

PRIX : 1 FRANC

EMILE GUARINI

Professeur de Physique et d'Électricité à l'École nationale des Arts et Métiers  
de Lima (Pérou).

# LES MINES A TRAVERS LES AGES

---

L'EXPLOITATION ÉLECTRIQUE

36 pages.



EN VENTE CHEZ H. DUNOD & E. PINAT, LIBRAIRES-ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins, 49

PARIS



En vente à la librairie H. DUNOD et E. PINAT, éditeurs, quai des Grands Augustins, 49, Paris

## Ouvrages techniques de M. Emile GUARINI

Professeur de Physique et d'Electricité à l'Ecole d'Arts et Métiers de Lima (Pérou).

**LES CHEMINS DE FER BELGES.** — In-8° de 64 pages, avec 18 figures et cartes. Prix : 4 francs.

La Belgique possède l'un des réseaux ferrés les plus denses, les mieux étudiés et les mieux organisés. Les lignes vicinales belges peuvent notamment servir de modèles à beaucoup d'autres pays.

M. Emile Guarini a réuni les documents les plus importants relatifs aux chemins de fer belges, afin de les faire bien connaître. La question des signaux occupe dans ce travail une place prépondérante, par suite de la compétence spéciale de l'auteur, qui a imaginé lui-même un nouveau dispositif perfectionné de signaux. M. Guarini s'occupe successivement de l'importance du réseau belge, de sa législation, de son organisation administrative, de son exploitation technique et commerciale, de son matériel fixe et roulant, de la traction électrique, des accidents et de l'hygiène.

**L'ÉLECTRICITÉ DANS LES MINES EN EUROPE**, traduit de «The Engineering Magazine», 46 pages, 30 photographies dans le texte, 2<sup>e</sup> édition (2<sup>e</sup> mille). — *Considérations générales. Genres de courants et de moteurs. Centrales. Eclairage. Télégraphie minière. Extraction. Forage. Abatage. Ventilation. Halage. Transport. Allumage des mines. Traitement des minerais.* — Prix : 5 fr.

Cette brochure, qui remplit une lacune, sera bien venue auprès de tous ceux qui, ingénieurs, directeurs de mines, industriels, etc., s'intéressent directement ou indirectement aux mines et à leurs produits. Une mine moderne ne se conçoit plus sans l'emploi de l'électricité. Elle n'est plus de mode. « Comme M. Guarini le met en évidence, écrivent les éditeurs de l'*Engineering Magazine* de New-York, dont l'ouvrage est un extrait-translation, il y a peu de domaines de la technique où l'électricité rende de plus grands services que dans l'exploitation des mines.

**L'ÉTAT ACTUEL DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE DU FER ET DE L'ACIER.** (*The actual state of the Electro-Metallurgy of Iron and Steel*). Traduit du *Scientific American*. Une brochure in-8°, de 44 pages, 41 figures, 11 photographies et 30 dessins. Prix : 1 fr. 25.

L'étude que M. Guarini a consacrée à l'électrometallurgie esquisse le domaine, montre l'importance et le côté pratique de cette application de l'électrotechnique.

Après une comparaison rapide du nouveau procédé avec l'ancien, M. Guarini expose qu'un brillant avenir est réservé au premier dans les pays où le combustible est coûteux, mais la force hydraulique à bas prix. L'avantage du procédé électrique se marque surtout dans les régions où les mines sont voisines des forces hydrauliques.

**ÉLECTROCULTURE.** Extrait de la *Revue Scientifique*, 24 pages en petit 8° (14 x 21), 3 pl. Prix : 1 franc.

Ce petit volume répond au désir de la Société agraire de Lombardie qui a ouvert dernièrement un concours pour le meilleur mémoire condensant tous les travaux à ce sujet çà et là dispersés dans les revues. L'électricité des piles, celle des dynamos, celle des machines statiques et même celle de l'atmosphère, qui est gratuite, peuvent s'employer pour l'électro-culture, laquelle, outre une surproduction atteignant parfois plus de 100 %, donne des produits de meilleure qualité et souvent plus précoces, circonstance qui permet parfois de faire deux récoltes au lieu d'une. L'agriculteur trouvera dans le volume de M. Guarini le moyen de s'initier à ce nouveau mode de culture, qui peut devenir pour lui une source de profits considérables.

**LE TELPHERAGE ÉLECTRIQUE.** Brochure illustrée de 21 photographies et 11 dessins. Prix : 2 francs.

Il y a des pays, comme le Pérou, pauvres en combustibles, mais très riches en forces hydrauliques, où beaucoup de mines ne peuvent être exploitées économiquement, ni des industries, même agricoles, créées, faute de moyens de communication ou de trafic suffisant, justifiant l'installation d'un chemin de fer ou simplement d'un tramway.

Dans les pays où les routes sont à peine tracées, les difficultés sont encore plus grandes. Le transport aérien par telphéragage électrique, utilisant les forces hydrauliques, offre une solution à la fois simple, facile et économique. La question intéresse donc tout technicien et tout industriel, d'autant plus que le telphéragage électrique est avantageux non seulement pour les transports à grande distance dans les cas précités, mais toutes les fois qu'il s'agit de transporter personnes et marchandises.

(Voir page 3 de la couverture)

# Les Mines à travers les Ages

## L'EXPLOITATION ÉLECTRIQUE

### I. — La Fiction. L'Age d'or.

C'était en 1806, sur une scène allemande. La Germanie lasse, battue à Austerlitz, voyait crouler de toutes parts l'antique Empire et, comme tous les peuples vaincus, elle reportait ses regards vers le ciel. Les exaltés et les mystiques rapprochaient les défaites récentes des armées et les prédictions des Prophètes. L'Apocalypse jouissait d'une vogue extraordinaire. Dans le monde romantique, on considérait les choses à un autre point de vue : avec le vieil Empire tombaient les derniers retranchements du classicisme qui s'obstinait à ne pas vouloir mourir.

Ce jour-là donc, le théâtre était bondé. Tout ce que le luthérianisme comptait de fervents et de militants, tout ce que le Romantisme avait entraîné par ses doctrines séduisantes ou poussé à un enthousiasme irrésistible par sa jeunesse et son esprit de réaction, s'était donné rendez-vous à la première de « Luther », l'œuvre la plus originale et la plus mystique du protestantisme allemand en même temps que l'une des plus exaltées du romantisme de cette époque. C'était, d'ailleurs, l'œuvre d'un auteur déjà fameux par son talent poétique, de Werner, cet esprit inquiet qui, après une vie des plus irrégulières, exalta la Réforme, travailla à propager la Maçonnerie et finit par devenir prédicateur rédemptoriste, aussi bouillant catholique qu'il avait été zélé luthérien. La curiosité et la ferveur étaient excitées au plus haut point par ce qu'on racontait de l'inspiration de l'auteur qui, manifestement partisan de la Maçonnerie dans « Les Templiers à Chypre » paru trois ans avant, se posait maintenant en panégyriste enthousiaste du théologien de Wittemberg. Enfin, la toile se lève sur un intérieur de mine en exploitation et, aux accords d'une musique séraphique composée par le célèbre Schutz, un chœur monte des profondeurs obscures : « Courage, »  
» compagnons, courage! que nos efforts arrachent le minerai brillant. Des anges  
» bienfaisants l'ont enfoui dans le sein de la terre, mais il tarde au métal précieux de  
» briller à la lumière du jour, il lui tarde de se produire dans sa force et sa pureté...  
» Les ondes formidables allaient s'en emparer, mais nous sûmes dompter leur fureur.  
» La bénédiction doit être le prix du courage, et la vie jaillit du fond des abîmes...  
» Là-bas, il est vrai, là-bas, dans les gouffres éternels, nous guette le génie aux  
» flammes bleuâtres ; mais il n'a pas la puissance de nous immoler. La sombre nuit  
» qui voit naître la lumière, réveillée au sein des profondeurs de la terre, n'a pas le  
» pouvoir d'en éteindre la flamme ; la tâche commencée avec une ardeur modeste  
» bientôt s'achève et paraît avec gloire, et les anges du ciel veillent autour de nos  
» abîmes... Oui, ils veillent autour de nos abîmes ; ils nous donnent la force et la  
» puissance de faire briller au grand jour les trésors enfouis, objet de nos travaux. »

A peine ces strophes avaient-elles retenti, que l'auditoire était enthousiasmé : les Luthériens y entendaient l'écho du symbolisme biblique ; les Romantiques y trouvaient une poésie pénétrante que la traduction ne rend malheureusement pas ; ils y trouvaient ou croyaient y trouver aussi l'application de leurs théories les plus chères. Et pourtant, à y regarder de près, rien de moins conforme au dogme romantique de la couleur locale ou, si l'on préfère, de la vérité historique. Il faut n'avoir jamais mis le pied dans une mine pour admettre que les mineurs y chantent des chœurs, même



symboliques. Cela sera peut-être un jour ; cela n'était certainement pas à l'époque de Luther, au commencement du xvi<sup>e</sup> siècle, ni à l'aurore du xix<sup>e</sup>. Il fallait être un mystique exalté, comme Werner, il fallait être doué d'une bonne dose d'illusionisme, comme les Romantiques allemands, pour en admettre un moment l'hypothèse.

Le travail dans les mines était un enfer jadis, et Werner en fait un paradis. En somme, il était dupe de cette illusion vieille comme le monde, qui reporte dans le passé une époque de félicité que l'avenir seul peut connaître. L'une des manifestations les plus célèbres de cette illusion, c'est la conception que l'on retrouve à peu près chez tous les peuples, d'un âge d'or suivi d'âges de moins en moins vertueux, de moins en moins heureux. Ce mythe, l'Inde l'a connu, la Grèce y a cru, Rome et les modernes l'ont chanté. Virgile en a fait une description pleine d'un sentiment exquis, Ovide l'a versifié avec son esprit habituel ; Le Tasse en a fait le sujet d'un chœur de bergers ; Cervantès en a pris texte pour un des plus beaux discours de son héros. C'est Don Quichotte qui parle, mais c'est le blessé de Lépante, pauvre et dédaigné, le génie incompris qui paya par le malheur de toute sa vie les tardifs honneurs d'une gloire posthume, c'est cette âme meurtrie qui se console dans la contemplation des âges heureux du monde. Jamais moderne n'eût une conception plus poétique de cet idéal, parce que jamais moderne n'en fut aussi éloigné.

Heureux âge, dit-il, et siècles heureux, ceux auxquels les anciens donnèrent le nom d'âge d'or, non point parce que ce métal, qui s'estime tant dans notre âge de fer, se recueillait sans aucune peine à cette époque fortunée, mais parce qu'alors ceux qui vivaient ignoraient ces deux mots, *tien* et *mien* ! En ce saint âge, toutes choses étaient communes. Pour se procurer l'ordinaire soutien de la vie, personne, parmi les hommes, n'avait d'autre peine à prendre que celle d'étendre la main, et de cueillir sa nourriture aux branches des robustes chênes qui les conviaient libéralement au festin de leurs fruits doux et murs. Les claires fontaines et les fleuves rapides leur offraient en magnifique abondance des eaux limpides et délicieuses. Dans les fentes des rochers, et dans le creux des arbres, les diligentes abeilles établissaient leurs républiques, offrant sans nul intérêt, à la main du premier venu, la fertile moisson de leur doux labeur. Les lièges vigoureux se dépouillaient d'eux mêmes, et par pure courtoisie, des larges écorces dont on commençait à couvrir les cabanes, élevées sur des poteaux rustiques, et seulement pour se garantir de l'inclémence du ciel. Tout alors était paix, amitié, concorde. Le soc aigu de la pesante charrue n'osait point encore ouvrir et déchirer les pieuses entrailles de notre première mère, car, sans y être forcée, elle offrait, sur tous les points de son sein spacieux et fertile, ce qui pouvait alimenter, satisfaire et réjouir les enfants qu'elle y portait alors. Alors aussi les simples et folâtres bergerettes s'en allaient de vallée en vallée et de colline en colline, la tête nue, les cheveux tressés, sans autres vêtements que ceux qui sont nécessaires pour couvrir ce que la pudeur veut et voulut toujours tenir couvert ; et leurs atours n'étaient pas de ceux dont on use à présent, où la soie de mille façons martyrisée se rehausse et s'enrichit de la pourpre de Tyr ; c'étaient des feuilles entrelacées de bardane et de lierre, avec lesquelles, peut-être, elles allaient aussi pompeuses et parées que le sont aujourd'hui nos dames de la cour avec les étranges et galantes inventions que leur a enseignées l'oisive curiosité. Alors les amoureux mouvements de l'âme se montraient avec ingénuité, comme elles les ressentaient, et ne cherchaient pas, pour se faire valoir, d'artificieux détours de paroles. Il n'y avait point de fraude, point de mensonge, point de malice qui vissent se mêler à la franchise, à la bonne foi. La justice seule faisait entendre sa voix, sans qu'osât la troubler celle de la faveur ou de l'intérêt, qui l'étouffe maintenant et l'opprime. La loi du bon plaisir ne s'était pas encore emparée de l'esprit du juge, car il n'y avait alors ni chose ni personne à juger. Les jeunes filles et l'inno-

cence marchaient de compagnie, comme je l'ai déjà dit, sans guide et sans défense, et sans avoir à craindre qu'une langue effrontée ou de criminels desseins les souillent de leurs atteintes ; leur perte naissait de leur seule et propre volonté. Et maintenant, en ces siècles détestables, aucune d'elles n'est en sûreté, fut-elle enfermée et cachée dans un nouveau labyrinthe de Crète : car, à travers les moindres fentes, la sollicitude et la galanterie se font jour ; avec l'air pénètre la peste amoureuse, et tous les bons principes s'en vont à vau-l'eau...

## II. — La réalité. Les métaux chez les anciens.

En réalité, rien n'est moins conforme à la vérité que cette conception de l'âge d'or que nous venons d'esquisser d'après la traduction de Viardot ; rien n'est moins conforme à l'histoire que le mythe des quatre âges dont Ovide nous fait le tableau. Il est maintenant certain que l'homme, à l'époque où il ignorait ces deux mots *lien* et *mien*, comme dit Cervantès, menait une existence extrêmement misérable. Sa condition n'était guère au dessus de celle du singe, son existence était plus précaire encore. L'âge de la pierre succéda à ce prétendu âge d'or. Ovide appelle cette époque l'âge d'argent ; ce n'était plus l'âge d'or, mais cela y ressemblait encore fort. En réalité, l'âge de la pierre n'apporta que peu d'amélioration dans la condition de l'homme. Les vestiges qui en restent, nous montrent l'homme luttant corps à corps avec des fauves dont il faisait sa nourriture quand il ne leur servait pas lui-même de pâture. Des restes de repas trouvés dans les cavernes de Samson-sur-Meuse, ont même permis de croire que les populations de cette époque étaient anthropophages. Les deux âges suivants sont l'âge du bronze et l'âge du fer, et ici le mythe s'accorde avec l'histoire. C'est, en effet, par le travail du bronze que les peuples historiques ont commencé, l'usage du fer n'est venu que plus tard. Tous les peuples ont passé par l'âge de la pierre. On a retrouvé des instruments de pierre taillée, polie ou non, dans toutes les parties de l'Europe, de l'Amérique, de l'Asie et de l'Afrique. Par contre, tous les peuples n'ont pas passé par l'âge du bronze. Beaucoup de peuplades africaines, notamment au Congo, ont passé directement de l'âge de la pierre à celui du fer. Cela tient à des circonstances spéciales, notamment à la facilité avec laquelle se réduit le minerai et à l'abondance de ce dernier. Là, où l'on trouve en abondance un minerai de fer facilement réductible et où le minerai de cuivre est peu abondant, l'âge du fer succède directement à celui de la pierre. Ainsi, c'est à l'abondance de la limonite et à sa facilité de réduction qu'il faut attribuer l'état avancé qu'ont atteint la fabrication et le travail du fer chez des peuples aussi primitifs que les nègres de l'Afrique centrale. La métallurgie et l'art du forgeron sont un des faits saillants de l'industrie des peuplades du bassin du Congo, comme des peuples Bantu en général. L'extraction du métal se fait par la méthode dite « catalane ». Dans les pays où prit naissance la civilisation, le travail du fer était moins aisé, ce qui explique l'extension prise par le bronze. Ce métal était encore employé presque exclusivement à l'époque mycénienne dont la civilisation nous est dépeinte dans les poèmes homériques. Ce n'est pas à dire que d'autres métaux ne fussent connus : l'or, l'argent, le plomb, l'étain et même le fer sont cités, mais c'est le bronze qui entre dans la confection des armes et de l'outillage. Ce bronze n'avait d'ailleurs pas encore une trempe à l'épreuve : l'épée de Ménélas se brise dans le casque de Paris, et le javelot de celui-ci s'éמושse sur le bouclier de son rival ; la pique d'Iphidamas plie comme du plomb sur une lame d'argent du bouclier d'Agamemnon. Un batteur d'or, à l'aide d'une enclume et d'un marteau d'airain, réduit en lame de l'or, qu'avec une tenaille d'airain il contourne autour des cornes d'une génisse. Pour façonner le bouclier d'Achille, Vulcain se sert

de vingt creusets et place sur le foyer de l'airain, de l'étain, de l'or et de l'argent. On employait même l'airain comme revêtement pour donner plus de solidité aux murailles ou pour les orner. Le fait est notamment cité à propos des salles d'Alcinous et de Ménélas.

L'emploi du fer était exceptionnel. Il semble pourtant qu'on savait le tremper. On croit même que l'acier n'était pas inconnu ; du moins, certains archéologues voient-ils ce métal dans la matière très dure désignée par le terme *Adamas*. D'où provenaient ces métaux à l'époque homérique ? C'est là un problème que la science n'a pas encore élucidé. L'opinion que les travaux de W. Helbig a fait généralement admettre, c'est qu'ils étaient importés, soit à l'état de métal brut, soit à l'état de produits manufacturés, par les Phéniciens. La chose n'est pas sans vraisemblance, d'autant plus que les Phéniciens étaient le peuple commerçant de cette époque. Il constituait sous ce rapport une merveilleuse exception parmi les peuples sémitiques d'alors. Il est vrai qu'ils étaient voisins des peuples chamitiques de l'Égypte dont le caractère était autrement favorable au développement du commerce. Les Chamites, en effet, ont l'esprit tourné vers le côté objectif des choses ; leur civilisation est utilitaire, matérielle. De là, le développement pris chez eux par l'agriculture, l'industrie, le commerce, et la création de grandes cités populeuses. De là, aussi, leur absence d'idéal et de littérature élevée ; l'architecture et la sculpture sont les seuls arts qui se développent et les sciences exactes sont les seules qui font des progrès chez ces peuples sensualistes. Ce sont les Chamites qui ont donné au monde l'alphabet — n'en déplaise à ceux qui en font honneur aux Phéniciens — les poids et mesures, la culture du blé, l'art de construire.

Les Sémites présentent un contraste frappant avec les Chamites. Ils ont peu de sens politique ; ils ne s'élèvent guère au dessus de l'état patriarcal et la vie pastorale conserve encore aujourd'hui pour beaucoup d'entre eux tout son charme. Leurs dispositions sont avant tout idéalistes, ce qui explique leur peu de culture matérielle. Ils ne s'appliquent ni aux sciences exactes, ni aux arts plastiques, mais s'adonnent à la poésie lyrique et à la musique. L'homme est chez eux écrasé sous la toute puissance divine. Rien d'étonnant donc que les Sémites aient donné au monde trois grandes religions : le judaïsme, le christianisme et le mahométisme. Les peuples Ariens tiennent pour ainsi dire, l'équilibre entre les Chamites et les Sémites. Les Ariens sont la seule race vraiment politique ; ils créent la notion de l'Etat libre, mais organisé, n'abaissant l'homme ni sous le despotisme du roi, ni sous le despotisme de Dieu. A l'origine, pasteurs et agriculteurs, puis industriels et commerçants, ils créent une civilisation qui emprunte beaucoup d'éléments aux autres peuples, mais les fonde tous dans une harmonie supérieure. L'Arien est idéaliste, il adore les forces de la nature, non pas au sens matériel, comme le Chamite, ni dans une unité abstraite, comme le Sémite mais dans la variété de leurs manifestations. Aussi la vie intellectuelle de l'Arien est-elle très développée. Son imagination est riche, sa fantaisie créatrice parfois surabondante. Il s'adonne à l'histoire et à la poésie, il invente et pratique seul l'épopée, l'art sous toutes ses formes le passionne. Ces caractéristiques des trois races qui se partagent la civilisation antique, et même moderne, permettent d'entrevoir quels sont les peuples chez lesquels le travail des mines et des métaux prendra une réelle extension et de remonter à l'origine du travail minier. Abstraction faite de l'Extrême Orient, la civilisation la plus ancienne est une civilisation chamitique, celle des Egyptiens. Les Egyptiens travaillaient à la perfection l'or, l'argent, le bronze, leurs bijoux et leurs armes de guerre attestent l'habileté et le goût de leurs artistes. Viennent alors les Assyriens et les Babyloniens. A l'époque historique, la civilisation avait modifié les caractères sémitiques primitifs. Ce fut

surtout par l'industrie et le commerce que Babylone brilla. C'était un pays de trafic et une ville de marchands, comme le dit Ezéchiel. Ses bijoux étaient renommés, mais c'était en Assyrie que se travaillaient surtout les métaux. Toutefois, parmi les Sémites, ce furent surtout les Phéniciens qui commercèrent et travaillèrent les métaux. Les bijoux et les bronzes phéniciens étaient recherchés dans toutes les parties du monde antique.

Quoique voisins des Phéniciens, les Hébreux ne s'occupèrent jamais du travail des métaux. L'industrie ne se développa qu'à partir du règne de David ; mais, bien que les artisans aient été nombreux à Jérusalem, cette industrie n'eût qu'un rôle secondaire et ses produits ne sortaient pas de la Palestine. Le luxe s'alimentait au dehors ; encore le métal n'y jouait-il qu'un rôle effacé. Ce luxe était d'ailleurs très mal vu. Isaïe, contemporain du roi Ezéchias, décrit, avec des malédictions à la clef, les colliers d'or, les bracelets, les boucles d'oreilles, les bagues, les miroirs métalliques, etc., des femmes juives. « Leur parfum, dit-il, sera changé en puanteur, leur ceinture d'or en corde et leurs cheveux frisés en tête nue et chauve. »

Si nous passons aux Ariens, nous rencontrons d'abord les Aryas de l'Inde, celui de tous les peuples dont l'imagination fut toujours la plus vive et la plus portée à l'extraordinaire. Cette qualité ou ce défaut, comme on voudra, fut en partie cause du faible développement de la métallurgie utilitaire et du grand développement du travail des métaux précieux. L'Indou était trop préoccupé de la poésie de ses rêves grandioses et splendides pour songer beaucoup aux trivialités de l'utile. On peut en dire à peu près autant de leurs voisins, les Perses. Les seuls arts que ces derniers aient pratiqué ont été la sculpture et l'architecture. La métallurgie des métaux précieux semble les avoir surtout intéressés. Pasargada, l'ancienne capitale de la Perse ou Perse proprement dite, s'enorgueillissait du monument sépulcral de Cyrus, dans lequel Aristobule trouva un lit d'or et un cercueil du même métal, ainsi que des bijoux précieux.

### III. — Nos maîtres en métallurgie.

L'aspect des choses change grandement avec l'entrée des Grecs et des Romains sur le théâtre du monde. Alors que les Finnois mettaient encore tout leur espoir dans leurs flèches, qui, à défaut de fer, étaient armées d'un os pointu, les Grecs et les Romains étaient aussi versés dans le travail des métaux qu'on l'était dans l'Europe occidentale il y a un siècle ou deux. Avec leurs conquêtes, l'usage des métaux et leur travail se répandit dans toute l'étendue du monde antique. Les perfectionnements suivirent, mais furent brusquement interrompus par la grande crise du Moyen-Age, où entrent en jeu deux éléments de nature à entraver le progrès : d'une part, l'influence des peuples arriérés dénommés généralement les Barbares ; d'autre part, l'influence sémitique introduite par le christianisme. Le Moyen-Age n'est que la combinaison de ces forces nouvelles avec les facteurs puissants de la civilisation antique. Pendant cette période de barbarie, le centre de la civilisation se déplace : les Infidèles et les Sarrasins, voués pieusement à toutes les exécutions des fidèles Barbares de l'Occident, restent les dépositaires de l'expérience du monde ; les Arabes gardent le trésor de la civilisation, de la science et des arts. C'est chez eux que l'Occident ira plus tard à l'école ! Alors que le noble chrétien s'enorgueillissait de ne pas savoir écrire son nom, l'impie musulman étudiait les philosophes et les médecins grecs et donnait son chapelet et ses cloches à l'Eglise. Dépositaire de la civilisation, il l'est aussi des secrets de la métallurgie ; ses armes sont célèbres et recherchées, ses bijoux sont d'un travail exquis, sa main-d'œuvre est incomparable. Il introduit sa science et son industrie en Espagne, où elle rayonne peu à peu sur tout le monde



occidental, pour prendre l'essor que nous lui voyons aujourd'hui. Si humiliant que la chose puisse paraître à notre amour propre, nous sommes redevables de notre civilisation moderne à un peuple que la plupart des gens mettent à peu près au même niveau que les naturels de la Polynésie ! C'est là une des plus belles manifestations de notre esprit farci de préjugés d'autant plus dangereux que nous l'en croyons exempt ; c'est là aussi un des résultats de notre ignorance des langues et de notre manie de ne croire belle, bonne et claire que la langue que nous parlons. Croyez-vous donc que lorsqu'un Arabe dit : « Je l'ai vu son œil » ou « son âme », ou bien encore : « La fille, elle plus belle », « les guerriers, eux plus forts », cela soit pour lui moins beau, moins bon, moins clair que notre : « Je l'ai vu lui-même » ou bien : « La fille est plus belle », « les guerriers sont plus forts » ? Croyez-vous donc que ce verset de saint Mathieu : « Que votre lumière luise ainsi devant les hommes, afin qu'ils voient vos bonnes œuvres et qu'ils glorifient votre Père qui est dans les Cieux » soit moins beau, moins bon et moins clair lorsqu'un créole de l'île Maurice ou de la côte orientale de Madagascar le prononce : « Mem çoz, lésse vou la limier écléré divan lé zom, pour ki zot voar di biein ki vou fair, é ki zot donne la gloar vou Papa ki dan lé ciel » ? Belles, bonnes et claires sont toutes les langues quand on les comprend. Il n'y a que le préjugé qui puisse affirmer le contraire !

Malheureusement, le préjugé est plus commode que la vérité et il est tout puissant dans notre société moderne, qui semble avoir pris pour devise cette parodie des paroles de Cilo : « Laissons le marais aux grenouilles et la pourriture aux corbeaux ; le plaisir est le but de notre vie et la conclusion notre mort ; donc le plaisir avant tout ! »

#### IV. — Premiers procédés de travail.

Mais ceci nous éloigne des minéraux exploités par les anciens et ne nous apprend guère d'où provenaient les métaux que nous avons cités et comment on les extrayait et travaillait. Sur ces différents points nos connaissances sont encore bien incomplètes. L'on sait, toutefois, que les métaux provenaient rarement des pays où on les transformait en produits manufacturés. Ils étaient amenés de régions parfois lointaines par des caravanes ou des bateaux marchands. L'extraction se faisait généralement aux endroits où le minerai affleurait la surface, parfois, mais rarement on creusait des galeries. Quant aux procédés métallurgiques employés pour la réduction et le travail du métal obtenu, on peut s'en faire une idée par les moyens employés encore de nos jours chez les peuplades primitives, notamment chez les nègres de l'Afrique Centrale. Ces peuplades, nous l'avons dit plus haut, sont très habiles au travail du fer. Elles exploitent les gisements de limonite et c'est à l'abondance de ce minerai et à sa facilité de réduction qu'il faut attribuer l'état avancé que la fabrication du fer a atteint chez eux. Ils dédaignent l'oligiste et la magnétite mélangée d'oligiste parce que ces minerais, quoique de très bonne qualité, sont difficilement réductibles. L'extraction, nous l'avons dit également, se fait par la méthode dite « catalane ». Suivant les peuplades, les fourneaux sont plus ou moins perfectionnés et donnent un rendement plus ou moins considérable. Mais la différence n'influant pas sur les qualités du métal produit, la chose a peu d'importance dans un pays où le temps ne compte pas, où le combustible et le minerai existent à profusion à la portée de la main. Les hauts fourneaux sont très simples. Le voyageur Cornet a décrit le type qu'il a observé dans le bassin du Lualaba supérieur. Dans les villages, dit-il, on trouve fréquemment, sous un grand hangar, une sorte de haut fourneau en miniature, haut d'environ 1<sup>m</sup>50. A l'orifice postérieur s'adapte une tuyère en terre cuite dans laquelle on insuffle de l'air au moyen d'un appareil qui semble être construit partout d'après le même prin-



cipe. On emploie comme minerai les variétés les plus pures, les plus denses de limonite que l'on réduit par le charbon de bois. Les gueuses qui découlent de ces fourneaux sont martelées ou transformées en objets manufacturés, hoes, fer de lance, haches, etc., qui servent fréquemment d'unités monétaires.

Le forgeron dispose pour ce travail d'un soufflet, de tuyères, d'un enclume, de marteaux et de pinces. Nous empruntons quelques renseignements sur ces outils à une publication de l'Etat Indépendant. Le soufflet, destiné à activer le feu, est, d'après cette publication, d'un modèle commun à toute l'Afrique tropicale, il est en bois, affectant la forme d'un plat profond prolongé par un tuyau à large collet. Comme couvercle, le plat porte soit une peau, soit des feuilles mal tendues percées par un bâtonnet qui permet d'abaisser ou de relever alternativement cette couverture de façon à provoquer un mouvement d'air par le tuyau. Les soufflets de forge sont à un, deux, trois ou quatre récipients pareils et demandent ainsi un ou deux apprentis pour les manier, chacun de ceux-ci pouvant agiter une ou deux baguettes. Les tuyères de terre cuite servent à diriger le jet d'air de l'extrémité du tuyau au foyer. L'enclume est faite d'une grosse pierre — ce qui est évidemment sa forme la plus primitive — ou d'une forte masse de fer. Des masses en fer avec ou sans manches servent de marteau ; comme pinces, on emploie une tige de bois fendu le long de laquelle glisse un anneau en liane. Ces outils se complètent par quelques objets accessoires et c'est tout. Il paraît que certaines peuplades pratiquent la trempe, qui suppléerait au martelage continu pour donner aux produits un haut degré de dureté. Avec cet outillage primitif les forgerons fournissent des milliers et des milliers de lances, des couteaux, des colliers, des bracelets, des perles métalliques, des chaînes, des hameçons, des clous, etc., etc. Là où le noir exploite le cuivre, le travail se fait de la même manière. Pour couler le métal, il existe, en outre, des creusets et les artisans savent faire des moules en terre, soit créés spécialement, soit portant l'empreinte d'un objet existant. Si ce n'est pas là le procédé des premiers peuples historiques qui s'occupèrent de métallurgie, la différence ne doit pas être bien grande. A l'époque d'Homère, l'outillage du forgeron était en tout cas identique, quoique le travail manufacturier des métaux était incontestablement plus avancé. Ecoutez plutôt comment l'épopée décrit les apprêts de Vulcain pour forger le bouclier d'Achille.

« Il dit, et à l'instant il retourne à ses fourneaux, dirige les soufflets vers la forge, et leur ordonne d'activer la flamme. Tous à la fois agissent sur vingt creusets, et répandent de toutes parts une ardeur habilement mesurée, selon les travaux que médite Vulcain ; tantôt ils précipitent leurs exhalaisons, tantôt ils les ralentissent. Le dieu place sur le foyer l'airain indomptable, l'étain, l'argent et l'or précieux ; il affermit ensuite sur sa base une large enclume, prend d'une main un lourd marteau et de l'autre des tenailles »

## V. — Le travail du mineur chez les Anciens.

L'on est moins bien renseigné sur les endroits d'où les anciens tiraient leurs métaux. Rarement, nous l'avons dit, le minerai se travaillait sur place. L'argent que les Grecs tiraient des mines du Laurium, constitue sous ce rapport une remarquable exception. Rarement aussi, même au Moyen-Age, l'extraction se faisait au moyen de galeries. On travaillait généralement à ciel ouvert. Le danger et l'insalubrité n'en étaient pas moins grands, non seulement pour les travailleurs, mais aussi pour les localités environnantes

Au xvi<sup>e</sup> siècle, on prit même des mesures législatives et pénales dans le pays de Liège pour empêcher les habitants de la ville d'être empoisonnés par l'eau des

fontaines polluées par le déversement des *xhorres* ou galeries d'écoulement qui servaient à l'exploitation des mines de houille. Cette exploitation pouvait encore se faire, à cette époque, à flanc de côteau. Nous ne citerons pas ici, comme preuve d'insalubrité, la mortalité effroyable qui sévit parmi les Grecs parqués dans les latomies de Syracuse, puisque c'étaient plutôt des carrières que des mines, mais nous rappellerons la dépopulation rapide qui frappa les régions américaines, notamment le Pérou et le Mexique, où les Indiens furent employés à l'exploitation des mines. Le fléau fut tel qu'à l'époque de Ferdinand et Isabelle et de Charles-Quint, le gouvernement Espagnol fut contraint d'intervenir en faveur des indigènes et d'inaugurer le régime des *Repartimientos*. Mais les fonctionnaires bientôt fermèrent les yeux et la dépopulation continua avec une telle rapidité qu'en vingt ans certaines régions virent leur population indigène tomber de 1.000.000 à 14 000. Le travail des mines ne fut pas, il est vrai, la seule cause, mais il fut parmi les plus actives. Sous Charles-Quint, le mal devint si grave que Las Casas parvint à persuader à l'Empereur de faire remplacer le travail indigène par celui de nègres importés d'Afrique. Ceux-ci résistèrent un peu mieux et furent d'ailleurs continuellement renouvelés depuis 1519, année où le monopole de l'importation fut concédé aux Croyx, jusqu'à l'abolition de l'esclavage.

Le travail dans les mines était, on le voit par ces exemples, extrêmement dangereux. Il est vrai qu'on disposait autrefois de secours contre les accidents, dont on ne dispose plus guère maintenant. Un jour, dit la Légende Dorée, un homme qui était avec plusieurs autres, occupé à fouiller un rocher pour en extraire de l'argent, fut enseveli sous les débris, à la suite d'un éboulement survenu au cours des travaux. Sa femme, le croyant mort, lui faisait dire une messe tous les jours, et elle offrait un pain et un vase de vin avec un cierge. Trois jours durant, le diable lui apparut sous une forme humaine et lui demanda où elle allait. Comme elle lui exposait les motifs de sa démarche, il lui dit : « C'est inutile d'aller plus loin, la messe est dite ». Et ainsi, pendant trois jours, il l'empêcha de faire son offrande et de faire dire la messe pour son mari. Au bout de ce temps, un homme qui creusait dans ces mêmes rochers, entendit une voix qui lui criait : « Frappe doucement, car une grosse pierre menace ma tête ». Alors l'homme eut peur et il appela ses compagnons. On creusa la terre et l'on trouva sain et sauf celui que l'on croyait mort. On lui demanda comment il avait pu vivre si longtemps et il répondit : « Chaque jour je recevais un pain, une mesure de vin et un cierge ; trois jours durant, cependant, tout cela m'a manqué ». Sa femme reconnut alors qu'il avait eu pour nourriture ce qu'elle offrait chaque jour, et que le diable l'avait trompée. Cet événement se serait passé, d'après Pierre de Cluny, dans une ville nommée Ferrare, au diocèse de Grenoble. Les mineurs modernes doivent vivement regretter d'être, sous ce rapport, moins bien partagés que leurs compagnons au XIII<sup>e</sup> siècle. Les puissances surnaturelles ne dédaignaient d'ailleurs pas, à cette époque, de recourir à des moyens thérapeutiques. Un nommé Aquilin, raconte Jacques de Voragine dans l'ouvrage précité, était atteint d'une fièvre ardente et vomissait les remèdes qu'on lui avait fait prendre, et il ne pouvait plus ni boire ni manger, et il était regardé comme étant près de mourir. Alors Saint-Michel lui dit de faire un mélange de miel, de vin et de poivre et d'y tremper tout ce qu'il voudrait manger. L'homme suivit le conseil et il fut guéri. Le remède pourrait, de nos jours, n'avoir pas perdu son efficacité dans les cas d'atonie stomacale. Libre au lecteur d'essayer, mais qu'il se méfie si son dérangement est de nature inflammatoire.

Quoi qu'il en soit, l'histoire rapportée par Pierre de Cluny nous apprend qu'au Moyen-Age on extrayait de l'argent à Ferrare. Il est probable que ces mines sont maintenant épuisées, mais qu'elles furent exploitées dès une haute antiquité. L'explo-

tation des mines est d'ailleurs beaucoup plus ancienne qu'on ne le croit généralement, comme nous le verrons tout à l'heure, mais les données précises manquent parce que les peuples qui trafiquaient des métaux tenaient cachées leurs routes commerciales.

## VI. — Les mines de l'Antiquité.

L'on sait cependant que les Phéniciens, les Carthaginois et les marchands de Gadès trafiquaient du cuivre du Chypre, de l'or de l'Asie Mineure et de la Thrace, du fer de l'île d'Elbe et des îles de la mer Egée, de l'argent et du plomb de l'Espagne, qu'ils recherchèrent l'étain dans toute la Méditerranée et allèrent le chercher aux îles Cassitérides que l'on croit être les îles Sorlingues ou Scilly. Il paraîtrait aussi que les Carthaginois et les marchands de Gadès tiraient ce métal, alors précieux des mines de Cornouailles qui en fournissent, dit-on, encore. Exploitaient-ils ces mines eux-mêmes, comme on l'écrit généralement? Il est permis d'avoir des doutes à cet égard après certaines découvertes archéologiques modernes.

L'on sait également que dans une des nombreuses îles du golfe Arabique, on exploitait, dans l'antiquité, une mine de topazes; que les Grecs exploitaient des mines d'argent au Laurium; que les Romains tiraient du fer, de l'or, de l'argent et, peut-être, de l'étain de la Grande-Bretagne, de l'or de la Wettérvie; que les Germains n'exploitaient que le fer; que l'on trouvait de l'or en Gaule et que les Ruthènes, dans le Rouerge, exploitaient des mines d'argent, quoique le fer fut le métal le plus connu; que l'Arabie possédait des mines d'or dont Niebuhr a retrouvé les traces dans l'Yémen; qu'au Moyen-Age, les Arabes tiraient de l'or des confins du Sahara, de l'or et du fer du pays de Sofala. Mais de tous les pays connus des Anciens ce fut certainement l'Espagne, où le travail minier fut le plus actif; l'étain, l'or, le cuivre formaient la partie la plus importante de sa production. Sous les Romains, l'Espagne fournissait du plomb, de l'étain, du cuivre, du fer, de l'argent, de l'or et du mercure. Les Maures gardèrent en activité la majeure partie des exploitations, mais quand ils furent repoussés en Afrique, l'industrie minière, comme toutes les autres industries d'ailleurs, — n'oublions pas que les Arabes avaient fait de l'Espagne le pays le plus prospère et le plus civilisé de l'Europe — fut à peu près anéantie par les vainqueurs. Lors de la découverte de l'Amérique, les rois d'Espagne, pour favoriser les mines du Nouveau Monde, qui étaient pour eux la source d'énormes revenus, interdirent presque entièrement les exploitations dans la Péninsule, et il ne resta guère en activité que les mines d'Almaden, qui envoyaient chaque année à Mexico 5 à 6 mille quintaux de mercure nécessaires à l'extraction des métaux précieux. La production annuelle d'Almaden fut même portée à 18 mille quintaux, vers le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, par suite d'accidents arrivés dans une mine du Pérou. Ces mesures déplorables ne contribuèrent pas peu à jeter l'Espagne dans un marasme dont elle ne s'est jamais relevée. En 1820, la législation minière fut réformée, mais trop tard, l'Espagne avait oublié la technique minière. La population des Alpujarres, qui, depuis l'expulsion des Maures, vivait dans une misère et une démoralisation profondes, se porta pourtant avec ardeur vers l'exploitation des mines de plomb, si abondantes dans ce pays. Le succès répondit à l'effort. Avant 1820, les usines royales, qui seules avaient le privilège de fondre les minerais qu'elles achetaient à un prix fixé par le gouvernement, ne produisaient par an que 30 à 40 mille quintaux de plomb; en 1823, la production atteignait 500 mille quintaux, et en 1827, 800 mille quintaux. Malheureusement, le défaut des connaissances techniques vint s'opposer dans bien des cas au succès des entreprises. Il fallut envoyer des jeunes gens faire des études minières à l'étranger et rappeler les proscrits qui avaient étudié les sciences et les procédés industriels en France, en



Angleterre, en Hollande et en Allemagne. Malgré tous ces efforts, l'Espagne ne s'est pas encore relevée parce qu'un pays ne vit pas impunément en parasite de ses colonies. En ce moment encore, malgré la richesse considérable du bassin houiller des Asturies, dont la situation près de la mer est éminemment favorable à un grand développement, l'Espagne est tributaire pour 50 % de sa consommation, des houillères britanniques. Or, un pays tributaire de l'étranger, est un pays qui se ruine, l'argent passe continuellement la frontière et ne revient pas. La ruine de l'empire Romain d'Orient est une preuve célèbre de cette loi ; celle de l'Espagne en est une non moins frappante. Tout cela est de l'histoire ancienne, me dira-t-on ; oui, mais combien bonne à redire et à méditer ! Que de pays européens marchent en ce moment à grands pas dans la voie fatale, précisément parce qu'ils méprisent l'histoire ancienne !

Voilà à peu près tout ce que nous apprennent les textes sur le travail des métaux et l'exploitation des mines jusqu'à l'aurore du XIX<sup>e</sup> siècle. Des découvertes archéologiques sont heureusement venues compléter ces renseignements imparfaits et montrer que les mines s'exploitaient déjà, même en galeries, aux époques préhistoriques. On a, en effet, découvert des mines préhistoriques dans l'Oural et en Espagne, à Aramo (Asturie).

### VII. — Mineurs préhistoriques.

Ces dernières, en galeries, ont été explorées récemment et remises en activité pour l'exploitation du cuivre et du cobalt. Lors de la découverte de ces mines, en 1888, dit M. Dory, auquel nous empruntons quelques renseignements, ces galeries étaient en communication avec le flanc de la montagne au moyen de puits verticaux de quelques mètres de hauteur et tout porte à croire que ces cheminées de section réduite, à la garde desquelles des sentinelles étaient sans doute préposées, ont été creusées pour écarter toute idée d'évasion de la part des travailleurs esclaves. Peut-être aussi cette disposition fut-elle adoptée pour se garantir de l'invasion des fauves qui cherchaient un refuge dans les cavernes de la montagne. On reste stupéfait, quand on considère quels prodiges de patience ont dû déployer ces mineurs primitifs pour ménager des piliers qui soutiennent les galeries aux points dangereux. Nos ouvriers n'attaqueraient pas mieux ces minerais, durs parfois au point d'émousser l'acier le mieux trempé ; et ces rudes travailleurs de l'âge de la pierre n'avaient pour émietter la roche que la corne et les os, le grès et le calcaire qu'il fallait arracher, arrondir, user, polir jusqu'à l'adapter à la mesure de la main de celui qui l'employait.

Des outils et ossements ont été trouvés tant à l'extérieur qu'à l'intérieur de ces mines que l'on peut qualifier de « préhistoriques » quoi qu'il soit difficile de préciser l'époque à laquelle il faut faire remonter ces exploitations. Tout concourt à démontrer cependant qu'elles sont postérieures de peu à l'âge de la pierre. La découverte d'outils entre des rochers anguleux et sous une couche d'argile qui s'oppose aux infiltrations supérieures paraît établir pour ces mines une époque nettement préhistorique. Les nombreux instruments en calcaire et en grès indiquent l'âge de la pierre polie et l'on peut presque affirmer que puisqu'aucun outil en bronze ou en cuivre n'y a été découvert jusqu'à ce jour, ces travaux remontent à une époque intermédiaire entre l'âge de la pierre et celle du bronze, qui serait par conséquent l'âge du cuivre. Seize squelettes, dont deux complets, des marteaux de différentes grandeurs, des pics en corne, des aiguilles de pierre destinées à l'arrachement, des coins, des bâtonnets servant à l'éclairage et des branches de bois recouvertes de peau enduite de graisse ou de résine servant au même usage, deux bassines en bois, des fragments de peau, une noisette ouvragée, un couteau en os, tels sont les principaux restes découverts à l'intérieur de la mine. D'après les squelettes et, notamment, d'après le développement

démésuré d'une phalange médiane, d'après le poids considérable de certains marteaux (9 à 10 kg.), on peut admettre que la taille et la puissance musculaire de certains des travailleurs étaient considérables. L'étude des crânes et celle du système d'abattage et de traitement des minerais portent à croire que deux races bien différentes se sont succédées dans les travaux. Les squelettes trouvés appartiennent la plupart à des individus surpris par la mort au milieu de leur travail ; la main tient encore le marteau et parfois le squelette se trouve sous un éboulement. D'autres semblent appartenir à des individus ensevelis dans la position accroupie. Malgré leur puissance musculaire, ces mineurs devaient être d'une maigreur extrême, car certaines galeries sont littéralement polies par le frottement des corps et dans ces galeries creusées dans la roche compacte, un homme de petite taille rampe avec la plus grande difficulté. Les crânes appartiennent à des individus jeunes, car toutes les dents restent incrustées dans les mâchoires et chez quelques-uns, les molaires extrêmes n'ont pas atteint toute leur croissance. Ceci confirme, on le voit, ce que nous avons dit de l'insalubrité des mines d'autrefois.

Le marteau de ces mineurs primitifs était un bloc plus ou moins volumineux, plus ou moins poli, qui s'adaptait directement dans le creux de la main. Parfois, pourtant, la pierre est pourvue d'une entaille circulaire peu profonde dans laquelle s'engageait sans doute une lanière destinée à conserver le marteau adhérent à la main ou, peut-être, à un manche. Les pics étaient en corne et s'utilisaient comme un ciseau de nos jours. La corne employée appartient à des animaux divers dont l'espèce a disparu de l'Espagne ou du monde. Les aiguilles destinées à l'arrachement sont des pierres de 10 à 15 centim. de longueur. On distingue leurs marques nettement tracées sur toutes les parois des excavations. Les coins sont en pierre ou en corne.

Pour s'éclairer, les mineurs se servaient de petits morceaux de bois de 10 à 20 cent. de long. On a découvert une quantité de ces bâtons brûlés à une extrémité et fixés dans une pelotte d'argile adhérent encore aux parois des galeries. On a trouvé également des sortes de torches formées d'une branche résineuse enveloppée de peau enduite de graisse ou de résine. Les bassines étaient creusées dans un bloc de bois ou faites de deux pièces. L'une d'elles, brisée, était raccommodée au moyen d'une pièce cousue de boyaux. Nous n'insisterons pas sur la noisette sculptée, une amulette sans doute, ni sur l'emploi d'os humain dans la confection d'une aiguille, d'un couteau et d'une sorte de vasque formée d'un crâne. Ces travailleurs primitifs ne connaissaient pas nos scrupules et tiraient parti des os de leurs semblables comme ils faisaient de ceux des animaux tués à la chasse. A l'extérieur de la mine, on a trouvé des râpes, spatules, pilons, perçoirs, creusets, etc. La pierre servant de râpe, d'assez grande dimension, reposait sur les genoux du travailleur assis et s'appuyait d'autre part contre la poitrine ; elle était maintenue par son milieu au moyen de la main gauche. De la main droite, on frottait sans doute le corps à émietter sur l'une des faces tailladée de la pierre. Certains des instruments trouvés servaient à broyer le minerai, d'autres à l'écraser, d'autres à percer le bois, d'autres à l'entailler. On a reconnu également des spatules, des polissoirs, etc. Les creusets sont en argile réfractaire avec grains de quartz blanc. L'épaisseur était d'environ 4 cent., le diamètre de 20 cent., mais la hauteur était faible. Du minerai incomplètement réduit adhère encore aux parois des fragments de creusets.

L'extraction se faisait au moyen d'entailles, de trous servant à égrener le minerai. Parfois, on encerclait un bloc d'une entaille circulaire et on détachait la masse probablement au moyen de leviers en bois. Dans certains cas, l'extraction se faisait au fond de longs boyaux où ne pouvait certes pénétrer qu'un enfant. Le feu était employé

pour faire éclater la roche et la rendre plus friable. L'argile s'enlevait à la main : des milliers de traces de doigts s'y voient encore, et montrent que le pouce des ouvriers avait une longueur presque double de celle du pouce d'un ouvrier de nos jours. Les travaux n'étaient pas étayés avec des pièces de bois, ce qui prouve qu'ils sont antérieurs à l'occupation romaine. Là où les Romains ont exploité des mines en Espagne, le bois et la pierre sont toujours employés comme moyens de soutènement. Les bassines mentionnées plus haut ont dû servir au transport du minerai ; elles étaient pourvues d'une lanière sans doute pour pouvoir la traîner dans les couloirs trop peu spacieux pour permettre de les porter sur les épaules. Le traitement des minerais doit s'être fait, au début, dans des creusets ; plus tard, un système plus perfectionné semble avoir été employé, comme il est prouvé par la découverte de scories parfaitement homogènes et dénotant l'emploi d'appareils à fusion continue. Certaines galeries sont si inclinées et glissantes que la circulation a dû y être aidée par un moyen quelconque ; une lanière ou une corde de boyaux. Il semble en avoir été de même dans les cheminées, car à la tête se trouve généralement un anneau de pierre où s'attachait la lanière. Les traces de mines préhistoriques dans l'Oural sont moins importantes que celles des mines que nous venons de décrire. Elles appartiennent d'ailleurs à une époque postérieure. On y a trouvé des ossements et des outils en bronze.

### VIII. — Progrès modernes.

Au point de vue strictement chronologique, nous aurions dû parler beaucoup plus tôt des mines préhistoriques, mais il nous a semblé qu'il était intéressant de rapprocher en un raccourci frappant les connaissances que nous avons sur la manière la plus primitive connue d'exploiter les mines et sur la méthode la plus moderne, la méthode électrique. Cette méthode est à l'ordre du jour et, à part quelques vieux ingénieurs attachés aux méthodes en vogue dans leur jeunesse, on se montre, depuis cinq ou six ans, généralement bien disposé en sa faveur, et prêt à lui reconnaître de sérieux avantages sur les méthodes antérieures. Il n'y a pas longtemps, les partisans de l'électricité dans les mines passaient pour des révolutionnaires dangereux ; aujourd'hui qu'ils ont gagné la bataille, on les salue comme les sauveurs de l'industrie minière. Le phénomène n'est d'ailleurs pas nouveau et, quand on voit avec quelle hostilité ont été accueillies à leur apparition les grandes inventions industrielles dont nous faisons le plus de cas aujourd'hui, on est tenté de répéter de l'industrie, ce qu'un auteur espagnol a dit de la politique : « En politique, on appelle *ordre* l'état de choses existant et *désordre* ce même ordre lorsqu'il est suivi d'un ordre différent ; par conséquent, le fauteur de désordres est celui qui s'insurge contre l'ordre existant, avec des forces inférieures ; s'il dispose de forces supérieures, il *restaure* et on l'honore du titre pompeux de *libérateur* ». Quoiqu'on puisse penser de cette conception plutôt sceptique de la politique, il est de fait que l'industrie minière n'a guère fait de progrès jusqu'à l'introduction de la force motrice mécanique et en particulier de la vapeur. C'est à dater de l'invention de la machine à vapeur que cette industrie, comme toutes les autres d'ailleurs, a pris une réelle extension, au point que la substitution de la force motrice à la force animale peut passer pour l'une des caractéristiques les plus nettes de notre époque. Elle est vraie de l'Europe comme de l'Amérique et il n'est personne qui n'en ait entendu des merveilles. L'industrie minière est peut-être de toutes les industries, celle où ce progrès s'est introduit le plus tardivement. Dans beaucoup de mines le travail manuel joue encore un rôle considérable, quoi qu'il soit très réduit en comparaison de ce qu'il fut jadis. Il n'existe probablement plus une seule mine où l'épuisement des eaux se fasse à bras d'hommes, où le halage et l'extraction se fassent



uniquement par l'effort manuel, où le forage et l'abattage ne disposent d'autre source d'énergie que les bras du mineur. Ce serait un conservatisme exagéré et une telle mine ne ferait pas ses frais. La supériorité de la force motrice pour les mines a fait imaginer toute une série de moyens pour transmettre cette force jusqu'au point d'utilisation et pour mettre à profit les forces motrices les plus diverses : force hydraulique, vapeur, air comprimé. Mais aucun de ces moyens n'est réellement adéquat aux besoins ; les désavantages sont parfois si grands que ce n'est que faute de mieux qu'on y a recours. Le moyen de transmission le plus ancien est probablement celui constitué par des tiges rigides. Ces tiges avec leurs dimensions énormes et leur lenteur désespérante pour les nerfs surexcités des modernes, exigent une dépense d'énergie considérable pour la mise en mouvement de leur lourde masse et donnent lieu à des pertes de force énormes. Si l'on joint à ces pertes, les frais très élevés de la première installation, on concevra sans peine que leur usage ne se soit guère étendu et qu'on y ait renoncé à la première occasion. Cette occasion s'est présentée lors de l'invention des transmissions de vapeur, d'eau sous pression, d'air comprimé qui sont incontestablement plus économiques, mais ont le grand défaut d'exiger l'emploi de conduites pour la transmission. Les conduites sont coûteuses, difficiles à placer, à entretenir, à maintenir étanches. Il s'y produit des pertes d'énergie assez grandes par suite de leur longueur, du frottement du fluide contre les parois et des fuites à peu près inévitables. La vapeur a, en outre, l'inconvénient d'envoyer dans la mine une grande quantité d'eau à l'état gazeux et d'entretenir ainsi dans les galeries une chaleur moite très peu favorable à la conservation des bois de soutènement et à la santé des travailleurs. Tous ces désavantages disparaissent, ou à peu près, lorsqu'on emploie l'électricité pour transmettre la force aux machines minières et expliquent l'empressement avec lequel on entreprit ce genre d'application dès qu'on en entrevit la possibilité. Compagnies électriques et constructeurs mécaniques rivalisèrent d'ingéniosité pour créer des machines minières mues à l'électricité. Leurs efforts n'ont pas été vains et l'on considère aujourd'hui le problème comme résolu sous tous les rapports. Il existe actuellement dans les cinq parties du monde des installations minières où l'emploi de l'électricité rend l'exploitation des dépôts minéraux plus certaine, plus économique et plus sûre.

### IX. — Transmission électrique de la force.

Le plus grand avantage de l'électricité, c'est incontestablement sa facilité de transmission. L'énergie électrique se transmet sans peine et presque sans pertes à des distances considérables. Elle se transmet avec la même facilité dans les endroits où il serait impossible, ou, du moins, très difficile et très coûteux d'amener du charbon pour alimenter des machines à vapeur. Grâce à elle, on peut exploiter des gisements qu'on abandonnerait autrement faute de force motrice. Le cas se présente fréquemment, lorsque le gisement se trouve à une grande hauteur et ne peut être approché que par des pentes raides. Il suffit de placer un câble électrique et le fluide électrique, indépendant des lois de la gravité, gravira la montagne avec la vitesse de la lumière ou peu s'en faut. Il suffit donc d'amener du charbon ou de capter une force hydraulique au pied de la montagne pour disposer là-haut, fut-ce à 2000 ou 3000 mètres, d'une énergie aussi grande qu'on le voudra. Un fil de quelques millimètres carrés suffit à transporter la force nécessaire à toutes les machines d'une usine et ce fil ou câble se place où on veut et comme on veut. D'autre part, toutes les machines minières peuvent se mettre en mouvement au moyen de moteurs électriques, aussi bien, et parfois mieux, que par tout autre moteur. L'électromoteur semble créé spécialement pour ce genre de travail. Il se met en mouvement instantanément, marche

avec une grande régularité et sans beaucoup de surveillance. La force motrice qu'il développe correspond, à peu de chose près, à l'énergie électrique qui lui est nécessaire pour fonctionner : cette particularité s'exprime en langage technique en disant que le « rendement de l'électromoteur est très élevé ». Un autre avantage de l'électricité et, dans certains cas, cet avantage est énorme, c'est que la « station génératrice ou centrale », c'est à dire l'usine où l'on produit le courant électrique peut s'établir loin de la mine. On peut donc choisir un endroit où le terrain n'est pas cher, où l'on peut facilement faire un raccordement à une ligne de chemin de fer pour amener le charbon directement à l'usine ; en un mot, on peut choisir la position la plus avantageuse aux points de vue économique, pratique, technique etc, chose impossible avec les autres sources d'énergie parce que les pertes de force sont d'autant plus grandes que les conduites sont plus longues. Dans la transmission électrique, les pertes augmentent aussi avec la distance, mais comme les pertes dans les conducteurs sont très faibles, le fait ne tire pas à conséquence. Il existe des installations où le courant électrique se transmet à cinquante et même cent kilomètres et qui sont encore très économiques. Il ne faut pas être grand clerc pour comprendre que, si l'on voulait envoyer de la vapeur à de pareilles distances, cette vapeur fût-elle fortement surchauffée et à une pression énorme, on ne recueillerait au point d'utilisation que quelques gouttes d'eau. Au point de vue économique, on peut encore citer en faveur de l'électricité, la facilité avec laquelle les moteurs se nettoient, la faible quantité d'huile, d'ailleurs partiellement récupérable, qu'ils consomment pour le graissage, enfin, le fait qu'ils ne consomment pas d'énergie lorsque les machines qu'ils actionnent sont au repos. On objectera, sans doute, que ce dernier avantage se rencontre à peu près dans tous les autres moteurs. L'objection n'est que partiellement exacte. Une machine à vapeur, par exemple, ne consomme pas de vapeur, lorsqu'elle est arrêtée, mais il n'en est pas moins nécessaire d'entretenir les feux sous les chaudières et de produire nuit et jour de la vapeur qui s'échappe alors en pure perte dans l'atmosphère. Ici encore, on m'objectera qu'il est non moins nécessaire d'entretenir les chaudières dans une centrale. D'accord, mais dans une usine génératrice d'électricité, il n'est pas besoin de laisser s'échapper la vapeur. On l'utilise à faire fonctionner les dynamos et l'on met le courant produit en réserve dans les accumulateurs. Il n'y a donc pas de perte. D'ailleurs, comme nous le verrons plus loin, il n'est pas indispensable qu'une centrale électrique emploie des chaudières et des machines à vapeur. On peut même considérer cet emploi comme un pis-aller.

## X. — Production de l'électricité.

Ceci étonnera, peut-être, légèrement le lecteur des grandes villes habitué à n'entendre parler que d'usines électriques actionnées à la vapeur. Il n'en est pas moins vrai que l'on possède jusqu'à présent beaucoup d'autres moyens de se procurer ce fluide précieux. L'on sait généralement que la terre possède une électricité naturelle et que les hommes sont parvenus à produire une électricité que nous appellerons, par opposition, artificielle. L'électricité naturelle, quoiqu'en quantité énorme dans le globe, n'a pas encore reçu d'applications industrielles faute de moyens pour la capter. Quelques esprits peu conscients des réalités ont bien inventé des systèmes pour capter cette électricité et la faire servir à des usages industriels, mais ces systèmes reposent sur des bases aujourd'hui chimériques. Peut-être, la chimère d'aujourd'hui, sera-t-elle la réalité de demain, mais en attendant elle est encore la chimère ! Une revue d'électricité importante a annoncé, il y a quelques années, qu'un ingénieur des Iles Canaries, si je me souviens bien, avait trouvé le moyen de construire un moteur

de plusieurs chevaux actionné par l'électricité naturelle. La nouvelle n'a pas été confirmée. Jusqu'à présent, l'industrie en est donc réduite à faire usage d'électricité artificielle. Les moyens de produire cette électricité sont nombreux : piles, machines statiques, dynamos. Les dernières sont seules pratiques et seules employées. Comme on le sait sans doute, les dynamos se composent toujours de deux parties : une partie fixe et une partie tournante. Cette partie tournante doit être mise en mouvement par une autre machine, que l'on appelle le « moteur primaire » et qui, à son tour, doit transformer en force tournante l'énergie d'une source quelconque. La question de la source d'énergie primaire est l'une des plus importantes qui se posent dans une transmission électrique minière, comme dans toute autre transmission électrique d'ailleurs, parce que la solution qu'on lui donne dépend, en grande partie du prix de revient du courant électrique et, par conséquent, du caractère plus ou moins économique de toute l'installation. Les principales sources de force dont on dispose jusqu'à présent sont : le vent, l'eau, les gaz, la vapeur. Les deux premières sont évidemment les plus économiques, puisqu'elles ne coûtent rien à produire, la troisième participe, dans certains cas, de cette qualité. La vapeur est la plus coûteuse des quatre. Nous n'avons pas compris dans ces sources le travail humain et animal parce que ce travail est si coûteux qu'on ne l'emploie jamais.

#### XI. — Utilisation des forces naturelles.

La force motrice fournie par le vent agissant sur les ailes d'un moulin ou d'un aéro-moteur perfectionné a le défaut d'être très inconstante et de ne permettre jusqu'à présent que l'emploi d'appareils développant une force de 25 chevaux au maximum. Il en résulte que pour faire servir cette force à la production de l'électricité nécessaire à une installation tant soit peu considérable, il faudrait : 1° établir un nombre suffisant de moulins de façon à multiplier la quantité de force disponible ; 2° employer des réservoirs d'énergie restituant, pendant les périodes de calme, la force accumulée pendant celle où le vent souffle avec une force suffisante. Ces réservoirs d'énergie pourraient être constitués soit par des accumulateurs électriques, soit par des réservoirs où l'on comprime de l'air au moyen de compresseurs, soit par des châteaux d'eau. La première de ces solutions est la seule employée jusqu'à présent ; c'est d'ailleurs la plus simple. Les deux autres ont le défaut d'augmenter la complication et, par conséquent, le coût de l'installation. Pour l'air comprimé, l'usine doit être pourvue de compresseurs actionnés par le moulin à vent et de moteurs à air comprimé pour l'utilisation de cet air et l'actionnement des dynamos. Pour l'eau sous pression, la complication est la même ; il faut des pompes pour l'élever dans le réservoir et des moteurs hydrauliques pour l'utiliser et actionner les générateurs électriques. On pourrait d'ailleurs imaginer d'autres moyens d'accumuler l'énergie captée, mais tous ces moyens ont deux défauts communs : la complication de la machinerie et les multiples transformations de l'énergie. Comme chaque transformation s'accompagne toujours d'une perte, le rendement d'un pareil système ne peut jamais être que très faible. Aussi, dans les rares installations, d'ailleurs de faible puissance, où l'on utilise actuellement le vent comme source primaire d'énergie, n'emploie-t-on que des accumulateurs électriques pour mettre l'énergie en réserve. Ces batteries jouent le rôle de régulateur ; elles absorbent l'énergie produite en excès et fournissent du courant concurremment avec la dynamo, lorsque la production de cette dernière est insuffisante. Ces batteries portent la dénomination de « batteries-tampons » et s'emploient dans toutes les usines électriques quel que puisse être le moteur primaire. Nous ne connaissons aucune installation minière où la force du vent est employée à la production du courant



électrique. Par contre, les installations où la force hydraulique est employée dans le même but sont innombrables tant pour les usages miniers que pour tous les autres emplois de l'électricité. Cette méthode est surtout employée dans les pays accidentés bien arrosés. Là, les dénivellations sont nombreuses et les chutes d'eau offrent gratuitement leur force énorme à qui veut l'employer. Souvent, il suffit de creuser un canal et d'établir un barrage pour disposer d'une force de plusieurs milliers de chevaux. L'habitant des plaines habitué à ces rivières paisibles qui, parfois, actionnent paresseusement et avec plus de bruit que de force quelques roues de bois vermoulues, familiarisé dès l'enfance avec ces ruisseaux qui semblent n'avoir d'autre mission que déborder à la moindre averse et de s'environner d'une zone marécageuse, l'homme des plaines, dis-je, ne se fait que difficilement à l'idée qu'une telle rivière, qu'un pareil ruisseau puisse, si on crée dans son cours une différence de niveau suffisante, fournir une force capable, après sa transformation en électricité, de donner l'éclairage, le chauffage et la force motrice à tout un village. Il existe pourtant des milliers de centrales électriques, tant en Amérique qu'en Europe, qui n'ont d'autre source primaire d'énergie.

Une installation hydro-électrique n'a d'ailleurs rien de mystérieux. Elle comporte un barrage établi en amont de la chute d'eau, un canal plus ou moins long partant de la rivière un peu en amont du barrage et aboutissant, au point où la déclivité devient très forte, à une conduite généralement en métal. Cette conduite, qu'on appelle en langage technique la « conduite forcée », aboutit aux turbines placées dans la salle des machines de la centrale. Ces turbines tournent avec une vitesse énorme et mettent les dynamos en mouvement. Si les turbines sont verticales, il y a généralement des organes intermédiaires, tels que des engrenages, interposés entre l'axe tournant de la turbine et celui de la dynamo ; si les turbines sont horizontales, les axes ou « arbres » sont généralement disposés bout à bout et réunis entre eux de manière à ne former qu'une pièce. Les deux machines sont, comme on dit, « couplées directement. » Il est évident que dans ce cas, la dynamo et la turbine tournent toutes deux à la même vitesse. Le couplage direct des dynamos avec leurs moteurs primaires, et même des moteurs électriques avec leurs machines-outils, est l'un des plus grands progrès que l'on ait faits ces dernières années dans la machinerie électrique. Le couplage direct, on le comprend sans peine, supprime les pertes inévitables et relativement considérables qui se produisent dans les engrenages, les courroies et autres genres de transmissions par suite du frottement, du glissement, etc.

La forme d'installation hydro-électrique que nous venons de décrire est de beaucoup la plus fréquente. Il faut toutefois remarquer qu'une chute d'eau n'est pas indispensable, il suffit d'avoir de l'eau sous pression, cette pression s'exercât-elle même de bas en haut. Le cas se présente pour les puits artésiens jaillissant et l'on n'a pas manqué de le mettre à profit, comme nous le verrons dans un instant.

Les installations hydro-électriques minières sont assez nombreuses, mais pas autant qu'on pourrait s'y attendre. Toute mine ayant des puits très profonds, comme les ont généralement les mines de houille, pourrait avoir sa centrale hydro-électrique au fond de la mine. Il suffirait d'utiliser à cet effet les eaux qui tombent sans cesse en pluie diluvienne dans le puits. On objecte, et avec une apparence de raison, que le travail pour épuiser l'eau sera supérieur à celui produit par sa chute. L'objection serait irréfutable s'il s'agissait de déverser dans le puits ; mais elle porte complètement à faux s'il s'agit d'utiliser simplement la chute de celle que l'on ne peut empêcher d'y tomber. Puisqu'il faut la remonter malgré tout, autant vaut utiliser sa chute ; ce sera autant de pris sur l'ennemi. Quoi qu'il en soit, aux Salines de Dürnberg, il existe une centrale électrique à 2600 mètres du jour, au fond de la galerie

Wolfdietrich. Cette centrale comporte une turbine couplée directement avec une dynamo et mue par l'eau de la mine. La conduite qui lui amène l'eau a 361 mètres de longueur et la « hauteur de la chute utile », c'est à dire la différence de niveau entre le point de départ de la conduite et la turbine, est de 175 mètres. Ce système me paraît pouvoir rendre surtout de grands services dans les mines possédant des galeries d'écoulement débouchant au flanc d'une colline. Dans ce cas, la mine vide ses eaux d'elle-même par l'effet de la gravité. Si la quantité d'eau et le dénivèlement sont suffisants, il serait évidemment économique de capter cette énergie et de la renvoyer dans la mine sous forme de courant électrique. Il existe en Espagne, dans les Asturies, des houillères s'exploitant à flanc de coteau, mais je ne sais si une seule tire profit des eaux de la mine. Je ne sais davantage si l'on y utilise l'eau sous pression que l'on rencontre dans le percement des galeries. C'est pourtant là aussi une source d'énergie qui n'est pas à dédaigner et que l'on ne dédaigne d'ailleurs pas toujours. Les charbonnages des Bouches du Rhône, notamment, ont mis à profit les sources d'eau sous pression rencontrées sur le passage de la « Galerie de la Mer » dont le percement fut commencé à la main et se continue, au moins en partie, à l'aide de l'énergie fournie par ces sources. Cette énergie atteint 50 chevaux effectifs. L'installation comprend une turbine marchant à 600 tours par minute directement couplée avec une dynamo. L'énergie électrique ainsi produite est employée pour alimenter un ventilateur et une pompe. Cette dernière fournit de l'eau sous pression aux machines de percement.

La force hydraulique est jusqu'à présent un des moyens les plus économiques connus pour la production du courant électrique. Cette économie est telle que dans certains pays, on a trouvé profit à installer dans la même centrale une double série de moteurs primaires, les uns à vapeur, les autres hydrauliques ; les premiers servent pendant la saison sèche, les autres pendant la saison des pluies. L'économie réalisée compense largement l'énorme accroissement des frais d'installation qui résultent d'un tel arrangement. La Frongoch Mine a adopté ce système. De septembre à mai, elle utilise des turbines ; pendant les autres mois, elle se sert de machine à vapeur. L'eau est fournie par la pluie tombant sur les collines environnantes ; elle est recueillie dans un réservoir où la main de l'homme a perfectionné l'œuvre de la nature. Ce réservoir est situé à 141 m. au dessus de l'usine. La force ainsi obtenue s'élève à 400 chevaux.

## XII. — Moteurs à gaz et à vapeur.

Le gaz, sous ses différentes formes, peut, dans certains cas, rivaliser avec la force hydraulique au point de vue de l'économie. Jusqu'à présent, ce cas ne se présente guère que lorsqu'on peut utiliser des gaz perdus ou naturels. Lorsqu'on doit fabriquer expressément le gaz, qu'il soit pauvre ou riche, le système, quoique encore très avantageux, est évidemment plus dispendieux que lorsqu'on peut tirer profit de gaz qui, sans cette utilisation, se perdraient dans l'atmosphère. Parmi les gaz perdus, il importe de distinguer les gaz naturels et les gaz artificiels ou résultant de certaines opérations industrielles. Il existe dans certaines régions du globe, principalement dans celles où l'on trouve des sources de pétrole, de l'asphalte, du bitume et autres hydrocarbures du même genre, des sources de gaz naturel. Ces gaz sont utilisés depuis l'antiquité. Les Guébres ou adorateurs du feu s'en servirent notamment pour entretenir le feu éternel. Aujourd'hui, on s'en sert pour des besoins industriels. Mais, à notre connaissance, aucune mine n'utilise ces gaz en vue de la production de l'électricité. Les gaz perdus industriels peuvent résulter de différentes opérations. Les plus importants et les plus utilisés jusqu'à présent sont les gaz de hauts fourneaux. Nombreuses sont actuellement les centrales annexées à de grands établissements métallurgiques qui

n'emploient pas d'autre source de force que des moteurs à gaz alimentés par les gaz perdus des hauts fourneaux. Nous nous bornerons à citer les Usines de Cockerill et les Fonderies d'Ilseher. Nous ne connaissons jusqu'à présent aucune mine possédant une centrale de ce genre. Par contre, il y en a plusieurs utilisant d'autres gaz perdus. L'une des plus intéressantes est celle du puits Otilie Kupferhammer près de Oberröblingen. Cette installation utilise les gaz perdus d'une fabrique de paraffine annexée à la mine. Le pouvoir calorifique de ces gaz vaut à peu près le tiers de celui du gaz de houille, mais le mètre cube ne coûte que 4 à 6 dixièmes de centime, ce qui compense largement la moindre valeur calorifique. Il arrive assez fréquemment que des fours à coke soient annexés à des mines soit pour utiliser le coke à des besoins métallurgiques, soit pour exploiter le gaz produit. Dans le premier cas, les gaz produits peuvent être considérés comme gaz perdus, et s'utiliser avantageusement dans des moteurs pour la production de l'électricité. On les fait parfois servir aussi à chauffer des chaudières ; c'est le cas notamment aux charbonnages de South Durham où l'on alimente ainsi une machine à vapeur de 440 chevaux, laquelle actionne à son tour une dynamo. Aux mines de Vicoigne et de Nœux on utilise de même la chaleur perdue de 60 fours à coke pour chauffer huit chaudières qui alimentent une machine à vapeur de 250 chevaux et une autre de 500 chevaux. Ces machines à leur tour actionnent des dynamos. Ce sont là des procédés encore très économiques. On peut en dire autant de celui dans lequel on utilise du coke, dont on ne sait pas se débarrasser avantageusement, en vue de la production de gaz pauvre. Ce genre de gaz se produit dans un appareil spécial, appelé « gazogène », au moyen d'anhracite ou de coke. L'économie est évidemment moindre si l'on doit acheter le coke. Une installation de ce genre existe aux environs d'Aix-la-Chapelle, dans l'exploitation Ch. et J. Collart. Les gazogènes fournissent le gaz suffisant à la production d'une force de 200 chevaux chacun. Le gaz est utilisé dans des moteurs à gaz pauvre Otto dont deux développent chacun une force de 125 chevaux. Le gaz riche ou gaz de ville est évidemment supérieur au gaz pauvre, mais, à moins qu'il ne forme un produit accessible comme nous l'avons vu plus haut, son prix est assez élevé. Aussi ne connaissons-nous aucune mine qui fasse usage de moteurs à gaz de ville pour la production de l'électricité en grand. Nous ne connaissons pas davantage d'installation minière qui ait recours à des moteurs à pétrole, benzine, essence, alcool ou autres hydrocarbures liquides dont l'automobilisme fait une si grande consommation. Le coût de ceux-ci semble être trop élevé pour qu'on puisse y recourir dans les grandes exploitations.

Lorsqu'on ne dispose d'aucun de ces moyens économiques de produire le courant, force est de recourir aux machines à vapeur pour actionner les générateurs électriques. Il y a des cas où on peut le faire encore très avantageusement. Nous avons cité celui où l'on utilise des produits secondaires de fours à coke ou autres appareils industriels. Nous citerons encore celui où l'on brûle sous les chaudières des détritits combustibles d'une usine voisine ou annexée à la mine, une charpenterie, par exemple ; enfin, celui où la centrale appartient à une mine de charbon. Dans ce dernier cas, le prix de revient du combustible est très réduit, sans compter qu'il est loisible d'utiliser des charbons de qualité inférieure peu demandés dans le commerce. Les centrales minières à vapeur sont d'ailleurs, avec les centrales hydro-électriques, les plus nombreuses. Il en existe dans tous les pays et ce serait folie que de vouloir les énumérer toutes. Dans ces usines, il est fait usage soit de machines à pistons — telles que celles que tout le monde connaît — soit de turbines à vapeur. Ces dernières, qui ne sont en somme qu'une longue hélice tournant sous la poussée de la vapeur, comme les ailes d'un moulin tournent sous la poussée du vent, sont aujourd'hui d'un grand emploi dans les usines électriques parce que leur vitesse et leur régularité de marche sont très favorables au



couplage direct — nous avons expliqué cette expression plus haut — avec le dynamo. Parmi les centrales minières, celle de Hampton, qui alimente huit charbonnages, possède quatre turbines à vapeur Curtis verticales de 500 chevaux, celle de Newhouse Mines, dans l'Utah, possède deux turbines Westinghouse horizontales; celle de la De Beers Mining Co, dans l'Afrique Méridionale, trois turbines de très grande puissance, celle des charbonnages de Houldworth, en Ecosse, une turbine marchant à 3,500 tours par minute. L'on a essayé récemment de construire, sur le même principe, des turbines à gaz, mais comme cette machine est encore dans l'enfance et qu'au surplus il n'en est encore fait aucun usage dans les mines, nous ne nous y attarderons pas. Le petit exposé qui précède montre clairement que les moyens ne manquent pas pour une mine quelconque de se procurer la force motrice et l'éclairage électrique. Mais a-t-elle vraiment intérêt à se procurer le courant électrique? A cette question, nous ne répondrons que par un argument d'autorité: le nombre sans cesse croissant de mines qui, dans tous les pays du monde s'imposent de lourds sacrifices pour se procurer le courant, soit qu'elles le produisent elles-mêmes, soit qu'elles l'achètent à une centrale d'une autre compagnie. Le grand nombre de centrales minières utilisant le moyen de production le moins économique, la vapeur, et le grand nombre de mines achetant du courant à des conditions plus ou moins avantageuses, suffisent, nous semble-t-il, à prouver la grande supériorité économique de l'électricité sur toutes les autres formes de l'énergie motrice. S'il n'en était pas ainsi, pensez-vous que les hommes du métier et les actionnaires sacrifieraient la grosse somme pour modifier leurs installations? L'électricité est, d'ailleurs, la seule force que l'on puisse employer à toutes les applications minières: éclairage, signaux, extraction, forage, abattage, ventilation, traction, allumage des mines, etc., etc.; c'est aussi la seule qui satisfasse à tant de desiderata importants. Parmi ces derniers, le principal est, assurément, la sûreté de marche. L'arrêt accidentel de certaines machines, des pompes d'épuisement, par exemple, peut compromettre la vie des mineurs et l'exploitation tout entière. Une autre condition importante, c'est la robustesse et la simplicité de construction des machines, la facilité de leur contrôle et de leur entretien. Les machines à commande électrique excellent sous tous ces rapports.

### XIII. — Prétendus dangers de l'électricité.

Malgré ses avantages incontestables, l'électricité n'a pas d'emblée conquis le domaine minier, il y a même encore maintenant des ingénieurs de mines qui lui sont hostiles. Ils lui reprochent d'être très dangereuse pour le personnel et d'être de nature à provoquer dans les charbonnages grisouteux de terribles explosions.

Ces deux reproches ont pu être justifiés, il y a un quart de siècle, lors des premiers essais; ils ne le sont plus aujourd'hui. On sait maintenant construire des câbles et des machines électriques que l'on peut impunément toucher et qui ne produisent pas d'étincelles capables d'enflammer les gaz ou la poussière de charbon qui peuvent se trouver en suspension dans l'air des galeries de charbonnages. Ce résultat s'obtient, pour les câbles, au moyen d'un bon isolement, c'est à dire en entourant le fil de cuivre d'une gaine qui ne laisse pas passer l'électricité, et d'un dispositif spécial grâce auquel le câble perd son courant quelques instants avant de se rompre. Ce dispositif a pour effet d'empêcher la production d'étincelles dans le cas où le câble viendrait à casser pour une cause quelconque. Pour les moteurs et leurs organes accessoires, on supprime le danger des étincelles en renfermant toutes les parties susceptibles d'en produire dans une caisse hermétique où l'air extérieur n'a pas accès. Cette caisse ou « blindage » met en outre le moteur à l'abri de la poussière, de l'humidité, etc. Pour rendre le

contact du corps humain avec le moteur inoffensif, on relie les parties où le contact pourrait se produire et qui pourraient être accidentellement chargées d'électricité, à la terre au moyen de pièce de métal. L'électricité s'écoule dans le sol.

D'ailleurs, l'importance du danger des personnes dépend de la pression ou « tension » du courant et du genre de ce dernier. La pression se mesure en « volts ». Pour l'éclairage, on emploie généralement du courant à 110 volts, pour les moteurs, du courant à 550 volts. Au point de vue du genre, on divise les courants électriques industriels en deux groupes principaux : courant continu et courants alternatifs. Ces deux groupes sont inégalement dangereux. Lorsqu'on touche un conducteur chargé de courant continu, on éprouve une secousse d'autant plus forte que la pression est plus élevée, l'on peut être renversé, frappé de syncope ou tué sur le coup. Les effets des courants alternatifs pour être différents n'en sont que plus dangereux, parce que la victime ne peut lâcher le conducteur électrisé avant que l'on ait interrompu le courant. Pour peu que la tension soit forte, la mort est presque certaine. La victime se trouve à peu près dans la situation de ce prêtre téméraire qui, d'après un livre apocryphe attribué à Saint Jean l'Évangéliste, osa porter la main sur le cercueil de la Vierge. On procédait aux funérailles de Marie. Pierre et Paul portaient le cercueil sur leurs épaules. Le Seigneur couvrit tout le convoi d'une nuée épaisse de telle sorte qu'on ne voyait pas le cortège, et les anges suivirent les apôtres en chantant, et ils remplirent la terre entière de la douceur de leur harmonie. Tout le peuple au son de ces accords mélodieux sortit de la ville pour en savoir la cause. Quelqu'un dit : « Ces chants ont lieu autour du cercueil de Marie qui vient de mourir, et que les disciples de Jésus emportent ». Alors tous de courir aux armes en disant pour s'encourager : « Allons tuer tous les disciples de Jésus, et livrons aux flammes le corps que ces imposteurs emportent ». Le prince des prêtres, à la vue de cette cérémonie, entra dans une violente colère et il s'écria : « Voyez quels honneurs on rend à la Mère de Celui qui a jeté le trouble parmi nous et notre nation ». Et en disant cela, il porta les mains sur le cercueil comme pour le saisir et le renverser. Mais, ô prodige, ses deux mains restèrent attachées au cercueil et elles furent comme embrasées d'un feu ardent, de sorte qu'il se mit à pousser d'affreux hurlements, car la douleur qu'il ressentait était grande... Si Voragine, auquel nous empruntons cet épisode, avait vu, vers le milieu du XIII<sup>e</sup> siècle, les effets des courants alternatifs, il n'aurait pu mieux décrire l'affreuse torture à laquelle est soumis le malheureux qui touche un conducteur chargé de ce genre de courant.

En présence de ce tableau peu flatteur, le lecteur aura sans doute fait son choix entre les deux genres de courant. Les ingénieurs électriciens ne sont pas si prompts. Ils se chamaillent depuis des années pour savoir quel est le genre qui l'emporte au point de vue économique *Ad huc sub judice lis est*. Le différent n'est pas tranché. L'opinion générale, c'est que les courants alternatifs se transportent à très haute tension avec moins de pertes. Cette opinion est d'ailleurs contestée par Thury, qui a montré expérimentalement que le courant continu à très haute tension (21.000 volts) se transmet très bien à de grandes distances (50 km. et plus) et qu'à 70.000 volts, il est moins difficile de l'isoler que les courants alternatifs. Nous n'exposerons pas ici notre opinion, qu'il nous faudrait justifier par des arguments sortant du cadre de cet article. Il nous suffira de dire que les courants alternatifs sont très employés dans les mines, mais que le courant continu n'en est pas exclu. Parfois, on emploie dans la même mine le courant continu pour certaines applications et les courants alternatifs pour d'autres. Parfois aussi, lorsque la distance de transmission est très grande, on transmet l'énergie sous forme de courants alternatifs à haute tension et on la transforme au voisinage du lieu d'utilisation en courant continu à 110 ou 550 volts. On

emploie fréquemment les courants continus aux mêmes tensions de 110, 220 ou 550 volts dans les mines de houille parce qu'on prétend qu'ils sont moins sujets à donner des étincelles capables d'enflammer le grisou.

#### XIV. — Le Grisou.

Le danger du grisou, du « génie aux flammes bleuâtres » comme l'appelle Werner, est l'un des plus formidables qui guette le travailleur dans les mines de charbon. Chaque année, des catastrophes plus ou moins graves se produisent, des explosions plus ou moins meurtrières ébranlent les villes souterraines. Chaque fois, les tribuns populaires fulminent contre les capitalistes et montent la tête aux ouvriers, et chaque fois il se vérifie que même des millions n'auraient pu prévenir l'accident. Ce qui fait le plus de victimes dans ces dégagements de grisou, ce n'est pas l'explosion, c'est l'asphyxie. Quelques-uns des échappés de l'affreuse et inoubliable catastrophe de Courrières n'ont-ils pas dû la vie à la présence d'esprit d'un jeune homme qui fit courir ses compagnons à quatre pattes dans les galeries, les forçant par moment à se traîner sur le ventre et à tenir la bouche et le nez aussi près que possible du sol dans le but d'éviter l'aspiration des gaz moins denses qui occupaient le haut des galeries ? Il existe de nombreux indicateurs de grisou qui permettent d'éviter l'accumulation lente des gaz et les catastrophes qui en résultent. La lampe de mineur ordinaire est elle-même un indicateur par l'allongement et la couleur bleuâtre que prend la flamme en présence du gaz. Certains inventeurs ont combiné cette propriété avec des appareils électriques qui avertissent par une sonnerie de la présence de gaz dangereux. Tel est l'appareil Somzée et l'indicateur James A. Lyon. La flamme de la lampe de sûreté devient plus chaude en présence du grisou. Dans l'appareil Somzée, l'excès de chaleur est utilisé pour faire allonger une tige de métal qui vient fermer le circuit d'une sonnerie électrique. Dans l'indicateur Lyon, les contacts de la sonnerie sont séparés par un fil fusible qui, en fondant sous l'effet de l'accroissement de chaleur, permet aux contacts de se réunir et, par conséquent, à la sonnerie de se mettre en branle. Ces appareils sont incontestablement d'une grande utilité dans les circonstances ordinaires, mais que peuvent-ils contre des dégagements soudains de quantités énormes de gaz tels que ceux qui se sont produits dans la catastrophe de Courrières, présente à tous les souvenirs, et dans celle de l'Agrappe en 1879, qui offre avec celle de Courrières tant de ressemblance quoique le nombre de victimes y fut, heureusement, beaucoup moindre. L'accident se produisit vers sept heures et demie du matin au puits n° 2, situé près de la gare de Frameries, en Belgique. Ce puits, dit le rapport, exploitant des couches grisouteuses, toutes les précautions d'usage étaient observées minutieusement. Le matin, il était descendu plus de 200 ouvriers. Vers 7 h. 30, on remarqua que le puits d'extraction exhalait un courant d'air fétide, et l'on envoya un exprès à l'ingénieur du puits pour lui signaler ce fait anormal, le puits devant, au contraire, servir à l'entrée de l'air. On n'eut pas le temps d'éclaircir le fait, la salle du clichage et celle du machiniste s'étaient remplies de grisou ; le mélange d'air et de gaz était devenu explosible ; il s'alluma au poêle du machiniste et détermina une détonation violente. Le machiniste fut tué sur le coup ; les huit hommes de la recette furent plus ou moins brûlés, ainsi que les deux femmes occupées dans la lampisterie, dont la porte ouverte avait laissé entrer le gaz. En même temps, un violent jet de flamme s'éleva du puits jusqu'à la charpente, où le feu se mit aussitôt, et cet immense bec de gaz de 3<sup>m</sup>60 de diamètre continua à brûler pendant deux heures sans que le feu se soit propagé dans les travaux souterrains, où aucune explosion ne s'était encore produite. On voit que la pression des gaz devait être considérable. Vers neuf heures et demie,



cette pression diminua et le feu se propagea à l'intérieur. Une explosion souterraine se fit entendre, suivie de quart en quart d'heure par d'autres explosions. A 11 h. 30, une explosion plus violente que toutes les autres ; ce fut la dernière. A la surface, on assistait en imagination au drame épouvantable qui se passait dans les entrailles de la terre. Les travaux étaient malheureusement inaccessibles. Les charpentes embrasées tombaient sur le puits d'aérage, dont le ventilateur avait été immédiatement arrêté par ordre du directeur. Cette mesure sauva la vie à 87 ouvriers. Le puits pour l'épuisement de l'eau était également inaccessible. Tous les efforts des sauveteurs se portèrent vers le puits d'aérage qui était, en même temps, le puits aux échelles. On ne put l'aborder qu'à 3 h. 30. On y sauva 87 ouvriers. Les autres, croyant que le courant d'air était renversé et craignant que l'on ne remit le ventilateur en mouvement, ce qui eût ramené les gaz irrespirables en cet endroit, étaient redescendus aux galeries inférieures. Tous y périrent par le seul fait des explosions qui s'étaient succédé !

### XV. — Eclairage des Galeries

De telles calamités sont épouvantables, mais rien ne peut les faire prévoir, ni les prévenir. Tout au plus peut-on, par des précautions, en diminuer un peu la gravité. L'une des précautions les plus élémentaires serait l'éclairage des galeries et l'indication sur les parois des directions à prendre pour atteindre le puits de sauvetage. Les charbonnages voisins mettent fréquemment leurs puits respectifs en communication par des galeries, mais combien peu de mineurs connaissent le chemin. On prétend qu'à Courrières sur 1300 ou 1400 mineurs, il n'y en avait pas 20 dans chaque fosse qui connussent la route du salut ! Les mineurs ont chacun une lampe, mais ces lampes s'éteignent presque chaque fois sous le coup de vent qui suit une explosion de grisou, et il est impossible au travailleur de la rallumer. C'est donc dans l'obscurité la plus complète, par des voies inconnues, dans une atmosphère irrespirable qu'il doit sauver sa vie. Est-il étonnant qu'ils réussisse si rarement à résoudre ce poignant problème ? L'éclairage électrique des galeries, l'indication claire des voies à suivre, le remplacement des lampes portatives à huile ou pétrole par des lampes portatives électriques, voilà quelques mesures tout indiquées qui permettraient dans bien des cas à une notable partie des travailleurs de gagner les accrochages et les échelles avec assez de promptitude pour échapper à l'asphyxie. La lampe à incandescence n'ayant pas de flamme et étant renfermée dans une ampoule hermétiquement close ne peut s'éteindre sous l'effet du vent ou des gaz impropres à la combustion. On lui a reproché de ne pas indiquer la présence du grisou et de favoriser les explosions par la fragilité de son ampoule. Il est vrai qu'elle n'indique pas la présence du grisou, mais rien n'empêche d'emporter quelques lampes ordinaires ou quelques indicateurs de grisou à chaque chantier. L'ampoule est délicate ; c'est exact, mais on peut la renforcer et, pour éviter que sa rupture ne provoque des explosions, l'encapuchonner dans une toile métallique, comme on fait pour la lampe ordinaire des mineurs. Les avantages de la lampe électrique pour le mineur sont tels que dès avant l'époque où l'on connut la lampe à incandescence, on essaya de construire des lampes avec des tubes de Geissler pour l'éclairage des mines et des lieux souterrains en général. Ces tubes, on se le rappelle, consistent en une ampoule remplie de gaz raréfiés et garnie, à ses extrémités, de fils de platine, que l'on met en rapport avec une bobine de Ruhmkorff. Il se produit alors dans l'intérieur de ces tubes une lumière assez vive. Un constructeur parisien, M. Gaiffe, conçut même une disposition très pratique qui eut un certain succès. La lampe à incandescence a dirigé les efforts dans un autre sens et il existe actuellement un certain nombre de mines où les travailleurs sont pourvus de lampes portatives

électriques de différents types. Nous citerons le puits Lofthouse de la Low Moor Coal and Iron Company, et surtout les mines de Bruay, où 504 lampes portatives sont journellement employées. Il en existe aussi où le puits et les galeries, ou une partie d'entre elles au moins, sont éclairés par des lampes à incandescence ou même par des lampes à arc. Les galeries des mines de plomb de Mechernic sont éclairées par 10 arcs de 350 bougies chacun. Au charbonnage d'Earnock, près de Glasgow, il y a 60 lampes à incandescence dans les galeries, à celui de Harris Navigation, 40 lampes à incandescence, à celui de Ynishir, 65 lampes, toutes dans les galeries. Des essais ont été faits récemment sur l'inflammabilité du grisou par les lampes. Ces essais ont montré que le danger commence surtout avec les lampes de 16 bougies alimentées par du courant à 65 volts. Pour éviter le danger, il faudrait que le filament de la lampe se rompe en même temps que l'ampoule. Un inventeur a imaginé aussi de parer au danger en entourant l'ampoule d'une seconde et en protégeant le tout par une armature de fer. Les deux ampoules sont séparées par une couche d'eau. En général, pourtant, l'éclairage électrique n'est employé dans les mines que pour les bâtiments et chantiers de la surface. On y utilise des lampes à arc et à incandescence en grand nombre. Presque toutes les mines un peu importantes ont adopté cet éclairage économique.

#### XVI. — Nécessité absolue d'un bon éclairage.

En somme, l'éclairage électrique des galeries des travaux est encore très négligé, malgré son importance, et il serait à souhaiter que les compagnies de mines portent leurs regards de ce côté. Peut-être les hommes ne devraient-ils plus alors leur salut à un hasard miraculeux, comme le durent les quelques échappés de Courrières. Nous avons déjà dit que les premiers furent guidés et protégés par la présence d'esprit d'un élève de l'École des maîtres mineurs qui se décida, en présence de l'ignorance des mineurs sur la route à suivre, à prendre la tête du groupe et à les conduire, coûte que coûte, à la vie ou à la mort. Il avait parcouru une ou deux fois la route précédemment, mais guidé et éclairé; maintenant, il fallait refaire ce trajet à peine connu, sans guide, dans une obscurité dont celui seul qui a pénétré dans une mine peut se faire une idée. Lentement, avec d'infinies précautions, ils se mirent en route, sans jamais que le suivant perde le contact de celui qui le précède, car pas une lampe n'était restée allumée au moment de l'explosion. Ce que fut l'horreur de cette marche vers l'inconnu, dans l'obscurité et le silence de la mine bouleversée, ne peut se décrire. Le cortège avait à peine parcouru quelques mètres quand le guide sentit une forte odeur de gaz le saisir à la gorge. Immédiatement, il commanda à ses hommes de se mettre à quatre pattes. Mais la couche de gaz s'épaississait; elle descendait rapidement, et, tout à coup, comme si une soudaine ivresse les envahissait, sans douleur aucune, ils s'affaissaient, privés de connaissance, dans un sommeil de plomb, précurseur de la mort. Cependant, le torrent gazeux diminuant d'intensité, ils revinrent à la vie et se remirent en marche. Sur la route que le courant gazeux emplissait presque toute entière, les hommes se traînaient sur les mains et les genoux; parfois ils devaient s'arrêter et mettre le nez à terre où seule une couche d'air de quelques centimètres assurait la respiration; et toujours l'angoisse de savoir s'ils étaient dans la bonne route leur déchirait le cœur. Enfin, ils aperçurent des lampes; ils étaient à quelques mètres du puits de secours et des sauveteurs venaient au devant d'eux. Ils furent remontés à demi-morts d'épouvante et de fatigue. Plus affreuse fut l'odyssée des échappés qui ne revirent la lumière qu'après 24 ou 25 jours. Encore furent-ils des privilégiés du sort. Combien d'autres parmi les 1200 ou 1300 victimes se seraient sauvées de même si les galeries eussent été pourvues d'indicateurs et de lampes électriques. Les lampes se seraient brisées au

voisinage des lieux d'explosion ; c'est vrai, mais il est presque certain que là tous les hommes furent tués sur le coup. D'ailleurs, les mineurs connaissent généralement assez les abords de leurs chantiers pour faire quelques centaines de mètres dans l'obscurité pourvu qu'ils sachent vers où se diriger. En tous cas, les lampes électriques ne se seraient pas brisées ni éteintes dans les galeries éloignées où des centaines de travailleurs ont péri par asphyxie faute de pouvoir se diriger à temps vers les puits de secours.

### XVII. — Signalisation dans les mines.

Si l'éclairage électrique des galeries n'a pas reçu jusqu'à présent toute l'attention qu'il mérite, la télégraphie et la téléphonie minières ont été soigneusement étudiées. Dans les systèmes télégraphiques, chaque station ou poste est ordinairement pourvue d'un transmetteur et d'un récepteur. Le récepteur comporte d'ordinaire un cadran portant un certain nombre de signaux ou ordres. L'opérateur qui transmet un ordre tourne la manivelle de l'appareil jusqu'à ce que l'aiguille marque au cadran le signal voulu. Le même signal se répète sur le cadran du poste de réception et s'accompagne de sonneries d'appel et de contrôle. L'opérateur qui reçoit le signal le répète avec son appareil transmetteur de façon que le premier opérateur constate qu'il a été compris. Les appareils téléphoniques employés dans certaines mines sont du type du « haut parleur ». Lorsqu'ils sont situés dans des locaux bruyants, ils sont généralement pourvus de cornets mobiles, mais rigidelement fixés à l'appareil ; l'auditeur ramène ces cornets en avant et insère la tête entre les deux de manière à ce qu'ils restent bien appliqués contre les oreilles. Un grand nombre de signaux se font au moyen de sonneries électriques. Les fils de sonnerie sont parfois mus de façon qu'il suffit de les réunir par une pièce de métal quelconque en un point quelconque pour produire tel signal qu'on désire. Ce système rend d'excellents services quand il faut, par exemple, notifier au conducteur d'un treuil électrique destiné à traîner des wagonnets dans une galerie, qu'il doit mettre sa machine en marche ou l'arrêter. Si un wagonnet déraile, immédiatement l'ouvrier interpose son outil entre les deux fils, et le conducteur est averti qu'il doit arrêter. Rien de plus simple, de plus expéditif, de plus pratique. Des installations de ce genre fonctionnent dans de nombreuses exploitations, mais il n'en est aucune, je crois, qui ne se serve de l'électricité pour l'allumage des mines chargées de poudre, de dynamite ou autres explosifs. Et voyez l'inconséquence ! Les directeurs de charbonnages rejettent l'emploi de l'électricité comme de nature à provoquer accidentellement des explosions de grisou, et ces mêmes directeurs tolèrent qu'on se serve en grand d'explosifs dont la déflagration risque plusieurs fois chaque jour d'allumer le gaz dangereux ! Mais n'insistons pas, de peur de tirer des conclusions peu flatteuses pour l'humanité. Au surplus, le grisou nous a-t-il déjà assez occupé.

### XVIII. — Allumage des mines.

Depuis plus d'un demi-siècle, on se sert de l'étincelle électrique pour l'allumage des mines de tous genres, tant dans la guerre que dans l'industrie. L'électricité a le grand avantage de permettre de tirer un grand nombre de mines simultanément. On opère ainsi des travaux titanesques, tels que la destruction d'Hell Gate, ces récifs qui avant 1876 avaient la malencontreuse habitude d'entraver la navigation au voisinage de New-York. En gens expéditifs, les Américains n'y allèrent pas par quatre chemins. Le récif avait un hectare et demi de superficie, un atome dans l'Univers ! Ce n'était vraiment pas assez pour lui laisser continuer à jouer de mauvais tours aux navires. On décida de le supprimer à la dynamite. Après des travaux sous-marins



longs et difficiles, le jour de l'explosion fut fixé. Ce fut un jour de fête pour New-York. Plus de 200.000 spectateurs couvraient les rives de l'East River. A 2 h. 50, on entend un troisième et dernier coup de canon. Un charmant enfant de trois ans, la fille du général Newton, touche un bouton de métal placé sous sa main ; le courant électrique s'établit. Un grondement souterrain se fait entendre, un frémissement agite le sol, une immense gerbe d'eau jaillit en écume à plus de douze mètres de hauteur et retombe avec fracas. Le silence se rétablit. Le récif d'Hell Gate a disparu pour l'éternité ! Dans les mines, les explosions de dynamite n'ont évidemment pas de telles proportions. Néanmoins, le tirage électrique s'y est montré bien supérieur à l'allumage au moyen de mèches employé jadis. Le grand avantage, c'est la sûreté presque absolue du fonctionnement, la simultanéité absolue des diverses explosions partielles, et la possibilité pour le personnel de se tenir aussi loin qu'il le veut du lieu de la déflagration. Aussi l'allumage électrique des mines s'est-il rapidement généralisé et de nombreux types d'appareils pour effectuer cette opération ont-ils été créés par les constructeurs. Ces « explodeurs » provoquent le tirage de deux manières : les uns, par l'étincelle électrique, les autres par un fil de platine très mince, qui devient incandescent par le passage du courant électrique. L'étincelle ou l'incandescence du fil, allume le fulminate des cartouches. La méthode à fil de platine est, de nos jours, généralement préférée à cause de sa grande sûreté de fonctionnement. Les explodeurs sont ordinairement construits de manière à ce que le courant qu'ils produisent, ne passe dans les amorces qu'au moment où il est suffisamment fort pour faire sauter toutes les cartouches à la fois. Sans cette précaution, on risquerait que les amorces plus sensibles s'allument avant les autres, ce qui détruirait la simultanéité des explosions et diminuerait beaucoup l'effet utile de ces dernières. Jusqu'à présent, nous n'avons envisagé que les petites applications de l'électricité dans les mines, encore en avons-nous passé certaines telles que les indicateurs de marche des cages dans les puits, les compte-tours, les indicateurs du niveau d'eau dans le fond des puits, les compteurs automatiques de wagonnets, etc., etc., qui, dans leur forme électrique permettent au directeur de la mine de suivre dans son cabinet de travail et de surveiller à tout instant la marche de l'exploitation. Il est temps maintenant d'aborder les grandes applications et principalement celles où l'agent en question joue le rôle de force motrice : l'épuisement, la ventilation, le forage, le transport, l'extraction.

### XIX. — Exhaure et ventilation

De ces applications, les deux premières sont d'une importance capitale pour la sûreté du personnel et de l'exploitation. Il peut suffire de quelques heures d'arrêt dans le fonctionnement des pompes pour que la mine soit inondée, il peut suffire d'un arrêt de quelques minutes pour que le personnel soit asphyxié. Dans l'un et l'autre cas, la vie de centaines de personnes peut dépendre de la puissance de l'installation et de la sûreté de son fonctionnement. Pour l'électricité, ce problème fut assez difficile à résoudre, du moins pour la commande des pompes ou « machines d'exhaure ». Il est maintenant résolu de la façon la plus complète et nombreuses sont les mines qui possèdent des installations d'épuisement actionnées par l'électricité. Le succès semble en grande partie dû au fait que l'on est parvenu, ces dernières années, à construire des pompes de grande puissance susceptibles du couplage direct avec le moteur électrique. C'est ainsi qu'il existe au charbonnage de Marlesen, une pompe électrique élevant 4,500 à 4,600 litres d'eau par minute, à 268 mètres de hauteur ; au puits Germania I, à Gelsenkirchen, une pompe électrique élevant 3,000 litres par seconde à 160 mètres ; au puits Montserrat, à Firminy, une pompe débitant 2,700 litres par

minute à 285<sup>m</sup>50 ; au puits Kaiserstuhl, à Dortmund, une pompe débitant 5,000 litres à 400 mètres, sous l'impulsion d'un moteur à courant alternatif de 570 chevaux. Ce sont là quelques exemples pris au hasard, car chaque jour voit de nouvelles installations électriques d'exhaure entrer en fonctionnement, par suite de l'évidente supériorité que l'électricité présente comme force motrice pour ce genre de machines. Le coût de l'installation est, dit-on, un peu plus élevé que pour les pompes à vapeur, mais les frais d'entretien sont moindres, les pertes d'énergie moins considérables, l'usure très minime, enfin, les machines mues à l'électricité ne vicent pas, comme celles mues à la vapeur, l'atmosphère de la mine et n'exercent aucune influence délétère sur la santé des ouvriers. Pour éviter toute surprise et être à même de parer aux pires éventualités, les installations d'exhaure sont généralement d'une puissance très supérieure à celle qui est normalement nécessaire et pourvus d'une machine de réserve. La précaution est sage, car, de même qu'il se produit dans les charbonnages des dégagements soudains de grisou, en quantité parfois énorme, lorsqu'une « poche » où le gaz est comprimé à une très haute pression, vient à s'ouvrir pour une cause quelconque, de même, il peut se produire dans toutes espèces de mines des irrptions soudaines d'eau quand une nappe souterraine, parfois très étendue, vient à se frayer un passage dans les galeries. Des catastrophes de ce genre ne laissent pas que d'être d'une gravité extrême. Celle arrivée au puits Tynewidd, dans le comté de Glamorgan, un des districts les plus riches en fer et en houille du pays de Galles, en fournit un exemple mémorable dans les sinistres annales des catastrophes minières. Les travailleurs se disposaient à remonter au jour, quand un bruit épouvantable se fit entendre. Par suite d'infiltration, les eaux de la Ronde, rivière du voisinage, venaient de faire irruption dans les galeries et ces flots la remplissaient avec une rapidité terrifiante. Les mineurs avaient à la hâte gagné les cages, mais au sortir du puits, ils constatèrent que quatorze d'entre eux étaient encore au fond. Un vent furieux s'échappait de la mine et les souterrains retentissaient de bruits sinistres. Les quatorze manquants semblaient irrémédiablement perdus. Cependant quelques volontaires voulurent à tout prix tenter le sauvetage. Pendant qu'ils examinaient les moyens de pénétrer au fond, ils entendirent des coups redoublés sous le sol. On reconnut bientôt que plusieurs travailleurs se se trouvaient emprisonnés au dessous d'une couche de charbon d'une dizaine de mètres d'épaisseur. L'eau ne les avait pas atteints à cause de l'air emprisonné dans cette sorte de cloche à plongeur. Les sauveteurs répondirent d'abord à leur appel en frappant des coups violents sur le sol, puis ils se mettent à creuser une galerie inclinée pour délivrer les malheureux prisonniers. En vingt-quatre heures, le travail fut fini. Il coûta la vie à l'un des sauveteurs. Il n'y avait plus qu'une faible couche de houille à abattre. William Morgan, qui s'était fait remarquer par son ardeur à attaquer le terrain, frappe à coups de pioche avec d'autant plus d'énergie qu'il arrive plus près du but. Il abat, d'un coup formidable, la cloison qui le sépare de ses compagnon, mais l'air comprimé se détend brusquement et le sauveteur, rejeté par le choc, tombe mort au moment même où il sauve ses amis ! Mais d'autres coups se font entendre, d'autres mineurs sont emprisonnés dans des galeries plus reculées. On commence immédiatement une nouvelle galerie ; on travaille nuit et jour, après neuf jours, depuis la catastrophe, ceux que rien n'avait découragés ont l'immense joie de sauver par un trou dans la roche et au milieu d'une trombe d'eau épouvantable les cinq captifs qui vivaient encore. Ces cinq malheureux avaient vécu neuf jours à moitié plongés dans l'eau, sans nourriture, presque sans air, et durant ces neufs jours, malgré leur faiblesse extrême, malgré qu'ils ne se soutenaient eux-mêmes que par un prodige de leur volonté électrisée par l'espoir, pendant ces neufs jours épouvantables, ils n'avaient cessé de tenir un enfant dans leurs bras afin qu'il ne fût pas noyé par l'eau dont le niveau

montait sans cesse. Puisque nous en sommes à parler de l'invasion des mines par les eaux, il est bon de remarquer que les machines électriques présentent, sous ce rapport des avantages qu'aucun autre genre de machines ne possèdent. On est, en effet, parvenu à construire des moteurs électriques qui marchent avec sûreté, complètement submergés. Il y a plus : Avant la guerre du Transvaal, on avait installé à la Knight's Deep Mine, de Johannesburg, 12 moteurs de 50 chevaux et 30 « transformateurs » ou machines pour modifier la tension du courant. Pendant la guerre, l'exploitation fut suspendue et les eaux envahirent la mine. Les moteurs restèrent submergés pendant les trente mois que dura la guerre sous une couche d'eau variant de 152 à 304 mètres d'épaisseur, suivant le niveau auquel ils étaient établis. Après la guerre, on vida l'eau de la mine, on nettoya et sécha les machines. Celles-ci se remirent en marche comme si elles étaient arrêtées de la veille. Tout autre genre de machine eût été bon à envoyer à la fonderie et à vendre au kilo comme vieux fer. La ventilation est presque aussi importante pour la sécurité de la mine que l'exhaure, mais la commande électrique des ventilateurs ne présente pas les mêmes difficultés. Elle se fait aisément par couplage direct parce que le ventilateur doit marcher à une très grande vitesse ; cette vitesse est sensiblement égale à celle des moteurs électriques. Les ventilateurs électriques sont aujourd'hui d'un emploi très étendu dans l'industrie. Dans les mines on en installe de deux genres : d'abord ceux que l'on place dans les galeries et chantiers pour l'aération locale et notamment pour l'éloignement de la fumée provenant du tirage des cartouches d'explosifs ; ensuite les grands ventilateurs généraux placés au jour et qui règlent l'envoi de l'air pur dans la mine toute entière. Ces dernières sont souvent d'une puissance colossale et leur débit de plusieurs milliers de mètres cubes d'air par minute. Ce débit doit pouvoir se régler à volonté. A cet effet, on a imaginé diverses dispositions toutes plus ingénieuses les unes que les autres : en général, on modifie l'ouverture d'aspiration du ventilateur ou on change la vitesse du moteur. Ce dernier moyen est le plus employé. La commande électrique des ventilateurs est bien préférable à celle par les autres machines. Voici un exemple typique pour le prouver : Au puits Glückauf, à Sondershausen, on a établi un ventilateur général commandé par un moteur électrique de 100 chevaux. Bien que le ventilateur soit établi au voisinage immédiat de l'installation à vapeur, on a préféré l'actionner à l'électricité à cause de la facilité, de l'économie et du peu de surveillance qu'exige une telle installation.

## XX. — Commande électrique des perforatrices.

La commande électrique des perforatrices, c'est à dire des machines au moyen desquelles on fore les trous de mine, est l'une des applications les plus importantes de l'électricité dans les mines, mais elle a à lutter contre un adversaire puissant : l'air comprimé. L'air comprimé est actuellement le plus employé des agents mécaniques pour la commande des perforatrices. Les perforatrices à air comprimé ont pourtant d'assez graves défauts. Elles se couvrent rapidement d'une couche de glace provenant de la vapeur d'eau en suspension dans l'atmosphère de la mine. Cette vapeur se condense et se congèle sur la machine par suite du froid que produit l'air comprimé en se détendant. D'autre part, nous avons vu que les conduites d'air comprimé donnent lieu à de grandes pertes d'énergie. Les ouvriers se plaignent aussi des rhumatismes et autres infirmités que leur occasionne le courant d'air froid qui s'échappe de la machine. Malgré ces défauts, les perforatrices à air comprimé sont très employées parce que l'air qui s'en échappe contribue à la ventilation de la mine, et surtout parce qu'elles présentent de sérieux avantages au point de vue de la puissance. Ces avantages sont



même tels pour les perforatrices à percussion qu'une firme de Nuremberg, célèbre pour la construction des machines électriques, a conservé l'air comprimé comme force motrice, se contentant de supprimer les inconvénients inhérents aux conduites. Dans ce but, elle a inventé un dispositif consistant en un compresseur d'air actionné par un moteur électrique et pourvu d'un réservoir à air comprimé. Le tout est disposé sur un petit wagonnet pouvant rouler sur rails et, par conséquent, suivre la progression de la galerie. Grâce à cette disposition ingénieuse, les inconvénients dus aux longues conduites à air comprimé sont évités, puisque la force motrice est amenée sous forme d'électricité au voisinage immédiat du point d'utilisation et que les câbles électriques, beaucoup plus commodes que les conduites, échappent aux défauts de ces dernières. Une firme américaine a récemment construit un nouveau type de perforatrices qui échappent aux défauts de l'air comprimé et même à ceux de l'électricité, mais qui en ont, à leur tour, une telle collection que leur usage ne semble guère pratique que dans les exploitations à ciel ouvert. Je veux parler des perforatrices à pétrole ou à essence. Ces perforatrices comportent un moteur à explosion genre moteur de motocyclette. La tige du piston se termine par le « fleuret » destiné à perfrer la roche. Lorsque le moteur marche, le fleuret est animé d'un rapide mouvement de va et vient et frappe, à coups redoublés, — plusieurs centaines par minute — et violents, la roche à perfrer. Un tel dispositif présente, évidemment, de grands avantages sur tout ce qu'on a imaginé à ce jour. Il n'y a pas de conduite, ni de câble, pas de centrale électrique, ni de station de compresseurs. L'appareil est portatif, très puissant, peu encombrant, susceptible de s'employer dans les galeries les plus étroites et les plus basses ; il ne consomme que quand il marche et n'exige que peu de frais de première installation. Ce serait l'idéal, s'il ne fallait pas laisser échapper les gaz provenant de la combustion du pétrole, gaz qui auraient tôt fait de rendre l'air du chantier irrespirable. On pourrait évidemment imaginer des moyens de se débarrasser de ces gaz, mais les complications qui en résulteraient annihileraient bien vite tous les avantages de l'appareil. Aussi, ce dispositif ne nous semble-t-il pratique que dans les exploitations à ciel ouvert, dans les carrières, par exemple. Là, les inconvénients résultant des vapeurs d'échappement, et certains autres défauts sur lesquels nous n'insisterons pas, ne sont presque plus à craindre et les qualités seules restent. C'est là, à notre avis, qu'est l'avenir de la perforatrice à essence. Jusqu'à présent la perforatrice électrique pure et simple semble la solution la plus favorable du forage mécanique des trous de mine. Le dispositif mixte, — électricité et air comprimé — décrit plus haut, n'est pratique, on le comprend aisément, que pour des galeries spacieuses. Aussi la plupart des firmes d'électricité s'en sont-elles tenues à des perforatrices complètement actionnées à l'électricité. Les perforatrices électriques se répartissent en deux grands groupes : les perforatrices rotatives et les perforatrices à percussion. Dans les premières, le fleuret ronge la roche en tournant rapidement contre elle son bord aigu ; dans les secondes, le fleuret perce le trou de mine en frappant rapidement et fortement la roche. Les perforatrices rotatives conviennent particulièrement aux roches tendres, celles à percussion, aux roches dures. La commande électrique des perforatrices rotatives ne présente pas de difficulté : il suffit généralement de coupler le porte-outil de la perforatrice avec le moteur électrique. Ce dernier possède une force d'environ deux chevaux. Ce moyen ne rencontre pourtant pas l'approbation générale pour des motifs techniques divers. Aussi, a-t-on essayé le couplage par l'intermédiaire d'engrenages. Les deux systèmes ont le défaut d'être lourds et peu maniables. On a donc essayé de séparer le moteur de la perforatrice et d'effectuer le couplage au moyen d'un « arbre flexible » c'est à dire d'une sorte de câble pouvant se plier dans tous les sens, mais ne se laissant guère tordre. Ce système donne, dit-on, toute satisfaction et s'emploie déjà dans bon nombre de mines.

La commande électrique des perforatrices à percussion donne lieu à beaucoup plus de difficultés et nombreux sont les systèmes inventés depuis un quart de siècle pour résoudre le problème. Parmi ceux qui ont reçu la consécration de la pratique, nous citerons les perforatrices « à solénoïdes », « à came », « à manivelle ». Le type dit « à solénoïdes » a l'avantage de ne pas nécessiter de moteur et le défaut d'être peu puissant et de s'échauffer trop rapidement. Le type « à came » a l'avantage de la simplicité, mais présente plusieurs défauts dont le moindre n'est pas son inaptitude à diriger aussi bien ses coups vers le haut que vers le bas. Pour la perforatrice « à manivelle », les constructeurs revendiquent la régularité et la constance de la force des coups, quelle que soit d'ailleurs la position de la machine, la grande puissance et le grand nombre de coups frappés par minute ; ce nombre varie de 420 à 450. Par contre, on lui reproche sa complication et son usure rapide. Quoi qu'il en soit, ces perforatrices sont aujourd'hui parmi les plus employées en Europe et elles ont servi notamment lors de l'élargissement de la Galerie Wolfdietrich, aux Mines de sel de Dürrnberg, l'une des plus anciennes entrées de mines existant en pays germanique. Nous ne pouvons évidemment songer à décrire tous les types de perforatrices électriques employées à ce jour. L'Amérique seule en compte une vingtaine et les utilise sur une bien plus grande échelle que l'Europe. Quel que soit d'ailleurs le type employé, les résultats sont merveilleux. Une perforatrice mixte, essayée dans la mine Friedrich-Wilhelm, dans du grès dur et de l'hématite — minerai de fer très dur — a fait progresser la galerie de 24.8 mètres en 248 heures. Durant un essai de 5 mois au charbonnage de Courcelles, des perforatrices à came ont produit une progression de 80 mètres par machine. A la main, la progression ne fut que de 40 mètres. Le travail mécanique revenait à 60 francs le mètre, le travail à la main revenait à 103 francs. Aux mines de Kotterbach, en Hongrie, dans un minerai de fer de dureté moyenne, on a obtenu une progression de 12<sup>m</sup>50 en 9 heures au moyen de perforatrices à manivelle. Aux mines de la Consolidated Cariboo Hydraulic Company, à Bullion (Colombie Britannique), on a calculé que pour trois perforatrices électriques travaillant 10 heures par jour, l'économie réalisée, comparativement au forage à la main s'élevait à 250 francs ; un pied (304 millimètres) de trou de mine creusé à la perforatrice électrique revenait à 6 centimes et demi environ, tandis que creusé à la perforatrice à air comprimé, il revenait à 50 centimes environ ! L'économie vaut la peine, comme on voit.

## XXI. — Abattage mécanique.

A côté des perforatrices, on emploie dans les charbonnages anglais et américains, mais rarement dans les houillères Européennes, des machines électriques pour abattre le charbon. Ces machines s'appellent des « haveuses ». En 1902, 5418 de ces machines fonctionnaient aux Etats-Unis. La rareté de leur emploi sur le Continent tient à ce que les veines de houille y sont trop peu épaisses pour permettre de les exploiter utilement à la machine. C'est réellement dommage, car ces machines effectuent un travail étonnant. Ainsi au charbonnage de Drain, près d'Osceola, en Pennsylvanie, deux hommes et une haveuse abattent 100 tonnes de houille en 10 heures, soit la charge d'un train de 10 wagons de 10 tonnes chacun. De même aux charbonnages de Pinxtion, quatre hommes (dont deux pour déblayer et étayer) et une haveuse font le travail de 20 hommes et les galeries avancent de 72 mètres par jour. Aux Etats-Unis, 69.611.582 tonnes de charbon ont été abattues à la machine en 1902. Les haveuses employées appartiennent à des types très divers, qui peuvent cependant se grouper en trois catégories : les machines à roue coupante, celles à chaîne coupante et celles à barre coupante. Dans les premières, c'est une roue ; dans les deuxièmes, une chaîne ;

dans les dernières une barre qui, garnie de couteaux, et mue par un moteur électrique coupe le charbon. On découpe d'abord une profonde rainure au bas de la couche, puis une autre au sommet et on abat rapidement d'énormes blocs au moyen de quelques coups de pioche ou de quelques poussées de levier.

Lorsque le minerai est abattu, il s'agit de le transporter hors de la mine pour l'envoyer aux usines qui le transformeront en produits manufacturés. Parfois même, le minerai subit une première préparation : lavage, triage, calcination, etc., dans des bâtiments spéciaux qui dépendent de la mine. C'est ce qu'on appelle le traitement du minerai. Ici encore les moteurs électriques font merveille. On l'utilise avec succès, notamment pour donner le mouvement aux machines employées pour le lavage du charbon, le triage et le broyage, la monture et la désagrégation des minerais, le chargement et le déchargement des fours à coke. Il convient parfaitement aux convoyeurs, aux tabliers sans fin et autres machines de transport, à la commande des compresseurs d'air pour les perforatrices à air comprimé, etc., etc. D'ordinaire, les moteurs sont établis dans un local séparé, pour être soustraits à l'action destructive des gaz, des poussières. Mais nous nous sommes un peu trop pressé de sortir de la mine ; nous avons encore des choses intéressantes à y apprendre sur les machines électriques employées pour amener le minerai du chantier jusqu'à l'accrochage et, de là, au jour.

## XXII. — Transport électrique des produits.

Du lieu d'abattage jusqu'à l'accrochage, le minerai se transporte par des dispositifs divers variant avec les circonstances : la pente, la largeur, la hauteur, la rectitude des galeries. A l'ordinaire, les wagonnets chargés de minerais et de matériaux de déblai sont trainés par un treuil électrique sur lequel s'enroule le câble d'attelage. Dans les mines fidèles aux vieux errements, les wagonnets sont encore trainés ou poussés par des enfants ou des jeunes filles, parfois par de petits chevaux. Le halage au moyen de treuils électriques présente sur ce mode de traction de grands avantages tant au point de vue humanitaire qu'au point de vue économique. La vitesse est d'ordinaire réglée à 1 m. ou 1<sup>m</sup>50 par seconde avec un moteur de 5 à 10 chevaux et sur une pente de 10 à 15 degrés. Lorsque la galerie est droite, que la distance à franchir n'est pas trop grande et que le trafic est très régulier ; c'est à dire qu'on transporte, par exemple, un wagonnet toutes les deux, trois ou quatre minutes pendant toute la journée, alors on a fréquemment recours au halage par câble sans fin. On accroche et on décroche les wagonnets à un câble constamment en mouvement passant d'un côté sur la poulie du treuil électrique, de l'autre sur une poulie folle. Dans ce cas, la vitesse du câble ne dépasse généralement pas un mètre par seconde, afin de permettre l'accrochage et le décrochage des wagonnets sans arrêt de la machine. Aux mines de Monceau Fontaine, en Belgique, on transporte, par ce moyen, 850 wagonnets de houille et 150 wagonnets de pierre en 10 heures à travers une galerie de 700 mètres ; le câble marche à 60 centimètres par seconde.

La galerie où s'établit un pareil système de halage doit toujours être suffisamment large pour recevoir une double voie ; l'une des voies sert à l'aller, l'autre au retour des wagonnets. Un commutateur permet de renverser le sens de la marche du treuil en cas de déraillement. Le halage électrique est l'une des applications les plus employées dans les mines disposant de courant. Lorsque le halage n'est pas praticable à cause de la grande longueur des galeries ou de leur allure tortueuse, on emploie fréquemment de locomotives électriques pour conduire les wagonnets hors de la mine, si celle-ci débouche à flanc de coteau, ou bien au puits d'extraction si l'exploitation se fait par ce moyen. Les locomotives minières pour le fond sont très usitées depuis quelques années

et appartiennent à des types fort divers. On peut pourtant les grouper en deux catégories : les locomotives qui se suffisent complètement à elles-mêmes et celles qui tirent leur courant d'une source extérieure, comme font la plupart des trams électriques. Les machines de la première catégorie sont très commodes parce qu'elles peuvent parcourir n'importe quelle voie, mais elles ont le grand défaut, toutes, d'emporter une batterie d'accumulateurs. Cette batterie, consistant en grande partie en plaques de plomb, est très lourde et la machine dépense une notable partie de son énergie à la transporter. Ces locomotives sont néanmoins préférées dans les charbonnages grisouteux parce qu'elles ne produisent pas de ces étincelles que chacun a pu remarquer aux trolleys des tramways. Une locomotive de ce genre fonctionne notamment aux mines de Vicoigne et de Noeux. Elle est pourvue d'un moteur de 20 chevaux et marche à la vitesse de 11 à 12 kilomètres par heure. Elle est pourvue de quatre vitesses en avant et une marche arrière, tout comme les plus élégantes automobiles. Au charbonnage d'Amersœur, en Belgique, on a calculé que le coût du transport au moyen des locomotives à accumulateurs qui y fonctionnent, s'élève à 2 centimes par tonne et par kilomètre. Les locomotives de la seconde catégorie sont pourvues de dispositions diverses pour prendre le courant soit à des fils suspendus à la voûte, soit à un troisième rail. Ces locomotives sont de beaucoup les plus employées tant dans les mines américaines que dans les mines européennes. Les mines de La Mure, en France, en possèdent deux qui traînent 1200 wagonnets par journée de 10 heures, à travers une galerie de mille mètres à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure. Aux mines de Marles, dans le département du Pas de Calais, de nombreuses expériences ont montré que le prix de revient de ce mode de transport était de 50 % inférieur à celui du transport par chevaux. Parfois, la forme et les dimensions des galeries sont telles qu'il est impossible d'y faire circuler une locomotive électrique parce qu'il n'y a pas moyen de placer le fil de trolley. Pour remédier à cette difficulté, M. W. B. Clarke a récemment inventé une disposition des plus intéressantes. La locomotive électrique est pourvue d'une bobine sur laquelle est enroulé un long câble électrique isolé. Un des bouts du câble est relié au fil de trolley de la galerie où la locomotive peut circuler. L'autre bout conduit au moteur en passant par le centre de la bobine. Lorsque la locomotive avance dans la galerie, le câble se déroule, mais reste tendu. Lorsqu'elle revient, le câble s'enroule automatiquement sur la bobine. Rien de plus simple ni de plus pratique, comme on le voit. Pour les locomotives minières, on préfère généralement le courant continu au courant alternatif. On a pour cela des raisons d'ordre technique que nous ne pouvons aborder ici. On a aussi des raisons de commodité et d'économie ; pour amener le courant à une machine à courants alternatifs, il faut, en effet, un fil de plus que pour une machine à courant continu, d'où frais et encombrements plus grands. Les locomotives minières ne s'emploient d'ailleurs pas uniquement au fond ; elles rendent aussi de signalés services à la surface pour conduire les matières extraites, les unes aux usines de préparation, les autres, aux tas. Ces locomotives sont généralement plus grandes et plus puissantes. Aux mines d'Hollertzug roule une locomotive de ce genre. Elle est équipée d'un moteur de 25 chevaux et traîne six wagons chargés à 725 mètres en 4 minutes et demi. Aux mines de la Oak Bank Oil Company, des machines analogues traînent chacune une charge de 85 tonnes à la vitesse de 16 kilomètres environ à l'heure. Lorsque la distance du transport à la surface n'est pas assez grande pour justifier l'emploi d'une locomotive électrique, on a parfois recours à des installations de telphéragé et à des funiculaires électriques. Un funiculaire de ce genre fonctionne avec succès aux mines de Dombrau, en Autriche. A cet effet, le triage est relié aux deux puits de la mine par une longue estacade supportant les funiculaires. Ce dernier amène les wagonnets pleins au triage et ramène les bennes vides aux puits. Chaque funiculaire a son moteur indépendant.



## XXIII. — Machines d'extraction.

Nous abordons maintenant la machine minière la plus puissante d'une installation, en même temps que la plus importante pour le bon fonctionnement de l'exploitation : la machine d'extraction. Cette machine est aussi celle dont la commande électrique a coûté le plus de peines et présentait le plus de difficultés techniques. C'est ce qui explique qu'elle est encore toute récente en date et que pendant longtemps la solution du problème ne fit que peu de progrès. Aujourd'hui, cette solution est non seulement trouvée, mais elle paraît définitive, car, depuis un an ou deux, on a installé des machines d'extraction électrique au dessus d'un grand nombre de fosses. La principale difficulté qui se présentait résidait dans le couplage du ou des moteurs électriques avec le ou les tambours sur lesquels s'enroule le câble de la cage. Une autre difficulté importante, c'était le réglage de la vitesse. Le couplage direct était le but visé puisque c'est le système le plus économique. Pour le réaliser, il fallait créer des moteurs à vitesse réduite et diminuer le diamètre des tambours, deux choses très simples en apparence, mais qui rencontrèrent beaucoup de difficultés d'ordre technique lorsqu'il fallut les traduire en pratique. Il fallait aussi pourvoir la machine de toute une série d'appareils de sûreté pour empêcher la cage de retomber si la machine venait à s'arrêter, pour l'empêcher aussi de s'élever trop haut, lorsque la machine ne s'arrêtait pas à temps ; enfin, pour ralentir sa marche, lorsqu'elle approche de l'entrée du puits. Il fallait que le conducteur de la machine pût mettre ces divers appareils de sûreté en action à tout moment et, s'il négligeait de le faire au moment voulu, que les appareils fonctionnassent d'eux-mêmes, automatiquement. Le problème, on le voit par les grandes lignes que nous venons d'en tracer, n'était rien moins que compliqué et cependant, pour la plus grande gloire de l'intelligence humaine, il a été résolu et bien résolu. La preuve, ce sont les installations qui se multiplient chaque jour. Remarquons toutefois que le couplage direct du moteur et du tambour n'est guère employé que dans les grandes installations. Dans les petites, le couplage se fait plutôt par engrenages. L'une des premières installations fut établie au puits Germania I pour élever une charge nette de 1800 kilogs, à une hauteur de 450 mètres avec une vitesse de 3 mètres par seconde. Le moteur a une force de 120 chevaux et tourne à 485 tours par minute. A la dernière Exposition de Düsseldorf figurait une machine calculée pour extraire 1400 kilogs à la profondeur de 400 mètres avec une vitesse de 15 mètres par seconde. Au puits Hohenegg fonctionne une machine élevant 1400 kilogs, à 4 mètres par seconde d'une profondeur de 260 mètres ; au puits Erzherzog, la charge est de 2800 kilogs et la vitesse de 4<sup>m</sup>50 par seconde. L'électricité présente pour cette application un grand avantage sur la vapeur, lorsqu'il s'agit d'un puits « intérieur » c'est à dire s'ouvrant, non au jour, mais dans une galerie de la mine. Une machine à vapeur est dans ce cas presque impossible à employer, d'abord à cause du danger d'incendie, ensuite à cause des gaz et vapeurs qui s'en dégagent et nuisent à la pureté de l'air et à la conservation des boisages ; enfin, à cause des difficultés auxquelles donne lieu l'alimentation en eau pur et en combustible. Aussi a-t-on essayé d'actionner ces machines à l'air comprimé, mais les résultats sont bien moins favorables que ceux obtenus avec l'électricité. Une machine d'extraction souterraine actionnée à l'électricité fonctionne à Thiederhall. Elle élève 800 kilogs à la vitesse de 6 mètres par seconde. Pour le transport des personnes, la vitesse est réduite de 3 mètres par seconde. Le couplage direct a été employé avec succès pour les grandes machines d'extraction des charbonnages Preussen II, à Dortmund, et Arnim, à Planitz. La première de ces machines est destinée à élever 100 tonnes par heure d'une profondeur de 700 mètres. La vitesse est de 6 mètres par

seconde, mais peut se réduire à 5 mètres. La charge utile élevée à chaque voyage d'une cage est de 2200 kilogs ; la cage pèse 3800 kilogs ; les quatre wagonnets vides 1400 kilogs ; le câble 4900 kilogs. La machine a donc à transporter en tout à chaque voyage une charge de 12.300 kilogs ! A Planitz, la machine élève 600 à 700 tonnes d'une profondeur de 220 mètres en 10 heures. Le tambour est placé directement au dessus du puits. La charge utile extraite à chaque voyage est de 1600 kilogs. La vitesse de la cage dans le puits est de 8 mètres et demi, mais elle peut se réduire à 3 mètres. Citons encore parmi les grandes machines d'extraction électriques celle de la Free Silver Mine, au Colorado, qui élève 4022 kilogs à 250 mètres à raison de 100 mètres par minute ; celle des Houillères de Grand Hornu (Belgique) qui extrait 56 tonnes à l'heure d'une profondeur de 1000 mètres ; celle des charbonnages Espérance et Bonne-Fortune (Belgique) qui extrait 500 tonnes en 8 heures d'une profondeur de 800 mètres. D'après les calculs de M. Creplet, les frais d'exploitation ne dépassent pas 4 centimes 2 dixièmes de centime par tonne de matière extraite. Toutes ces machines se distinguent par leur marche admirable, non moins que par l'extrême facilité avec laquelle le conducteur les dirige. Celui-ci a, généralement, devant les yeux quelques instruments indicateurs qui le renseignent sur la vitesse de la machine, sur la position de la cage, sur la régularité de la marche et autres détails qu'il lui importe de connaître à tout moment pour conduire son moteur. Il a sous la main une couple de leviers au moyen desquels il commande la marche et les freins. Enfin, à son pied, se trouve généralement une pédale au moyen de laquelle il déclenche le frein de sûreté et bloque instantanément le tambour de la machine. D'ailleurs, comme nous l'avons dit, toutes ces machines sont pourvues d'appareils de sûreté automatiques qui coupent le courant du moteur et freinent les tambours dans le cas où par négligence, distraction ou toute autre cause, le mécanicien ne conduirait pas convenablement sa machine.

#### XXIV. — Parallèle entre le présent et le passé.

En somme, ces machines sont presque des automates complets ; à les voir fonctionner avec tant de régularité et d'à-propos, on les croirait douées d'intelligence ! Il y a quelques siècles, on les aurait crues l'œuvre du démon et on les aurait dévotement brûlées ! Les temps, heureusement, ont changé pour les inventeurs. Le génie humain peut maintenant se déployer à l'aise et montrer ce dont il est capable pour le bien et le progrès de l'humanité. Ce progrès est indéniable. On peut, avec Hamlet, considérer le monde comme une grande prison, dans laquelle il y a beaucoup de caveaux, de basses fosses et de cachots ; on peut, avec les Cyniques, considérer l'humanité politique, philosophique et religieuse, comme une vaste réunion de déments des plus dangereux ; mais on ne peut, avec l'illustre Académicien qui eut un jour l'honneur de commencer une conférence par ces mots : « Très Saint Père, Messieurs, Mesdames... », on ne peut, dis-je, proclamer la faillite de la science à moins de fermer volontairement les yeux à la réalité ! Considérez même superficiellement l'admirable outillage que nous venons de décrire, jetez un regard seulement distrait sur ces merveilleuses machines d'extraction électriques qui obéissent, pour ainsi dire, « au doigt et à l'œil » puis reportez-vous à ce qu'était cet outillage, à ce qu'étaient ces machines non pas aux temps reculés de la préhistoire, non pas même à l'époque des César ou des Kalifes, mais à l'aurore du XIX<sup>e</sup> siècle. Alors, vous verrez si la Science, la Technique et l'Industrie ont fait faillite ! Ecoutez plutôt comment on exploitait une mine en 1833. Je prends les renseignements à une publication de l'époque. La manière de descendre dans les mines, dit cette publication, et d'en faire

sortir les déblais et les matériaux, présente des diversités qui sont imposées par la diversité des circonstances. Lorsque les puits sont verticaux, on y place des échelles verticales appliquées contre la muraille sur toute la hauteur. C'est par là que montent et descendent les ouvriers. Pour éviter les accidents, on donne à ces puits très peu de largeur, de sorte que lorsqu'on est fatigué, on peut lâcher les mains et s'appuyer le dos contre la paroi opposée, en gardant seulement les pieds posés sur l'échelon. On a soin de séparer par une cloison ces conduits de la partie dans laquelle se meuvent les tonnes chargées de minerai : la chute d'une seule pierre, tombant de ces immenses hauteurs, pourrait causer beaucoup de désastres, lorsque tout un poste, souvent d'une centaine de mineurs, se trouve suspendu dans l'abîme à cette longue et droite échelle. On a soin également d'établir des petits planchers, distants de 30 ou 40 pieds les uns des autres, qui ne laissent que l'ouverture strictement nécessaire pour le passage du corps, de sorte que si l'on venait à tomber, on se trouverait forcément retenu après une chute comparativement peu considérable ; cela arrête aussi les pierres et les pièces de charpente qui pourraient se détacher. C'est cette méthode des échelles verticales, quelque singulière que cela puisse paraître, qui présente le moins de danger aux gens habitués à la pratique des mines. Dans beaucoup d'endroits, cependant, on aime mieux faire descendre et monter les mineurs par les tonnes qui portent ordinairement le minerai ; cela est plus économique, car la fatigue des échelles, qui est souvent très grande, doit naturellement être comptée à l'ouvrier, et l'on sait qu'il est moins dispendieux de faire travailler des machines que des bras. Au reste, ce moyen si peu rassurant et si capable de causer une impression involontaire à ceux qui, pour la première fois, se voient ainsi suspendus au dessus d'un gouffre où l'œil se perd, isolés dans une effrayante obscurité à peine troublée par une lampe enfumée, avec une vitesse douce et tranquille comme celle d'une chute et au milieu du vacarme effroyable que font les machines, la chute des eaux et les pistons des pompes ; ce genre de voyage, toujours décrit par les voyageurs comme une descente aux enfers, est le seul que les curieux puissent sagement tenter, et même le seul qu'on leur permette quand la descente est profonde. Il est aisé de se figurer la contenance et le désespoir d'un amateur arrivé au bas du puits pour s'en retourner et apprenant qu'il lui reste à monter, pendant deux heures ou deux heures et demie, la terrible échelle qui se perd au-dessus de sa tête, dans la sombre perspective du grand puits. Dans quelques mines peu visitées, et dans des puits de quelques centaines de pieds seulement, il n'y a pas même d'échelle, et l'on descend en s'appuyant des pieds et des mains contre des entailles faites dans le rocher, ou contre de grands troncs de sapins garnis de crans ou de dentelures. Lorsque les mines sont établies dans des amas considérables, on y descend parfois très commodément par de grandes rampes inclinées en pente douce, ou même par des escaliers. Souvent aussi, dans les montagnes, on entre par une galerie toute droite, comme dans une allée ordinaire ; ces galeries horizontales servent en général à l'écoulement des eaux ; dans quelques endroits ces rivières souterraines servent de canaux de navigation et portent des bateaux ; dans plusieurs autres, au dessus du courant se trouve un plancher solide, et une voie pour les chariots. Lorsque les mines sont exploitées à ciel ouvert, on descend ordinairement de gradin en gradin par des marches taillées dans le roc ou par des échelles... Mais bien souvent les mines, quoique exploitées à ciel ouvert, ne sont point d'un accès aussi facile ; cela arrive lorsqu'elles sont trop étroites pour qu'on puisse leur donner ainsi un pourtour échelonné. Au lieu de ressembler à un amphithéâtre, elles ressemblent alors à un gouffre effroyable, et leurs abîmes, où l'œil plonge avec terreur du haut de la terre, sont ceux qui produisent sur l'imagination le plus d'effet. Les célèbres mines de Persberg, en Suède, sont placées dans les circonstances

dont nous parlons à ce moment. Il en existe quelques-unes dans le Harz, qui présentent un effet tout semblable, mais sur une profondeur moins grande. Dans le Harz, le filon est librement ouvert au jour jusque dans le fond, de sorte que l'on peut y travailler sans le secours des lampes, bien que dans les parties inférieures la lumière ne puisse parvenir que considérablement affaiblie. Les inégalités du rocher sont cause que, pour extraire le minerai, on s'est vu contraint de placer la charpente des machines fort avant au-dessus du précipice afin que les câbles puissent se mouvoir sans obstacle. La même chose a lieu à Persberg, mais le spectacle que l'on a sous les yeux lorsque l'on avance sur le bord de cette légère et fragile plateforme, intimide l'esprit par bien plus de grandeur et de majesté ; la vue, après avoir suivi longtemps les saillies et les anfractuosités du rocher, finit par se perdre dans une nuit immense, d'où sort, comme un murmure confus, le bruit des chariots et des marteaux, et par instants le bruit retentissant des explosions, semblable à un tonnerre infernal. A Persberg, le fond de la cavité supérieure présente de nouveaux puits et de nouvelles galeries, qui forment comme une nouvelle mine qui prend son origine là où finit la première. Pour toute machine d'extraction, on disposait à cette époque d'un treuil actionné à bras, ou bien par des bêtes de somme ; parfois, et c'était là le *nec plus ultra* de la perfection, il était actionné par un moulin à eau ou par une machine à vapeur d'une lenteur désespérante. La charge très faible, fût-elle minérale ou humaine, était librement suspendue au câble et se balançait dans l'espace au dessus de gouffres sans fond. Comparez à cela la moderne machine d'extraction électrique, puissante, rapide, régulière qui enlève une cage de plusieurs milliers de kilogrammes et l'emporte comme une plume, entre des guides, sans secousse, sans heurt, sans bruit, au point que si la lueur des lampes ne montrait les parois du puits défilant avec la vitesse de l'éclair, on croirait se trouver dans une cage immobile. Si ce n'est pas là une des manifestations les plus éclatantes des progrès de la Science et de sa puissance croissant à l'infini, qu'est-ce donc ? La Science n'est pas près de faire faillite ; elle n'a jamais été si solidement établie et chaque jour elle manifeste sa vitalité par quelque nouvelle découverte, par quelque nouveau progrès qui tôt ou tard se convertira en un bienfait pour l'humanité.

## CONCLUSION

J'aurais pu poursuivre pour les autres machines et opérations minières le parallèle que je viens d'établir pour la descente dans les mines et les machines d'extraction, et partout ce parallèle aurait montré non seulement les immenses bienfaits de l'électricité pour les exploitations minières, mais encore le fait indiscutable que le progrès, dans ce domaine comme dans tous les autres, marche, marche sans cesse. Son pas est lent, peut-être, mais il est sûr et continu, et insensiblement il achemine l'humanité vers cet âge d'or que les poètes ont rêvé comme une manifestation du passé, mais que l'histoire de la civilisation laisse entrevoir dans un avenir de plus en plus brillant, vers cet âge d'or où la fosse que le mineur maudit comme une tueuse d'hommes, sera pour lui un lieu de dilection où il pourra chanter :

Courage, compagnons, courage ! que nos efforts arrachent le minerai brillant ! Des anges bienfaisants l'ont enfoui dans le sein de la terre, mais il lui tarde de briller à la lumière du jour, il lui tarde de se produire dans sa force et sa pureté... !

---



## TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages
I. — La Fiction. L'Age d'or . . . . .	1
II. — La réalité. Les métaux chez les anciens . . . . .	3
III. — Nos maîtres en métallurgie . . . . .	5
IV. — Premiers procédés de travail . . . . .	6
V. — Le travail du mineur chez les Anciens . . . . .	7
VI. — Les mines de l'Antiquité. . . . .	9
VII. — Mineurs préhistoriques . . . . .	10
VIII. — Progrès modernes . . . . .	12
IX. — Transmission électrique de la force. . . . .	13
X. — Production de l'électricité . . . . .	14
XI. — Utilisation des forces naturelles . . . . .	15
XII. — Moteurs à gaz et à vapeur . . . . .	17
XIII. — Prétendus dangers de l'électricité . . . . .	19
XIV. — Le grisou . . . . .	21
XV. — Eclairage des galeries. . . . .	22
XVI. — Nécessité absolue d'un bon éclairage . . . . .	23
XVII. — Signalisation dans les mines . . . . .	24
XVIII. — Allumage des mines . . . . .	24
XIX. — Exhaure et ventilation . . . . .	25
XX. — Commande électrique des perforatrices. . . . .	27
XXI. — Abattage mécanique . . . . .	29
XXII. — Transport électrique des produits . . . . .	30
XXIII. — Machines d'extraction . . . . .	32
XXIV. — Parallèle entre le présent et le passé . . . . .	33
CONCLUSION . . . . .	35

---

**LE LABOURAGE ÉLECTRIQUE.** Extrait du *Génie Civil*, 16 pages, 4 pl., 2 dessins. Prix : 2 francs.

Voici comment le *Journal des Sociétés agricoles du Brabant et du Hainaut* s'exprime à propos de cet intéressant volume de M. Guarini :

« Le labourage par les moteurs inanimés ne s'est guère répandu en Belgique, mais il a pris, par contre, une très grande extension en Allemagne, en Autriche et dans certains pays neufs. La question nous intéresse pourtant, car le labourage mécanique pourrait recevoir des applications plus fréquentes s'il était d'un moindre prix de revient et plus facile à employer.

« L'application de la force électrique au labourage contribue à la solution de ce problème. Le système employé consiste en un moteur fixe qui tire la charrue d'un bout à l'autre du champ au moyen d'un câble ou d'une chaîne ; le moteur, qui reçoit la force motrice par un câble porté sur des poteaux mobiles, se déplace perpendiculairement aux sillons. M. Guarini décrit plusieurs systèmes et quelques installations de labourage électrique bien intéressantes.

« Le prix de revient du labourage est très discuté et d'ailleurs très discutable. M. Brutschke l'estime à fr. 23.75 par hectare, tandis que Ringelmann le fixe à fr. 38.62. Mais il faut tenir compte de l'amélioration du rendement due au meilleur travail du sol. L'étude de M. Guarini, complète et concise à la fois, est très intéressante à lire. »

Ajoutons que le labourage par bœufs coûte souvent plus de 60 francs par hectare et que le labourage électrique a un rendement supérieur de 50 p. c.

**L'ÉLECTRICITÉ EN AGRICULTURE.** Conférence faite à la Société Centrale d'Agriculture de Belgique. Prix : 1 fr. 25

L'électricité est entrée depuis longtemps dans le domaine public : dans les villes, on la voit appliquée partout ; dans le domaine de l'agriculture, le chemin parcouru paraît, pour le profane, moins grand ; aussi faut-il féliciter vivement M. Guarini d'avoir, dans ce petit livre, exposé ce que l'agriculture pourrait tirer de ce produit de la civilisation. L'auteur montre tout ce que le cultivateur peut faire en employant l'électricité. Il montre l'influence très nette de ce fluide sur la germination des graines, sur la production des champs tant au point de vue de la quantité, de la qualité, que de la précocité du produit. Il passe, à ce propos, en revue les diverses expériences qui ont été faites. La main-d'œuvre et la traction animale peuvent être remplacées en agriculture par l'électricité ; déjà de nombreux constructeurs se sont engagés dans cette voie et ont fourni des appareils qui rendront de grands services surtout dans les grandes exploitations. De très bons résultats ont été aussi obtenus par l'électricité dans la destruction des insectes. Toutes industries de la ferme : fabrication du beurre, du vin, de l'alcool, des huiles, épuration des jus sucrés peuvent être exécutées à l'aide de l'électricité, et le lecteur trouvera dans le petit livre de M. Guarini de nombreuses descriptions d'appareils pour ces divers usages.

**L'ÉLECTRICITÉ AGRICOLE.** Préface de H. DUFOUR, de l'Université de Lausanne. 162 pages, 42 photos, 18 dessins hors texte. Prix : fr. 3.00

**LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.** — (*L'œuvre de Marconi*). 2<sup>e</sup> édition (2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> mille). Portrait et signature de Marconi. 64 pages, avec 88 gravures. Prix : 2 fr. 50.

L'auteur envisage l'œuvre de Marconi dès son origine ; il rend compte successivement des diverses étapes parcourues, tant au point de vue de la technique des appareils qu'au point de vue des expériences réalisées. La dernière expérience transatlantique de Marconi amène l'auteur à envisager la manière dont les ondes se propagent dans les transmissions à longue distance. Le volume se termine par l'étude de l'œuvre de Marconi au point de vue commercial.

**LES TÉLÉGRAPHES EN EUROPE.** Brochure illustrée de 31 dessins et 1 photo. Prix : 5 francs.

Cette brochure, rédigée d'après des documents officiels, donne un coup d'œil à l'état de la question en Europe, relatant entre autres — et c'est là la partie la plus intéressante de l'ouvrage de M. Guarini — les dispositifs employés, les coutumes adoptées, l'organisation technique et commerciale actuellement en vigueur dans chaque Etat.

Le télégraphiste et le technicien en général s'intéresseront vivement à la lecture de la brochure de M. Guarini, d'autant plus qu'elle contient des renseignements inédits, outre qu'elle réunit une foule de renseignements épars.

**LES TREMBLEMENTS DE TERRE.** Leur origine électrique. 26 pages. Prix : 2 francs.

Dans cette intéressante brochure, M. Guarini expose tous les phénomènes qui précèdent et accompagnent les tremblements de terre, critique les différentes théories émises pour expliquer les commotions du sol et conclut en démontrant que le tremblement de terre peut être purement et simplement un phénomène électrique.



**L'OZONE.** Brochure illustrée de 7 photogravures et 1 dessin. Prix : 2 francs.

Dans ce petit opuscule clair et concis à la fois, M. Guarini décrit brièvement les différentes manières de produire l'ozone et les plus importantes applications industrielles de ce gaz.

**LE COUT DE LA FORCE MOTRICE.** — *L'homme, le cheval, le bœuf et le moteur électrique.* — Importance du problème pour le travail de la terre au Pérou. — La force motrice à Lima. Brochure in-8° de 28 pages, illustrée de 22 figures dont 16 photogravures. Prix : 2 francs.

Dans cette intéressante monographie qui intéresse constructeurs électriciens, industriels, capitalistes et agriculteurs, M. Guarini étudie le moteur animé et celui inanimé, surtout l'électrique, au point de vue du coût d'installation et d'exploitation. L'auteur fait ensuite une intéressante comparaison entre tous les systèmes de labourage connus en démontrant les avantages de la charrue électrique sur celles à essence et à vapeur et en affirmant qu'avec la charrue automobile électrique à traction directe, de son système, le travail d'un hectare ne coûterait pas plus de 7 fr. 50.

**LES FORCES HYDRAULIQUES ET LES APPLICATIONS ELECTRIQUES AU PÉROU.** — Brochure illustrée de 12 figures.

Prix : 2 francs.

Dans cette brochure, M. Guarini décrit son dernier voyage au sud du Pérou, à Mollendo, à la vallée du Tambo, à Agripa et au fameux lac Titicaca, de l'utilisation des eaux duquel on pourrait retirer au moins 2.000.000 de chevaux effectifs. M. Guarini propose ensuite l'électrification des chemins de fer du sud du Pérou qui dépensent par an au moins deux millions et demi de francs en charbon.

L'auteur parle enfin des applications de l'électricité au Pérou, surtout dans le domaine de l'agriculture, des mines et de l'électrochimie.

**LE CATALOGUE INTERNATIONAL DES PRINCIPALES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES DU MONDE.** 76 pages.

Prix : 3 francs.

Dans ce volume, qui remplit une lacune, on trouvera, classés par continents, pays et spécialités, plus de 4000 revues et quotidiens du monde. Pour la moitié environ des journaux on trouvera aussi les indications suivantes : année de fondation, prix, nature du contenu.

L'ouvrage est précédé d'un tableau des monnaies des différents pays.

**LES MERVEILLES DE L'ÉLECTROCHIMIE.** *Son avenir au Pérou.* 168 pages, 99 figures. Prix : 5 francs.

L'auteur passe en revue les diverses applications actuelles de l'électrochimie, en faisant ressortir, d'une façon qui pourra intéresser électriciens et profanes, l'importance des procédés de fabrication électriques et les conséquences économiques de leur adoption. Chacune des parties débutant par un résumé théorique des phénomènes fondamentaux appliqués, l'ouvrage est d'une lecture facile et instructive; il permet de se rendre compte, sans fatigue, des difficultés rencontrées et des succès obtenus par une science qui, toute jeune cependant, joue un rôle considérable dans le développement commercial de la plupart des pays.

Les arts industriels de l'avenir feront tous appel à l'électrochimie; celle-ci sera l'élément principal du développement des régions possédant de grandes richesses minérales et des forces hydrauliques abondantes, de ces contrées neuves dont l'ère seève, du Pérou, en particulier.

**LE PASSÉ, LE PRÉSENT ET L'AVENIR DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.** — *La télégraphie sans fil au Pérou.*

Brochure de 196 pages illustrée de 366 figures dans le texte. Prix : 4 francs.

Dans ce volume, richement illustré, compréhensible même pour les non-initiés à la science électrique et surtout à la télégraphie, M. Guarini passe en revue l'état actuel véritable de la télégraphie sans fil et envisage son avenir commercial possible.

Dans la première partie, M. Guarini démontre la nécessité de la télégraphie sans fil dans des pays comme le Pérou. Dans la seconde partie, l'auteur donne les notions suffisantes pour comprendre le principe et tous les perfectionnements des appareils de télégraphie. Ensuite M. Guarini décrit tous les transmetteurs et tous les récepteurs modernes de la télégraphie sans fil. La partie la plus intéressante est la cinquième qui se rapporte aux avantages et inconvénients de la télégraphie sans fil; dans cet exposé, M. Guarini décrit et discute quelques expériences réalisées par lui.

Enfin, après un résumé de toutes les théories émises à propos de la propagation des ondes à grande distance, l'auteur conclut par les applications présentes et future de la télégraphie sans fil.