous ce titre, nous commençons la publication d'un certain nombre d'études parues dans diverses revues techniques, relatives à un problème dont l'importance actuelle ne peut échapper à personne (1).

Comment doit-on atténuer la Crise des Combustibles ?

On peut distinguer deux sortes de moyens ; les premiers, qu'on pourrait qualifier de moraux, correspondent aux vœux de la première section du Comité consultatif des Arts et Manufactures ; les autres, concernent les améliorations à réaliser dans l'emploi des combustibles.

VOEUX DE LA PREMIÈRE SECTION DU COMITÉ CONSULTATIF DES ARTS ET MANUFACTURES

Le programme d'action pour arriver à réduire notre déficit de houille, doit être le suivant :

a) Amener, par voie de conférences (2), dans les centres industriels, et en répandant de petits livres clairs et simples, la petite comme la grande industrie à la saine compréhension de son devoir national au point de vue de la consommation de combustibles.

Lui indiquer tous moyens utiles pour en abaisser la dépense.

b) Demander à l'Union métallurgique et minière de poursuivre, avec toute la célérité désirable, la création d'une grande station centrale d'essais de tout combustible.

Prier le Gouvernement d'aider de tous ses moyens la création de cet Institut appelé à rendre les plus grands services au pays.

Ainsi, notre déficit en houille diminuera de 10 %, peut-être même de 20 %, c'est-à-dire qu'au lieu de 40 millions de tonnes de houille, il ne nous en manquera plus que 20 à 25 millions (3).

PROGRÈS TECHNIQUES À RÉALISER DANS L'EMPLOI DES COMBUSTIBLES

- 1° Développement de notre force hydraulique ;
- 2° Développement de l'emploi des combustibles liquides ;
- 3° Utilisation plus rationnelle des gaz de hauts fourneaux et de fours à coke ;
- 4° Classement méthodique des combustibles par grosseur ;
- 5° Enrichissement des combustibles par lavage ;
- 6° Utilisation des combustibles pauvres ;
- 7° Meilleure utilisation du charbon ordinaire.

Telle est la nomenclature donnée dans le *Rapport général sur l'industrie française*, d'après le rapport de M. Gruner, vice-président des Houillères, au Comité consultatif des Arts et Manufactures.

EXAUÇONS LES VOEUX DU COMITÉ CONSULTATIF DES ARTS ET MANUFACTURES

La création d'un Institut des combustibles, pourvu de tout l'outillage et de tous les moyens d'action nécessaires, aurait dû être réalisée depuis longtemps déjà dans un pays aussi pauvre en combustible que le nôtre.

Il faut bien qu'on sache, comme nous allons tâcher de le montrer dans une prochaine publication, qu'aux États-Unis, en Angleterre, des études d'une portée considérable sur les combustibles, les fours, les réfractaires ont été faites ces derniers temps,

(4) Citons les travaux de l'Institut Mellon, à Pittsburg, et les

(1) *Chimie et Industrie*.

(2) A ce point de vue, il faut féliciter l'Office central de chauffe rationnelle, dont nous parlons plus loin, d'avoir inauguré une source de conférences du plus grand intérêt sur tout ce qui se rapporte à l'organisation des chaufferies.

(3) Comme l'expose M. LORET, ingénieur en chef des mines, dans la *Revue Parlementaire*, on doit, avant tout, chercher à utiliser le charbon d'une façon meilleure que par le passé, car on ne peut pas en accroître la production.

(4) L'évolution de l'industrie du coke métallurgique qui paraîtra ultérieurement dans *Chimie et Industrie*.

communications à la dernière réunion d'automne de l'*Iron and Steel Institute* (1). Il importerait qu'un organisme spécial, tel que celui d'un *Institut des Combustibles*, mette tous ces travaux en valeur pour que nos industriels, constructeurs et exploitants puissent s'en inspirer.

En attendant, l'initiative privée a pris les devants par deux moyens :

a) *Etablissement d'un contrôle scientifique de l'emploi des combustibles par les usines.*

La *Compagnie des Acieries de la Marine* a créé un département spécial pour l'économie de combustibles dans ses usines, mis sous la direction de M. Damour. Pour apprécier pleinement l'intérêt de ce nouveau service, il convient de lire l'article si intéressant que M. Laurent lui a consacré dans le numéro de mars-avril 1918 de la *Revue de Métallurgie*. Voici, du reste, les premiers résultats obtenus :

Economie de 35 kg. de coke par tonne de fonte produite.
— 100 — — charbon — d'acier —

Toute usine importante devrait donc posséder un service scientifique spécial chargé du contrôle de l'emploi des combustibles qu'elle consomme.

b) *Formation rationnelle du personnel des chaufferies.*

On sait que l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord établissait chaque année un concours de chauffe entre les meilleurs ouvriers chauffeurs qu'on lui désignait. Les résultats en étaient affligeants, car d'un individu à un autre, on constatait parfois des différences de 25 à 40 % dans la consommation de combustible rapportée à la production de vapeur. Aussi faut-il se féliciter de la création récente de l'*Office central de chauffe rationnelle* (5, rue Michel-Ange, à Auteuil) qui se compose de trois services :

Le centre d'études, organe de documentation et de recherches

L'école de chauffe, pour former et perfectionner les chefs d'entretien, les contremaîtres, en vue de la conduite la plus économique possible des appareils de chauffage.

Son but est élevé, il est efficace. On n'y cherche pas, en effet, à indiquer à des élèves-chauffeurs quelques règles immuables dans le maniement de la pelle et du ringard, mais on leur inculque des connaissances théoriques et pratiques en s'efforçant de façonner méthodiquement leur esprit, en développant leurs qualités d'observation, de réflexion et de méthode, en vue du réglage des foyers industriels. C'est là une question de psychologie bien comprise, bien adaptée à notre race. Nous, Français, nous nous

(1) On doit ici faire mention de la communication :

« Economie et consommation de combustible dans la fabrication du fer et de l'acier », présentée par MM. BONE, HADFIELD et HUTCHINSON, à la réunion d'automne 1919 de l'*Iron and Steel Institute*. Ce rapport exprime l'avis qu'une consommation de 1.750 kg. de coke par tonne d'acier fini est un idéal tangible pour une installation réunissant en un même lieu : fours à coke, hauts fourneaux, fours à acier et laminoirs, le tout sous un contrôle et une direction uniques.

Pour arriver à un tel résultat, le rapport suggère les conditions suivantes :

- 1° L'amalgamation précitée des divers départements ;
- 2° Employer des fours à coke modernes à régénérateurs de chaleur ;
- 3° Munir les hauts fourneaux de deux cônes de fermeture, afin de rendre aussi petite que possible la perte des gaz et proportionner les dimensions des cônes, aux dimensions du gueulard de façon à assurer une distribution régulière et uniforme des matières premières dans le fourneau ;
- 4° Epurer les gaz de fourneau par la méthode électrostatique, de préférence, de façon à réduire à 0,1 gr. par m³ leur teneur en poussières. Pratiquer une épuration au second degré pour les gaz destinés à l'alimentation des moteurs ;
- 5° Commander plutôt les laminoirs par des moteurs électriques que par des machines à vapeur ;
- 6° Disposer d'un contrôle scientifique sérieux assuré par des techniciens qualifiés.

plions malaisément aux commandements de M. Lebureau, mais nous appliquons bien ceux que nous donne un chef intelligent qui nous laisse entrevoir sa raison d'agir. Voilà ce qu'ont bien compris les fondateurs de l'Office central de chauffe.

Celle-ci comprend enfin :

Le service de visite dans les usines pour indiquer aux abonnés les économies de combustibles qu'ils peuvent réaliser dans leurs foyers industriels.

Passons à présent en revue les principaux progrès techniques susceptibles d'atténuer la crise du charbon.

LES FORCES HYDRAULIQUES

Les forces hydrauliques possédées par la France représentent 8 millions de chevaux en eaux moyennes, sur lesquelles 750 mille, soit moins de 10 % étaient utilisées en 1913, tandis qu'en 1921, ce chiffre sera porté à 1.600 mille chevaux, soit 20 % de la puissance disponible. Ceci correspondra à un investissement de 1.460 millions de francs et à une économie de 9 millions de tonnes de charbon.

On sait encore que les Compagnies de chemins de fer de Paris-Orléans, Paris-Lyon-Méditerranée et du Midi ont demandé au Ministre des Travaux publics d'électrifier environ 10.000 kilomètres de lignes de leurs réseaux.

LES COMBUSTIBLES LIQUIDES.

Voici un peu plus d'un an que, dans une magistrale conférence à la Société des Ingénieurs civils, M. Guiselin nous avait montré tout l'intérêt qui s'attache à l'emploi des combustibles liquides, à cause des conditions élevées de leur rendement dans des moteurs ou pour le chauffage des fours métallurgiques. M. Guiselin a été heureux, on a suivi ses judicieux conseils ; les droits de douane sur le mazout ont été considérablement réduits, et dans nombre d'usines on installe des brûleurs à huile. C'est fort bien, mais attention ! N'allons-nous pas manquer de combustibles liquides ? Sans doute, l'Amérique en est riche, mais il vaudrait bien mieux en produire nous-mêmes en développant notre industrie de la carbonisation de la houille, du lignite, des schistes, du bois, des grignons d'olives.

UTILISATION PLUS RATIONNELLE DES GAZ DE HAUTS FOURNEAUX ET DE FOURS A COKE

Dans l'état actuel de la métallurgie du fer, la fabrication d'une tonne de fonte nécessite 1.000 à 1.100 kg. de coke, produisant 4.500 à 5.000 m³ d'un gaz possédant un pouvoir calorifique de 950 calories au m³. Ce gaz est utilisé de la façon suivante :

40-50 % pour le chauffage des Cowper ;

40-45 % pour produire la force motrice nécessaire au soufflage de l'air dans le haut fourneau, si on brûle ces gaz sous des chaudières, et 15 % seulement si, pour produire ce même travail, on utilise directement les gaz dans des moteurs.

Par suite, le service du haut fourneau étant assuré, il reste une certaine quantité d'énergie disponible, qui correspond aux valeurs suivantes :

10 % du gaz produit, quand le compresseur d'air est actionné par une machine à vapeur ;

40 % du gaz produit, quand le compresseur d'air est mû par un moteur à gaz.

Dans ce dernier cas, on dispose alors de 20 kw.-h. par tonne de fonte produite en 24 heures. Ainsi, à un haut fourneau donnant journalièrement 300 tonnes de fonte correspond une station de force motrice de 6.000 kw.-h.

UTILISATION DES GAZ DE FOURS A COKE

Comme nous l'avons montré dans notre étude : « Où devons-nous construire nos fours à coke », la forme d'utilisation du gaz disponible est un cas d'espèce. La cokerie se trouve-t-elle annexée à une usine sidérurgique, mieux vaut chauffer les fours à coke au gaz pauvre et réserver le gaz riche à 4.000 calories pour des usages nobles, c'est-à-dire l'alimentation des fours nécessitant une température de régime élevée. La cokerie fait-elle partie d'un charbonnage, il est alors préférable de livrer le gaz disponible pour les besoins domestiques, quand c'est possible, et, au cas

contraire, produire de la force motrice. On dispose alors effectivement de 8 à 10 kw.-h. par tonne de coke fabriquée par 24 heures.

Par exemple, une cokerie produisant 300 tonnes de coke, par 24 heures (usine de 75 fours), peut distribuer de 2.400 à 3.000 kw.-h. en utilisant des moteurs à gaz.

CLASSEMENT MÉTHODIQUE DES COMBUSTIBLES PAR GROSSEUR

C'est, dit M. Gruner, dans son rapport au Comité consultatif des Arts et Manufactures, une condition essentielle de bonne utilisation des combustibles sur la grille des générateurs de vapeur. L'éminent vice-président du Comité des Houillères de France, ajoute : « Ces classements ont été depuis de nombreuses années poussés très loin aux Etats-Unis. Ainsi, grâce à l'adoption de grilles spécialement adaptées à la combustion méthodique d'anthracite très menu — mais bien classé — les immenses terris antérieurement constitués sur les mines de Pensylvanie ont pu, en quelques années, être repris, lavés, classés et vendus avec grand profit. »

On arrive ainsi à une utilisation possible des charbons quart-gras et anthraciteux des lignites menus, rejetés pendant longtemps au remblai.

ENRICHISSEMENT PAR LAVAGE DES COMBUSTIBLES SALES

Cette question offre un triple intérêt, savoir :

a) Economie des frais de transport ;

b) Diminution des escarbilles ;

c) Réduction du travail des chauffeurs.

Qu'est-il dit à ce propos dans le rapport déjà cité de M. Gruner ? Avec l'augmentation considérable des tarifs de chemins de fer, l'avantage de ne transporter que des combustibles débarrassés de 8 à 12 % de pierres se traduit immédiatement par une économie de 10 % sur le prix des transports.

Ces combustibles brûlent plus régulièrement. N'est-il pas même évident qu'il devient possible de réduire le nombre de chauffeurs et que l'ouverture moins fréquente des portes du foyer, le nettoyage plus espacé des grilles a pour conséquence une économie immédiate de combustible.

Dans l'ensemble, les industries qui ne sont pas à proximité d'une houillère épargneraient 15 à 20 % en n'employant que des charbons lavés.

C'est tout l'intérêt du lavage du charbon, qui, une fois de plus, est ainsi mis en évidence.

Nous croyons d'ailleurs que des progrès considérables mériteraient d'être accomplis dans le lavage du charbon. Il existe encore en France nombre de lavoirs démodés. S'agit-il de lavoirs à piston, on devrait non plus laver à partir de 3-4 m/m, mais bien depuis 1 m/m, et pour cela dépoussiérer le charbon brut au moyen d'un aéroclasseur. Emploie-t-on un rhéolaveur Fives-Lille ou Trottier, le dépoussiérage ne s'impose plus. Il faut alors mettre à l'actif de ces derniers systèmes la simplicité, l'économie de main-d'œuvre, de force motrice que ne comportent pas les anciens bacs à piston. Pour se documenter à ce sujet, il convient de consulter l'étude de M. Dinoire sur les résultats obtenus aux Mines de Lens avec des rhéolaveurs Fives-Lille (*Bulletin de l'Industrie Minérale*, octobre-décembre 1915).

Nous résumons brièvement cette intéressante communication :

Lorsque la Société des Mines de Lens entreprit l'essai des rhéolaveurs, elle se proposait d'utiliser un appareil qui lui permit d'augmenter la production dans l'un de ses lavoirs à caisses à feldspath. Dans ce lavoir, construit pour traiter à l'heure 100 tonnes de charbon à 74 % de 0-10 (dont 15 % de 0-1), on avait été amené à traiter des charbons à 82-90 % de 0-10 (dont 25 % de 0-1).

Le tableau ci-après montre les résultats obtenus suivant qu'on employait un rhéolaveur ou des caisses à feldspath, toutes choses restant égales d'ailleurs :

	Caisses à feldspath	Rhéolaveurs
Teneur en cendres des fines brutes..	14,52 %	14,95 %
— — — lavées..	8,41 %	8,36 %
Teneur en cendres des schistes.....		65,01 %
Rendement en schistes.....	10,027 %	8,728 %

Le rhéolaveur assurait donc un bénéfice supplémentaire de 1 tonne 3 de fines lavées par 100 tonnes de fines brutes traitées. En outre, la capacité du lavoir a été accrue de 15 %.

Suivant M. Dinoire, les rhéolaveurs, surtout pour les produits fins, donneront toujours des rendements supérieurs à ceux obtenus par les caisses à laver. Plusieurs motifs l'expliquent.

1° Les caisses à laver présentent invariablement la succion du pistonnage en retour d'où résultent des entraînements de charbon dans les schistes, d'autant plus accentués que les produits à séparer sont plus fins.

La courbe de lavabilité indique généralement que les schistes évacués par le rhéolaveur ne contiennent que 2 à 3 % de charbon pur, alors qu'il y en a de 10 à 15 % dans les bacs à piston.

2° Elles nécessitent un excellent classement en volume des produits avant lavage.

3° Elles augmentent la quantité de produits fins par le frottement qu'impose aux produits le principe même du lavage.

4° Lorsqu'il y a dans les charbons à traiter, une grande quantité de produits très fins, 0-1 par exemple, on constate que ces produits sont lavés en partie dans les rhéolaveurs, alors qu'ils ne le sont pas dans les caisses. Enfin, si l'on ne dépoussière pas, le courant d'eau du couloir entraîne aux bassins de décantation le 0-1/2 alors qu'ils sont évacués en quantités notables avec les schistes quand on emploie des caisses à laver. Ajoutons à ces observations les données que voici :

Au cours d'un essai, la décomposition de fines lavées a indiqué la présence de 13 % de 0-1 à 21,4 % de cendres en se servant de bacs à piston, au lieu de 10 % de 0-1 à 12,7 % de cendres en employant des rhéolaveurs.

UTILISATION DES COMBUSTIBLES PAUVRES

Parmi les combustibles inférieurs, il faut ranger :

- les charbons schisteux ;
- les lignites ;
- les schistes bitumeux ;
- la tourbe ;
- les escarbilles.

Les charbons schisteux

Les déchets provenant du lavage des charbons représentent de 5-10 % de l'extraction, soit pour la France de 2 à 4 millions de tonnes.

Comme ils renferment de 25 à 40 % de carbone, c'est une perte fort appréciable que nous subissons.

Voici l'état des recherches sur cette importante question.

Aux Etats-Unis, on recourt à la méthode dite de flottaison. Pour cela, on concasse suffisamment ces déchets de façon qu'ils puissent passer au travers du tamis n° 50. On doit concasser et non broyer de façon à ce que les particules de charbon aient une forme angulaire, ce qui est essentiel pour l'obtention de bons résultats. On récupérerait ainsi de 70 à 90 % du carbone contenu dans les déchets et le combustible obtenu ne renfermerait pas plus de 30 % de cendres.

En France, des essais heureux ont été faits dans la voie de l'utilisation des charbons schisteux, savoir :

Aux mines de Blanzay, on traite dans un gazogène Fichet-Heurtey des combustibles à 45-50 % de cendres.

Aux mines de la Loire, au puits Couriot, on brûle sur une grille mécanique « Underfed Stocker » un charbon à 45-50 % de cendres. Ce qui m'a frappé, c'est l'ordre qui règne dans cette chaufferie et surtout la constance de la pression de vapeur, maintenue invariablement à 11 kg.

Aux mines de Montrambert, on carbonise ces déchets, puis on gazéfie le coke obtenu. Voici les particularités essentielles de cette installation :

UTILISATION DES DÉCHETS DE MINES ET DE MAUVAIS COMBUSTIBLES AUX MINES DE MONTRAMBERT

Comme l'expose M. Blache dans le *Bulletin de l'Industrie Miné-*

rale (1^{re} livr. de 1919), la Société de Montrambert s'est attachée à cette importante question, dès 1906. De quoi s'agissait-il ? C'est de « l'utilisation pratique et logique, » aussi complète que possible d'un combustible à 42-45 % de cendres, riche encore en matières volatiles, mais collant et à cendres moyennement fusibles. Ces déchets contiennent encore de 1 à 20 % de matières volatiles. On essaya d'abord de les traiter directement au gazogène, mais on n'y réussit pas, à cause de leur pouvoir agglutinant et de la formation de goudrons visqueux qui gênaient l'épuration du gaz. On décida donc de scinder l'opération d'utilisation de ces combustibles en deux temps, savoir :

1° Carbonisation dans des fours à coke avec récupération des sous-produits ;

2° Utilisation dans les gazogènes du coke ainsi obtenu.

Premier stade : carbonisation. — Cette opération, qui n'offre rien de particulier, est assurée au moyen de 10 fours à carneaux horizontaux et à flammes perdues pouvant assurer une production de 12 tonnes de coke par jour.

Deuxième stade : gazéification. — Ce qui les caractérise, c'est la récupération d'ammoniaque dans le gaz mixte obtenu. On provoque d'ailleurs la formation d'ammoniaque dans le gazogène par insufflation d'une quantité de vapeur égale au poids de combustible traité.

Le gazogène est à sole tournante. On peut y traiter de 70 à 80 kg. de coke par mq de surface et par heure.

On produit 2 m³5 de gaz par kg. de combustible. Ce gaz a un pouvoir calorifique variant entre 1.000 et 1.100 calories. Sa composition moyenne est la suivante :

CO ²	12 %
CO	14 à 15 %
H ²	14 à 15 %
C ⁿ H ^m	1,6 %
Az ²	66 à 58 %

On obtiendrait dans l'ensemble des deux opérations successives de carbonisation et de gazéification : 12 à 14 kg. de sulfate d'ammoniaque par tonne de déchets de houille traités et 30 kg. de goudron.

Non moins intéressante est la production d'énergie électrique, puisque, même avec un coefficient d'utilisation réduit soit 70 % et qui dépend uniquement de la demande de courant par la Compagnie de Montrambert elle-même et la Compagnie électrique de la Loire et du Centre, son client, on ne dépense que 1 kg. 50 de coke à 50 % de cendres par kilowatt.

En définitive, cette installation, qui produit de 500 à 600 HP mérite d'être connue. Il faut souhaiter surtout que d'autres charbonnages s'inspirent de l'heureuse initiative de la Société des mines de Montrambert.

Les lignites :

Le détail de la production de lignite, en 1913, pour la France se trouve dans le tableau suivant :

Provence	756.700 t
Comtat	24.800
Vosges	8.000
Sud-Ouest	3.000
Haut-Rhône et divers	400
Yonne	100
TOTAL	793.000 t.

tandis que l'extraction de lignite, en Allemagne, a atteint 87.475.000 tonnes en 1910, soit plus de 100 fois la nôtre.

Nous possédons cependant d'intéressants gisements de lignite en Haute-Savoie et aux environs de Dax.

On trouve, en France, deux catégories de lignites : ceux qui contiennent jusqu'à 50 % d'eau et ceux qui n'en renferment que

5 %. Ceux-ci pourraient être utilisés directement à l'état pulvérisé pour le chauffage des foyers les plus divers. Pour les autres on ne voit guère possibilité de les employer autrement que dans des gazogènes Mond. Ils permettent alors d'obtenir par tonne de lignite tout venant de 1.800 à 2.000 mc³ de gaz à 1.000 calories et 20 à 30 kg. de sulfate d'ammoniaque. L'opération est alors très rémunératrice.

Ajoutons qu'on attribue à la Société des Produits chimiques d'Alais et de la Camargue l'intention de créer une installation pour carboniser 100.000 tonnes de lignite par an. Une telle création est intéressante car, outre le coke utilisable, à l'état pulvérisé, on peut obtenir par tonne de lignite 10 kg. de sulfate d'ammoniaque, 80 kg. de goudron donnant de 70 à 80 % d'huiles et 3 à 5 kg. d'essence, ou sous forme d'agglomérés.

Les schistes bitumineux :

Ce sujet a été complètement traité par M. Guiselin dans son rapport officiel « Les ressources nationales en carburants » publié par le Ministère du Commerce

En 1913, les productions des usines carbonisant les schistes bitumineux ont été les suivantes :

Bassin de l'Allier : 46.000 hectolitres d'huiles provenant du traitement de 61.000 tonnes de schistes.

Bassin d'Autun : 95.000 hectolitres d'huiles provenant du traitement de 205.000 tonnes de schistes.

Les schistes bitumineux renfermant de 60 à 70 % de cendres ne peuvent être utilisés que par carbonisation. Leur rendement par tonne est alors de 70 à 80 litres d'huiles de pétrole par tonne et de 8 à 12 kg. de sulfate d'ammoniaque.

Il serait à souhaiter que les usines à schistes emploient des méthodes perfectionnées pour la récupération de leurs sous-produits. Elles y trouveraient des avantages considérables.

La tourbe :

La grosse difficulté d'utilisation de la tourbe provient de son énorme teneur en eau : 80 à 90 %. Ce combustible a donc un pouvoir calorifique négatif à sa sortie de la tourbière. Des efforts considérables ont été faits en tous pays pour dessécher la tourbe, question difficile, car la présence d'hydrocellulose rend cette matière pratiquement incompressible et comme pour vaporiser l'eau, il faut une dépense de calories, on tourne dans un cercle vicieux. Nous savons que par traitement mécanique, broyage et agglomération, on peut chasser une partie de l'eau mais il faut compter encore avec toutes les difficultés d'extraction, l'insuffisance de transports, la raréfaction de la main-d'œuvre. Mieux vaut encore, probablement, porter notre activité dans une autre voie.

Traitement des escarbilles :

Dans son étude « Les Progrès de l'Industrie des Combustibles pendant la Guerre » (*Chimie et Industrie*, 1^{er} septembre 1918), M. Damour fait remarquer que la perte par les escarbilles peut atteindre 8 à 10 % du combustible consommé. L'emploi des grilles mécaniques permet bien de réduire cette perte, mais il ne la supprime pas complètement, et d'ailleurs, ces grilles sont d'une installation coûteuse.

En règle générale, on peut dire que les scories qui proviennent des fours à réchauffer, des fours de verreries, des gazogènes, etc., renferment de 30 à 40 % d'imbrûlé. De grandes usines mettent ainsi au remblai jusqu'à 30 tonnes de coke par jour.

Pour séparer le carbone des stériles, dans les escarbilles, on a utilisé avec succès les rhéolaveurs construits par la maison Trottier et par Fives-Lille. En attribuant au coke récupéré et qui renferme de 10 à 25 % de cendres (suivant la qualité initiale du combustible brûlé) une valeur de 70 francs la tonne et en admettant par rapport aux mâchefers un rendement de 10 % en combustibles lavés, une installation pouvant traiter 3 tonnes à l'heure, se trouve amortie en six mois environ.

(A suivre.)

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

ACADÉMIE DES SCIENCES

INSTRUMENTS DE MESURE

L'échelle rectiligne à divisions équidistantes appliquée à la mesure et à la division des angles et les appareils de mesure à sensibilité constante. — Note de MM. L. BARBILLON et M. DUGRI, présentée par M. Rateau.

La mesure d'un angle est en général, ramenée à la mesure d'un arc de circonférence de cercle. Dans le cercle, à des arcs égaux correspondent, en effet, des angles au centre égaux. Si l'on appelle *sensibilité d'une échelle de mesure* le rapport de la mesure de la quantité à mesurer (angle) à la mesure de la quantité réellement mesurée (arc de cercle), l'échelle circulaire, appliquée à la mesure des angles, présente une sensibilité constante. A une variation ds de l'angle correspond une variation $d\alpha$ de l'arc à mesurer :

$$\frac{d\alpha}{ds} = \text{const.}$$

En particulier, la division d'un angle en un certain nombre de parties égales est ramenée à la division d'un arc de cercle.

L'échelle rectiligne, malgré sa réalisation facile et son emploi plus commode, n'est employée qu'exceptionnellement pour la mesure des angles. La méthode de Poggenдорff pour la mesure des petits angles en est un rare exemple. Mais la loi de correspondance entre les angles et les divisions de l'échelle n'est pas linéaire. A des arcs égaux correspondent des intervalles inégaux de la graduation. La précision de la mesure varie avec la région utilisée de l'échelle.

On peut se proposer de faire correspondre à la variation $d\alpha$ de l'angle α la variation $d\rho$ d'une échelle rectiligne.

Pour qu'il y ait proportionnalité entre $d\rho$ et $d\alpha$, il faut que

$$\rho = m\alpha + a \quad (m \text{ et } a \text{ sont des constantes})$$

Il suffit donc :

1° Ou bien de s'adresser à une spirale d'Archimède ayant pour pôle le sommet de l'angle et de mesurer la différence des rayons vecteurs suivant les côtés de l'angle ;

2° Ou bien d'utiliser une développante de cercle et de mesurer la variation du rayon de courbure entre les deux points d'intersection des côtés de l'angle et de la courbe ; dans ce dernier cas la courbe indicatrice (trajectoire orthogonale des tangentes au cercle) a l'avantage de couper orthogonalement l'échelle rectiligne.

Les deux courbes précédentes (spirale d'Archimède et développante de cercle) peuvent, du reste, se tracer mécaniquement avec facilité et précision. Leur emploi dans les appareils de mesure des angles permet d'en simplifier la construction, d'en rendre l'usage plus commode, et, surtout dans les appareils à lecture rapide, d'en augmenter très simplement la précision.

Ainsi ramenées à la mesure et à la division d'un segment de droite qui lui est proportionnel, la mesure d'un angle et la division d'un angle en un nombre quelconque de parties égales sont des opérations immédiates.

En adoptant la spirale d'Archimède, on a construit un rapporteur à alidade qui permet, avec un limbe de 20 c/m de diamètre, d'apprécier sans vernier un angle au $\frac{1}{10^e}$ de degré, tandis qu'une graduation circulaire sur la périphérie, ne permet d'obtenir avec la même facilité que le demi-degré.

Les mesures d'un très grand nombre de phénomènes physiques se ramènent à des mesures d'angles. A la mesure A d'un tel phénomène, les appareils de mesure font, en général, correspondre un angle α tel que $A = f(\alpha)$. Si l'on imagine la courbe dont l'équation est $\rho = K f(\alpha)$ en coordonnées polaires ($K = \text{const.}$),