



Section de l'Ingénieur

F. COLOMER

MISE EN VALEUR

DES

GÎTES MINÉRAUX

GAUTHIER-VILLARS

MASSON & C^{IE}

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE - MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

F. COLOMER -- Mise en valeur des Gites Minéraux 1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopedie
scientifique des Aide-Memoire ; L. ISLER, Secrétaire
général, 20, boulevard de Courcelles, Paris.*

N° 319 B

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

MISE EN VALEUR

DES

GÎTES MINÉRAUX

PAR

FÉLIX COLOMER

Ingénieur civil des Mines

PARIS

GAUTHIER-VILLARS,

IMPRIMEUR-ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON et C^{ie}, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

PRÉFACE

La plupart des Traités ou des Cours sur l'exploitation des mines qui ont été publiés jusqu'à ce jour, s'occupent surtout de l'exploitation de la houille, de beaucoup la plus importante et la mieux organisée aussi. Ces traités sont tous très complets, très documentés et très bien faits, mais j'ai parfois entendu des exploitants de mines métalliques déplorer de n'avoir pas entre les mains un résumé d'exploitation se rapportant uniquement à la mise en valeur de leurs mines.

C'est ce que j'ai cherché à leur donner.

Je me suis cantonné d'ailleurs dans les questions de prospection et d'extraction du minerai. Je n'ai pas voulu grossir le volume avec des chapitres se rapportant à la préparation mécanique, car les méthodes de traitement, qui sont assez complexes, peuvent empiéter bien souvent sur le domaine de la métallurgie, surtout en ce qui concerne les minerais d'or et d'argent.

La *Mise en valeur des Gîtes minéraux* est essentiellement un aide-mémoire pour le mineur appelé à exploiter une substance minérale autre

que la houille, et principalement une substance de nature filonienne. C'est pourquoi j'ai traité avec le plus de détails possible tout ce qui concerne l'abatage du minerai, une des opérations les plus importantes dans l'exploitation des mines métalliques. Le chapitre *Transport* est aussi un de ceux que j'ai développés, car, sans moyens de transport, une mine ne peut pas exister et n'existera jamais.

Une partie des renseignements qui vont suivre est extraite de mes ouvrages antérieurs sur l'*Exploitation des mines* et sur les *Recherches minières*. J'y ai ajouté de nombreuses observations faites au cours des visites de mines métalliques que j'ai eu occasion de pratiquer à diverses reprises.

CHAPITRE PREMIER

—

DÉFINITION DU GÎTE

Prospection. — Un gisement se définit toujours par une première prospection.

Le prospecteur examine les parties dénudées de terrains, les rochers ou les *chapeaux de fer* qui pointent au milieu d'autres sédiments. Il remonte les ravins en étudiant les cailloux qu'il y rencontre. Si ces cailloux sont à l'état arrondi, il sait que le filon auquel ils ont été arrachés est encore à une grande distance, peut-être même en dehors de la concession qu'il étudie. Si les angles sont encore vifs, le caillou a été peu roulé et le gîte est dans le voisinage.

Dans un pays de montagnes très accidenté, l'accès des affleurements n'est pas toujours facile. Il en est de même dans certaines régions

marécageuses. Il en est de même enfin dans des pays très fortement boisés.

Ce qui est parfois précieux, ce sont les indications de surface.

Si l'on cherche du sel, les sources salées mettent sur la piste des affleurements. De même, certaines eaux verdâtres renseignent sur la présence de filons de cuivre. Des eaux ocreuses indiquent la présence du fer. Il en est de même des versants rougeâtres de certaines collines qui n'ont été colorés ainsi que par le lavage séculaire d'affleurements ferrugineux.

Un autre mode rapide de prospection est l'étude des gangues. La présence de certaines substances définira la nature du métal existant dans le filon mieux que l'aspect décomposé du chapeau de fer. C'est ainsi que le quartz accompagne plutôt les gîtes d'étain ou d'or, la barytine est presque toujours associée au plomb, la fluorine aussi. L'argent se trouvera avec la calcite, le cuivre avec des roches magnésiennes. A côté de minerais de fer ou de manganèse se trouvent souvent des phosphorites.

Travaux de recherche à la surface. — Après la première prospection viennent les travaux de recherche à la surface.

Ces travaux sont faits sur les affleurements,

après avoir pratiqué le débroussaillage dans le voisinage, si c'est nécessaire. Ils consistent en tranchées, en galeries et en puits.

Les tranchées sont dirigées selon l'alignement des affleurements ou entreprises de place en place sur ces affleurements. Elles font disparaître la terre végétale qui masquait le gîte. Elles peuvent ensuite se prolonger à une plus grande profondeur sous forme de descenderie ou de puits.

Les galeries sont menées à flanc de coteau. On se place au-dessus du niveau des eaux qui coulent dans les ravins, afin de ne pas noyer les travaux. Il faut aussi éviter que les avalanches de neige ne viennent obstruer l'entrée des galeries.

On choisit, pour cette entrée, un point où l'affleurement est visible sur une partie accidentée de la montagne pour avoir une certaine épaisseur de terrain au toit de la galerie. On coupe toujours quelques mètres en tranchée, afin que l'entrée de la galerie n'ait pas tendance à s'ébouler et qu'on puisse placer le boisage.

Si l'affleurement n'est pas directement attaquant par une galerie, on entreprendra un travers-bancs. Ce travers-bancs devra être placé de manière à recouper les terrains normalement à leur direction sédimentaire. Il aura ainsi le mi-

nimum de longueur possible. Mais le travers-banes ne sera bon à entreprendre que dans le cas où les couches sont assez inclinées, car, pour aller chercher une couche plate, il serait poussé sur une très grande longueur avant d'atteindre le gîte.

Au lieu de reconnaître le gisement à l'aide de galeries horizontales, on peut chercher à le définir par des galeries inclinées ou par des puits.

On pratique une descenderie suivant l'inclinaison du gîte, et on traverse ainsi rapidement le chapeau de fer afin de déterminer la nature de la minéralisation sous ce chapeau de fer. L'écueil d'une descenderie c'est, outre le prix plus élevé de l'abatage, la venue d'eau qui se produit au bout de quelques mètres et qui peut entraver la continuation des travaux, si l'on a pas une pompe pour effectuer l'épuisement, pompe nécessitant une force motrice dont on ne dispose pas toujours en période de prospection.

Si la couche est voisine de l'horizontale, on fera un puits vertical de recherche qui recoupera normalement les terrains superposés à la couche. Ce puits sera fait de la même manière que les puits d'accès au gisement dont nous parlerons plus loin. Il est même bon parfois de ne pas donner au puits de recherche un trop petit dia-

mètre pour que, plus tard et éventuellement, il puisse servir soit à l'extraction du minerai, soit à l'aérage. Le puits rencontrera toujours de l'eau comme la descenderie; il faudra prévoir l'installation d'une pompe et, pour l'installation de cette pompe, la production de force motrice par l'électricité, l'air comprimé ou la vapeur.

Sondage. — Le sondage est le dernier moyen de reconnaissance des gisements dont dispose le prospecteur. Ce sondage peut être fait à très faible profondeur ou bien descendre à un nombre considérable de mètres au dessous de la surface.

Il y a plusieurs systèmes ou appareils de sondage que nous énumérerons brièvement. Ces systèmes sont au nombre de cinq.

Le premier type, le plus ancien de tous, est le *sondage à la corde*. Ce sondage s'installe à peu de frais; il comporte des organes simples et atteindra pourtant de grandes profondeurs.

Le *sondage canadien* est aussi d'une installation facile; comme matière première, il n'emprunte guère que le bois. Il est, par conséquent, d'une application aisée dans les pays neufs.

Le *sondage à tiges pleines en fer* fonctionne avec ou sans outil à chute libre. Pour de faibles profondeurs, on laisse tomber tout d'une pièce l'appareil de sonde. Souvent alors on emploie

uniquement la force humaine. A de grandes profondeurs, les tiges pourraient se voiler, si un poids trop considérable venait frapper au fond du trou de sonde. On fait alors tomber le trépan seul et l'on adopte comme joint élastique avec l'appareil de sonde une coulisse de battage. Dans ce cas, la conduite du sondage se fait au moteur.

Le *sondage à tiges creuses en fer avec circulation d'eau* emprunte aussi l'aide du joint à chute libre. Toutefois, pour de grandes profondeurs, le *brevet Raky* a trouvé, grâce à l'interposition de ressorts, un moyen ingénieux pour supprimer les coulisses de battage qui ne sont jamais étanches et qui laissent perdre une certaine quantité de l'eau d'injection.

Le *sondage à tiges creuses en fer avec couronne de diamants* est le dernier représentant des systèmes de sondage actuellement employés. Jusqu'à 100 ou 150 mètres, on peut le conduire à la main. Il descend à plus de 1 000 mètres avec un moteur d'une faible force. C'est le seul appareil qui opère constamment par rodage, les emplois de la tarière étant limités à de faibles profondeurs pour le sondage à tiges pleines en fer.

Profondeur des sondages. — Ces divers modes de sondage ne s'appliquent pas indistinctement à toutes les profondeurs. Quelques-uns

d'entre eux fonctionnent difficilement lorsque le trou de sonde atteint une trop grande longueur.

Si l'on veut descendre à 15 mètres ou à moins de 15 mètres, on emploie des appareils très simples et aisément transportables. Ce sont plutôt de simples outils à main. Pour atteindre rapidement 4 à 5 mètres à travers des terrains alluvionnaires, on emploie la sonde Palissy. Un perfectionnement de cette sonde a été fait par MM. Van den Broeck et Rutot pour pousser à 12 ou 15 mètres de profondeur des recherches géologiques. Il suffit aussi de citer la sonde du tourbier et la pipette Bazin qu'on emploie parfois pour reconnaître des sables aurifères. Enfin on a imaginé divers appareils à assemblage très simple ou des colonnes de tube avec lame coupante, où l'on verse de l'eau pour dégager les déblais. Ce dernier moyen convient pour traverser des argiles tendres.

Quand on veut descendre à 100 mètres ou moins de 100 mètres, il n'est pas toujours nécessaire d'avoir un moteur. Ce moteur serait difficilement amené à pied d'œuvre dans un pays neuf ou dans un pays de montagne. On fait usage de la force humaine, et l'on emploie soit un appareil à tiges pleines en fer avec ou sans chute libre, soit un appareil à tiges creuses en

fer avec circulation d'eau, soit enfin un appareil à tiges creuses en fer avec couronne de diamants.

Si l'on descend à 300 mètres, le moteur s'impose. Les cinq appareils précités conviennent les uns comme les autres. Il est à remarquer pourtant que le sondage canadien se trouve à la limite à laquelle il peut descendre. De même, à cette profondeur on a tout intérêt à transformer le sondage au trépan avec circulation d'eau en un sondage au diamant.

Il en résulte que, pour une profondeur de 600 mètres ainsi que pour les profondeurs supérieures, il ne reste plus que trois méthodes à appliquer : le sondage à la corde, le sondage avec tiges pleines, le sondage au diamant.

Prise des échantillons. — Quel que soit l'appareil adopté, la question importante est celle de la prise des échantillons. Cette prise des échantillons se fait plus ou moins exactement suivant les méthodes de sondage.

Qu'il s'agisse du sondage à la corde, du sondage canadien ou du sondage avec tiges pleines en fer, les échantillons seront remontés avec la *cuiller*. La précision des résultats dépendra de la manière dont le chef sondeur se servira de cette cuiller. Dans des terrains susceptibles de

changer fréquemment de composition ou dans des couches très minéralisées, il faut remonter le plus souvent possible des échantillons, au moins tous les mètres. Les échantillons une fois séchés ou agglomérés, s'ils sont de nature argileuse, sont examinés soigneusement et débarrassés des terrains supérieurs qui leur sont mélangés. Des éboulements se produisent toujours, en effet, dans le trou de sonde, quand il n'est pas tubé à mesure de l'avancement. D'un autre côté, le tubage n'est pas toujours bon à conseiller, car chaque colonne de tubes force à diminuer de 5 centimètres le diamètre du trépan, ce qui peut faire abandonner un sondage avant qu'il n'ait atteint la profondeur fixée.

Dans le cas du sondage avec circulation d'eau, c'est le courant d'eau qui remonte les échantillons. Ces échantillons se déposent dans une ou plusieurs caisses à tamis où des prises d'essai sont faites de temps à autre. Comme dans le cas des sondages à tiges pleines, il y aura toujours une incertitude sur le point exact de provenance des échantillons, si le tubage ne suit pas de près l'avancement. Il arrive aussi, quand on traverse des terrains fissurés, que l'eau remonte parfaitement claire et exempte de débris d'aucune sorte. On peut, il est vrai, remédier à ces deux inconvé-

nients en arrêtant le battage du trépan et en nettoyant le trou de sonde. Sitôt que l'eau remonte claire, on redonne quelques coups de trépan et les échantillons recueillis alors sont ceux du terrain traversé. Mais cette manœuvre est longue. Il vaut mieux prélever une carotte, soit avec des outils spéciaux (*outil carottier*) comme dans le cas du sondage avec tiges pleines, soit avec une couronne à diamants comme cela est possible par une légère transformation dans le cas du sondage avec circulation d'eau.

La prise d'échantillons au moyen de carottes est la caractéristique du sondage au diamant. C'est un des principaux avantages de cette méthode. Non seulement on aura d'une manière exacte l'épaisseur et la nature chimique de la couche traversée, mais on saura aussi quelle est l'inclinaison ou la direction de cette couche.

Avec le sondage au diamant et la prise continue des carottes, on évitera le plus souvent l'incertitude des résultats des autres sondages, les erreurs même de ces sondages. Ces erreurs sont les suivantes.

Dans le cas des couches plissées et formant une série de cuvettes, le sondage peut avoir été placé dans l'axe d'un pli anticlinal. Il ne trouvera rien. L'axe du sondage est aussi susceptible

de traverser l'axe d'un pli synclinal. On croira avoir rencontré deux couches. Il en est de même dans le cas de failles. Si la faille est d'affaissement, le sondage sera négatif. Si elle est à recouvrement, le sondage traversera deux fois la même couche.

Pour corriger l'incertitude des résultats de sondages ou les erreurs de ces sondages, on emploiera les outils suivants.

L'outil dit *vérificateur* ou *découpeur* se prête à la détermination d'une couche tendre placée entre deux couches dures. Il est muni de deux lames à griffes qui mordent dans le terrain, quand on tourne à gauche et qui s'effacent pour laisser remonter l'outil, quand on tourne en sens inverse. Les morceaux découpés du terrain tombent dans une corbeille placée à la partie inférieure de l'outil.

Mais on n'obtient ainsi des renseignements que sur l'épaisseur. L'*outil carottier*, sorte de tube en fer avec lame coupante, donne des carottes analogues à celles du sondage au diamant, à condition que le terrain ne soit pas trop dur à découper. Ces carottes, comme dans le cas du sondage au diamant, peuvent être orientées suivant la position qu'elles occupent au fond du trou de sonde à condition qu'on ait repéré toutes

les tiges. L'opération est longue et pas toujours exacte.

Coût d'un sondage. — Le sondage n'est pas seulement une opération délicate. C'est aussi une opération coûteuse. Un facteur important du prix de revient est la main-d'œuvre.

Les appareils à main sont ceux qui semblent exiger un plus grand nombre d'ouvriers que les autres sondages. Il n'en est rien pourtant. C'est uniquement lorsqu'ils sont poussés à 100 mètres qu'il faudra cinq ou six hommes pour la manœuvre. Le personnel est tout aussi nombreux pour la conduite d'un appareil à tiges pleines ou à circulation d'eau. Au contraire, les systèmes canadiens, à la corde ou au diamant, n'exigent que deux hommes pour pouvoir fonctionner.

L'économie qui en résulte au point de vue prix de revient est encore accrue du fait de l'avancement rapide qui peut être obtenu dans des terrains appropriés. En moyenne, le prix de revient général est le suivant pour les diverses méthodes de sondage :

Le sondage avec tiges pleines en fer coûtera 60 francs le mètre jusqu'à 100 mètres, 90 francs jusqu'à 300 mètres, 200 francs jusqu'à 600 mètres. Au delà de cette profondeur, les prix de-

viennent de plus en plus variables avec la nature des terrains et peuvent osciller de 300 à 500 francs par mètre.

Le sondage à la corde coûtera 80 et 100 francs le mètre au maximum jusqu'à 500 mètres de profondeur. Il peut accidentellement revenir à 30 francs le mètre jusqu'à 250 mètres de profondeur.

Le sondage canadien coûte 100 ou 135 francs le mètre jusqu'à 300 mètres de profondeur, limite qui lui est en quelque sorte imposée.

Le sondage à circulation d'eau présente des prix très différents avec les variations de terrain. Ce facteur est plus important que pour les autres sondages, l'avancement pouvant être très rapide dans des couches peu consistantes, que l'injection d'eau désagrège sans même que le trépan intervienne. Pour des sondages voisins de 300 mètres, on a dépensé 12^{fr},50 du mètre dans un cas et 117 francs, dans un autre cas.

Quant au sondage au diamant, il peut être estimé à 125 francs le mètre en moyenne. Ce qui influe sur ce prix de revient, plus encore que la profondeur comme pour les autres appareils, c'est la perte des diamants.

D'après ce qui précède, on voit qu'il est assez difficile de se prononcer *a priori* sur le choix

d'une méthode. La profondeur à laquelle sera poussée le sondage, la rapidité avec laquelle il sera conduit, la substance qu'il devra rechercher, la nature des terrains qu'il sera susceptible de rencontrer sont autant de conditions qu'il faut examiner.

Pour un sondage à grande profondeur, on fera usage du diamant. Celui-ci peut descendre à 2 000 mètres. La recherche sera bien faite au point de vue de la coupe géologique des terrains, puisqu'on remonte des carottes. Dans des terrains tendres, le sondage au diamant doit plutôt être écarté, car les carottes auront tendance à se briser.

Si l'on veut faire très rapidement des recherches de mines à faible profondeur, on emploiera le sondage Fauvelle ou Raky. Avant de s'y résoudre, on doit bien se rendre compte toutefois si l'on a assez d'eau dans le voisinage et si cette eau n'est pas exposée à geler en raison des conditions climatiques de la région.

Le sondage à la corde, inapplicable dans le cas de couches verticales ou fissurées, se pratique mieux quand il faut traverser des couches horizontales ou voisines de l'horizontale.

Le sondage avec tiges en fer est le plus lent, mais c'est aussi le plus sûr. Avec lui, il y a

moins d'aléas, moins d'accidents. Il traversera également les terrains tendres ou les terrains durs, les couches horizontales comme les couches verticales.

Emploi particulier du sondage. — Le sondage peut encore servir comme moyen de recherche dans le cas d'une mine en exploitation. Si l'on a perdu un filon ou une couche, il sera un moyen d'investigation rapide à droite et à gauche d'une galerie pour retrouver la couche ou le filon.

Dans ce cas, le sondage à la main avec couronne de diamants sera celui qui sera préféré. Outre qu'il est d'une installation très rapide et très facile, il se prête mieux à n'importe quelle inclinaison. On aura avantage parfois à ne pas faire un trou vertical ou horizontal, mais à donner au trou une direction normale à la stratification des bancs afin de recouper plus rapidement le gîte. La sondeuse à diamants travaille sous un angle quelconque et se rapproche ainsi de la perforatrice à diamants que nous décrivons plus loin.

CHAPITRE II

ACCÈS AU GÎTE

On accède à un gisement par un puits ou par une galerie. Parfois le puits descend directement en suivant la pente du filon. Parfois aussi la galerie suit en direction le gîte. Mais il est aussi des cas où le puits doit cheminer verticalement et la galerie horizontalement pendant plusieurs mètres avant de recouper une couche ou un filon. Quoi qu'il en soit, le puits d'abord, la galerie ensuite sont les deux moyens naturels et géométriques d'atteindre un gisement, s'il a été reconnu exister par les travaux de recherche qui ont précédé la mise en exploitation.

Puits. — Un puits peut être de forme polygonale, ronde ou elliptique.

Comme polygone, on a le carré, le rectangle, l'hexagone. Les puits rectangulaires sont com-

modes pour installer, dans trois compartiments distincts, les services de l'extraction du minerai, de l'épuisement des eaux et de la circulation du personnel; ces puits sont très employés au Transvaal. Les puits carrés pourront ne pas être boisés, s'ils descendent à faible profondeur ou s'ils traversent des terrains résistants. Toutefois, même quand les terrains sont résistants, il est bon de garnir avec du bois les parois du vide créé afin d'éviter la chute éventuelle d'une pierre qui pourrait occasionner de graves accidents.

Les puits elliptiques ou circulaires doivent être maçonnés. Le puits elliptique présente, comme le puits rectangulaire, l'avantage de laisser disponibles, sur les côtés, des compartiments où pourront se faire l'aérage et la circulation du personnel.

Une question importante est la fixation du diamètre d'un puits.

Pour des exploitations filoniennes de peu d'importance et de peu de profondeur, on choisira un diamètre de 1^m,30 à 1^m,50, à condition de n'employer comme engins d'extraction que des paniers de 1 à 3 hectolitres. Si les paniers contiennent 5 à 10 hectolitres de minerai, il faudra un diamètre de 2 mètres à 2^m,50. Au delà de cette contenance, on adopte 3 mètres et 3^m,50

de diamètre. Dans un puits de 3^m,50, les cages d'extraction peuvent aisément fonctionner. On songe rarement, pour les filons, aux diamètres de 5 à 6 mètres qui peuvent s'appliquer à des exploitations importantes de minerai de fer.

La fixation du diamètre aura aussi son influence sur le prix d'établissement du puits. Toutefois, l'augmentation du prix n'est pas proportionnelle à l'augmentation du diamètre et il vaut mieux avoir une plus grande section qu'un diamètre par trop restreint. L'augmentation de prix est, au contraire, fonction du terrain traversé, suivant que ce terrain est tendre ou dur. Elle est aussi fonction de la profondeur pour les premiers mètres, puis se maintient constante à partir d'une certaine profondeur.

Dans les quartz, on fera un puits carré de 2 mètres ou 2^m,50 de côté à raison de 150 à 160 francs le mètre. Dans les schistes, le puits coûtera 55 à 60 francs. Dans les grès, il vaudra 80 à 90 francs.

Travers-bancs. — Quand le puits, pour rencontrer la couche, doit descendre à grande profondeur, de même que lorsque, après avoir rencontré la couche, il a été prolongé plus bas, on mène à la rencontre du gîte, depuis le fond du puits, un travers-bancs horizontal, c'est-à-

dire une galerie qui traverse normalement tous les bancs sédimentaires.

Il est toujours bon d'ailleurs de ne pas arrêter le puits sur la couche, de le descendre encore et de faire quelques mètres de travers-bancs afin de ne pas exploiter aux environs immédiats du fond du puits et de ne pas compromettre la solidité de ce puits, quelle que soit d'ailleurs l'épaisseur du massif de protection qui ait pu être réservé.

Une bonne section pour un travers-bancs est $1^m,80$ de hauteur sur 2 mètres de largeur. Trop de hauteur est nuisible ; toutefois il est bon de pouvoir canaliser les eaux, si la mine est très aquifère. On peut alors exagérer la hauteur jusqu'à $2^m,20$, afin de réserver sous la voie de transport un caniveau de 50 ou 60 centimètres pour les eaux. On cintre aussi le plafond de manière à couper une moins grande quantité de terrain.

Galerias de roulage et d'exploitation. — Après le travers-bancs, on perce immédiatement dans le gîte les galeries de roulage et d'exploitation. On commence par tracer deux galeries simultanées afin d'assurer l'aérage. Les galeries seront superposées, par exemple, et on les réunira de temps en temps par des montages pour

permettre à l'air de venir jusqu'aux fronts des galeries.

On donne à ces galeries une hauteur de 1^m,80 entre le fer du roulage et le chapau du boisage, la largeur étant de 1^m,80 à la base et de 1^m,20 au sommet. On réalise ainsi une forme trapézoïdale qui peut mieux résister aux poussées du terrain.

Il est à recommander de ne pas donner aux galeries des dimensions moindres que 1^m,50 de hauteur et 1^m,20 de largeur même quand on recoupe des terrains très durs. Les difficultés augmentent, en effet, tout de suite, aussi bien pour la circulation de l'air que pour le transport du minerai et la translation des ouvriers.

Quant au prix d'ouverture de la galerie, il varie peu avec l'augmentation de la section, et reste même très élevé quand la galerie est de très petites dimensions. Dans une galerie de section moyenne, on paie 110 à 120 francs le mètre, si l'on traverse des quartz très durs. Dans des schistes tendres, l'avancement coûte de 20 à 25 francs. Enfin, dans un filon de moyenne dureté, le travail de percement vaut 60 à 70 francs.

Percement des galeries. — Le percement des travers-bancs doit assurer, avant tout, à ces galeries, une rectilignité parfaite. Dans ce but, on

dispose au milieu de la galerie deux fils à plomb, et on s'assure le plus souvent possible que le plan déterminé par les deux fils passe bien au centre du front d'attaque où l'on place une lampe pour la visée.

Les méthodes de percement des galeries sont celles qui seront indiquées au chapitre de l'*Abatage*. Pourtant on peut recouper des terrains ébouleux ou des terrains aquifères. Il faut alors employer le procédé spécial dit du *bouclier*.

Si le terrain est suffisamment résistant, on constituera le bouclier avec des planches plates qu'on enfonce à mesure de l'avancement en avant du boisage. On fait passer les planches au-dessus du dernier cadre de boisage et on boise sous les planches à mesure qu'elles s'enfoncent et que le terrain a été déblayé. Un tel bouclier de planches peut n'exister que sur une seule paroi de la galerie ou sur trois parois à la fois.

Quand le terrain est moins solide encore à l'avancement, on se fait précéder par une ligne de picots, c'est-à-dire de bois taillés à l'instar des pilotis dont on se sert pour les fondations d'édifices dans de mauvais terrains. On ouvre de temps en temps la ligne de picots pour saigner

le terrain, si ces picots éprouvent trop de difficultés à pénétrer dans le terrain.

Quand on traverse enfin des sables aquifères et inconsistants, le bouclier sera tout d'une pièce. On emploie une armature en fer analogue à celle qui sert dans certains tunnels de chemin fer. Cette armature sera poussée progressivement par des vérins à vis et non pas par la pression hydraulique comme dans ces tunnels, et on établira directement derrière le bouclier la maçonnerie de la galerie.

Fonçage des puits. — Dans un puits, l'abatage se fera comme dans une galerie, mais deux questions d'un ordre spécial viennent entraver les méthodes d'abatage : la remonte des produits d'abord, l'épuisement des eaux ensuite.

La remonte des produits doit être faite assez rapidement pour ne pas gêner l'opération de l'abatage. Elle s'opère au moyen d'un panier montant et d'un panier descendant, le mouvement de va-et-vient étant communiqué par l'un des moteurs d'extraction qui seront décrits plus loin. Pendant la durée d'un voyage, un panier se trouve toujours en chargement au fond du puits de manière à être accroché au câble, dès que le panier vide est redescendu. Le chargement se fait ainsi pendant la circulation des ré-

cipients d'extraction et cette pratique est d'autant plus à recommander que la remonte des produits absorbe un temps assez long, quand le puits devient très profond.

La remonte des matériaux doit être faite en vue surtout de présenter toute la sécurité désirable et de ne laisser rien tomber qui pourrait blesser les ouvriers occupés au fond du puits. A l'orifice du puits, il est bon de disposer deux trappes que l'on ferme sitôt après la descente ou la montée du panier et qui laissent seulement l'ouverture nécessaire au passage du câble. Le panier plein est reçu sur un wagon plat et emporté pour être vidé à une certaine distance du puits.

On peut aussi installer un ponton mobile autour de charnières horizontales. Quand arrive le panier plein, on tire le ponton à l'aide de deux chaînes et on le fixe à l'autre paroi du puits, de manière à fermer l'orifice du puits. Le panier peut alors être basculé sans danger sur le ponton, dès qu'on a fait reculer le câble d'extraction.

L'épuisement des eaux se fait au moyen du panier qui sert à l'extraction des déblais ou bien à l'aide de pompes qui sont descendues dans le puits.

Quand la venue est peu considérable, on remonte l'eau avec les déblais. Mais on arrive bien vite à une certaine limite, surtout dès que le puits devient plus profond, car les paniers ne circulent plus assez vite dans le puits pour enlever l'eau. En thèse générale, il faut toujours prévoir l'emploi d'une pompe pour le fonçage d'un puits. L'importance et la nature de cette pompe varieront avec la quantité d'eau qu'on doit épuiser.

On peut employer des pompes horizontales qu'on place sur un plancher dans le puits. Ces pompes sont actionnées par de la vapeur qui descend par une conduite le long du puits. Elles sont descendues sur un autre plancher dès que la succion est longue de plus de 7 mètres. On étagera ainsi les planchers à 5 ou 6 mètres dans le puits.

On suspendra aussi les pompes à un câble qu'on descend avec un treuil à mesure de l'avancement du puits. Ce câble permet de remonter la pompe au moment du tirage des coups de mine et de la mettre mieux à l'abri que sur un plancher placé à quelques mètres du front d'attaque. Le corps de pompe est alors disposé verticalement et non plus horizontalement. On aura deux corps de pompe à double effet. De telles pompes peuvent refouler l'eau jusqu'à 100 mètres.

Pour des profondeurs plus grandes, pour des venues plus grandes aussi, il faudra des pompes plus puissantes. Ce seront des machines analogues à celles qui seront décrites au chapitre de l'*Aménagement des eaux*. On réalisera aussi une installation par pompes superposées qui est de tout point comparable à l'installation d'épuisement dont nous parlerons au même chapitre.

Si le fonçage des puits s'opère à travers des terrains ébouleux, on aura recours à un bouclier de planches analogue à celui qui a été indiqué pour les galeries. On emploiera aussi un bouclier en fer ; ce sont alors les procédés dits de la *trousse coupante* ou du *système Chaudron*, que nous citons pour mémoire. Nous parlerons aussi pour mémoire du procédé Pöetsch de fonçage par la *congélation*, car il a été d'un emploi plutôt rare jusqu'ici dans l'exploitation des mines métalliques ; des applications en ont été faites pour la création d'un puits dans un gisement de sel de potasse ou dans des gites de minerai de fer. Nous renvoyons pour la description de ces procédés à ce qui en est dit dans les Cours d'exploitation des mines.

Fonçage montant. — Un puits peut être fait en montant au lieu d'être creusé en descendant.

C'est le cas d'un puits intérieur d'aérage. C'est le cas aussi d'un puits d'extraction foncé par la partie inférieure, afin de ne pas gêner l'extraction qui est faite à la partie supérieure.

Les procédés d'abatage sont toujours les mêmes. Ce qui est plus spécial, c'est le mode de descente des matériaux.

Il y a deux sortes d'installation.

On peut d'abord disposer des planchers en quinconce et tels que leur largeur soit supérieure à la largeur du montage. Ces planchers se transmettent les terres produites à l'avancement, de manière que la chute soit peu considérable. Ils conservent toujours une certaine quantité de déblais, de sorte qu'on fait uniquement passer d'un plancher à l'autre les déblais en excès.

On peut aussi réaliser un coffrage complet qui sera rempli de terres. Une trémie placée à la partie inférieure permet le chargement dans les wagonnets. Dans le compartiment contigu à celui des déblais, on dispose des échelles pour la circulation du personnel. Un plancher suffisamment étanche et solidement établi à la tête de ce compartiment empêchera la chute des déblais dans le compartiment des échelles et facilitera le travail des ouvriers, puisqu'ils s'établiront sur ce plancher pour attaquer la roche.

Dans le fonçage montant, on n'est pas gêné par les eaux et il n'est plus question de pompes.

Conservation du vide créé. — Le vide créé par les puits ou par les galeries doit être conservé. Tel est le but du boisage d'abord, du blindage ensuite, du muraillement enfin. Ces trois modes de soutènement ne sont pas toujours distincts, et l'on trouve des combinaisons de fer et de bois ainsi que de fer et de maçonnerie.

Parfois les galeries ne sont pas boisées. Mais il faut craindre, au bout d'un certain temps, qu'il ne se produise quelques cassures. Il faut vérifier si des blocs ne sont pas prêts à tomber à la couronne des galeries. Certaines roches se gonflent au contact de l'air humide; dans d'autres, il se produit des décompositions de nature chimique. Il est bon, par conséquent, de surveiller d'aussi près les galeries qui ne sont pas boisées, que celles qui sont boisées, afin de faire en temps utile les réparations dans les unes comme dans les autres.

Boisage. — Toutes les essences de bois sont employées indistinctement pour le soutènement dans les mines; mais celle qui est en général préférée, celle qui résiste le plus longtemps à la décomposition, c'est le chêne. Après le chêne, on

emploie le pin du Nord, dit pin maritime. En Russie, l'administration préconise l'emploi du hêtre. Les bois tels que le charme, le bouleau, et même le châtaignier, sont plutôt à rejeter.

Les bois, de quelque nature qu'ils soient, ne doivent pas être employés sitôt qu'ils viennent d'être coupés ; ils cassent sous la pression des terrains. Il est bon de les laisser séjourner à l'air pendant une année avant de les couper, et de placer les dépôts de bois en un lieu où le vent sera prédominant afin d'achever le séchage.

Le boisage dans les galeries se pratique en posant un cadre tous les mètres, si le terrain est moyennement solide. En cas de terrain peu solide, les cadres seront distants de 50 centimètres.

Il faut mettre en rapport le diamètre des bois employés avec la nature des efforts qu'ils ont à subir. On fait alors une opération assez simple pour déterminer la section de résistance. On mesure avec une ficelle la circonférence du bois, puis on divise par quatre le chiffre trouvé, on élève au carré et, en prenant les $\frac{4}{5}$ du résultat, on obtient approximativement la section avec laquelle on fera le calcul de résistance.

Le cadre d'une galerie est formé de deux bois verticaux sur lesquels vient se placer un bois horizontal. Dans l'espace qui sépare chacun des cadres, on glisse derrière ces cadres, aussi bien sur les parois qu'au plafond de la galerie, une série de bois d'un petit diamètre et de faible longueur. Ces bois qui peuvent former un garnissage plus ou moins complet suivant le mode de résistance du terrain, s'opposent à la chute des pierres. On complète souvent ce garnissage soit avec des pierres plates, soit avec des débris de planches. Il est bon toutefois de ne pas faire un coffrage complet avec les planches, car le boisage ne pourra plus être appuyé aussi facilement contre le terrain et ne sera pas aussi solide.

Dans une galerie horizontale, les cadres de boisage sont verticaux. Dans une galerie inclinée, les cadres doivent être normaux à la pente de la galerie. De même, dans un montage très voisin de la verticale comme inclinaison, les cadres ne seront pas horizontaux, mais normaux à la ligne de plus grande pente du montage.

La première condition d'un bon boisage, c'est une adhérence parfaite au terrain. Les bois verticaux aussi bien que les bois horizontaux doivent être directement appliqués sur la roche.

La seconde condition à réaliser, c'est de bien

tailler les bois. Mais tout le monde n'est pas d'accord sur le mode de taille. Les uns se livrent à des entailles multiples rappelant un travail de charpentier. Les autres ne font faire aucune entaille, si ce n'est à l'extrémité des montants verticaux et serrent ces montants au marteau, la pression ultérieure des terrains ayant tendance à appuyer de plus en plus les bois les uns contre les autres.

En principe, il vaut mieux ne pas entailler le bois horizontal, car il tendra à se fendre plus vite au point où il a déjà été coupé.

Quelquefois le boisage d'une galerie est plus compliqué que ce qui vient d'être dit. Étant donné que les bois horizontaux sont ceux qui cassent le plus rapidement dans un cadre, on mettra transversalement un bois soutenu par deux jambes de force venant s'appuyer dans une entaille faite sur les montants verticaux. Au lieu de cette entaille qui peut provoquer une rupture du bois au point précis où elle a été faite, il vaut mieux supporter les jambes de force par des bois transversaux qui soutiennent à leur tour des bois verticaux.

Un tel boisage est déjà un travail de charpentier assez compliqué, et il ne faut pas faire d'un mineur un charpentier. On doit même exiger de

lui qu'il n'opère son boisage qu'avec la hache, jamais avec la scie.

Dans un puits, il faudra faire usage parfois de la scie.

Si le puits est carré, on n'emploie que la hache. Le boisage du puits carré est celui d'une galerie où l'on a mis au plafond et au sol des bois horizontaux. On serre comme dans une galerie les bois longitudinaux avec les bois transversaux. Entre chaque cadre, on met des bois verticaux qui maintiennent l'écartement et la rigidité des cadres. On cloue aussi d'autres bois qui sont assez longs pour réunir entre eux plusieurs cadres.

A la partie supérieure d'un puits boisé, là où ce puits traverse de la terre végétale, il est bon de faire un coffrage complet avec des planches jointives derrière les cadres de boisage. On évite ainsi les affouillements suivis d'éboulements qui peuvent se produire sous l'action des eaux de la surface.

Dans certains pays, on superpose les uns sur les autres des bois non équarris où une simple entaille a été faite dans le bois inférieur pour recevoir le bois supérieur. On forme de la sorte un revêtement jointif pour le puits.

Le boisage polygonal est plus compliqué.

Chaque bois qui constitue l'un des côtés du polygone est serré à l'une de ses extrémités contre le terrain et vient saisir le côté suivant par les deux oreilles de la gueule de loup qui a été pratiquée à son autre extrémité. Le joint est maintenu, en outre, par une clame en fer. On place également des bois verticaux entre les cadres et on relie par de longs bois plusieurs cadres successifs.

Blindage. — Le soutènement en fer se fait avec des poutrelles en double T qui pèsent 15 à 20 kilogrammes le mètre courant. Ces poutrelles se posent sur des montants en bois et en fer ou sur des piédroits en maçonnerie ; on les réunit par de petites tiges de fer sur lesquelles on fait un garnissage complet avec des cailloux. Ces tiges ont, en général, un crochet à chacune de leurs extrémités pour mieux se fixer sur les poutrelles. Elles durent indéfiniment, comme la galerie où elles sont placées, se contentant parfois de plier quelque peu sous la pression des terrains.

Pour opérer un revêtement complet en fer, il faut cintrer les armatures. On fabrique des cadres de deux ou trois pièces que l'on peut boulonner les uns sur les autres. La galerie présente alors une forme à peu près ogivale ; entre chaque cadre, il y a du garnissage.

Dans les puits, on emploiera des blindages métalliques formés de quatre segments de fer en U avec tirants porteurs également en U.

Sauf pour des mines de fer d'une certaine importance, on peut dire que le blindage ne se pratique pas communément dans les gîtes minéraux.

Muraillement. — Le muraillement se fait dans les parties de terrain peu résistantes que traversent les galeries, mais on ne l'opère que dans les galeries où le roulage doit avoir lieu pendant longtemps. Dans les puits de grande importance, c'est le mode de soutènement normal.

Le prix d'établissement du muraillement est trois fois supérieur à celui du boisage ; en revanche, tout entretien est supprimé.

Dans les galeries, on emploie comme matériaux les roches provenant de l'avancement des travaux ; on construit tout au moins ainsi les piédroits. Si l'on fait une voûte sur les piédroits, il vaut mieux faire usage de briques. Dans les puits, la brique est seule employée.

Les piédroits de la maçonnerie d'une galerie doivent avoir une certaine inclinaison, l'épaisseur étant plus forte à la base qu'à la tête. De la sorte, pour peu qu'il y ait une poussée latérale, le mur aura tendance à devenir complète-

ment vertical sans culbuter comme s'il avait été fait vertical. Il faut toujours avoir soin d'ailleurs de ne laisser aucun vide derrière la maçonnerie, car ce serait au détriment de la conservation de cette maçonnerie.

Dans les puits, la maçonnerie s'exécute par *retraites*, c'est-à-dire par tronçons verticaux, longs de 10 à 20 mètres. Quand l'un de ces tronçons a été terminé, on arrête le fonçage et on maçonne. A cet effet, on commence par placer une *roue* ; c'est un polygone formé de secteurs prismatiques en bois, hauts de 20 à 25 centimètres, longs de 50 à 60 centimètres et larges de 25 à 30 centimètres. La roue est serrée contre le terrain au moyen de coins en bois ; elle est placée bien horizontale à l'aide d'un niveau à bulle d'air et réglée suivant le plomb de centre du puits. On étage ensuite les tas de briques de la maçonnerie, en se guidant sur des ficelles tendues entre la dernière roue posée et celle de la retraite précédente. La régularité du diamètre est assurée par des *quarts de rond* ou arcs de cercle inscrits dans la circonférence du puits, qu'on présente sur la maçonnerie. Dès que la maçonnerie est parvenue sous la roue de la retraite précédente, on peut démonter cette roue et la conserver comme disponible pour la

retraite suivante. On ne coupe d'ailleurs qu'un fragment de cette roue et l'on disjoint les autres, un petit prisme appelé *rossignol* devant remplacer le fragment qui a été coupé.

Les ouvriers qui maçonnerent dans les puits sont placés sur des planchers volants qu'ils montent ou descendent à volonté. La sécurité exige que ces planchers soient toujours superposés au nombre de trois. On a imaginé aussi des planchers qui sont mobiles à l'aide d'un treuil et qu'on monte ou descend avec des câbles de suspension.

On peut, au lieu de briques, employer du béton pour faire le garnissage d'un puits. Ce béton sera constitué avec de gros fragments et non avec du sable fin, les cailloux devant passer à travers un tamis de 50 millimètres. Un tel revêtement peut être rapidement fait et tient bien, si les terrains ne sont pas sujets à trop de mouvements.

CHAPITRE III

—

MODE D'EXPLOITATION

Le puits étant creusé, le travers-bancs terminé et les galeries de préparation du gisement faites sur une assez grande longueur, il faut songer au mode d'exploitation. Les méthodes choisies seront différentes suivant qu'il s'agira de couches, de filons couches ou de filons. Elles différeront aussi, si les substances peuvent être exploitées à ciel ouvert.

Substances de peu de valeur. — Si l'on doit exploiter des matières de peu de valeur, on emploiera la méthode d'exploitation dite des *pilliers abandonnés*.

Cette méthode s'applique, quelle que soit l'épaisseur de la couche. On peut enlever, sur une grande hauteur, la substance utile et on laisse des massifs de protection qui constituent autant de déchet sur l'exploitation. Quelquefois on re-

prend quelques-uns de ces massifs, quand on revient sur ses pas avant d'abandonner le gisement. L'opération est plutôt téméraire et dangereuse.

Les quadrillages des piliers abandonnés peuvent être parfaitement réguliers. Il vaut mieux pourtant se guider, pour l'épaisseur des massifs de protection, sur les différences de résistance que peut présenter la roche aux divers points où on l'exploite. On perdra ainsi le minimum de matière utile.

En dehors de substances telles que les pierres de construction, le gypse, la craie, l'ardoise, on exploite ainsi le sel gemme et certains minerais de fer. Toutefois il est bon, pour les minerais de fer, de ne recourir à cette méthode plutôt rudimentaire que lorsqu'on y est entièrement contraint, étant données les quantités de substance utile qu'on est forcé d'abandonner.

Cas d'une couche. — Nous désignerons par couche un gîte d'une grande épaisseur, et rangerons avec les filons couches les gîtes minéraux en couche qui ont une faible épaisseur.

Une couche puissante se dépouillera, soit par tranches successives montantes, soit par tranches horizontales.

On aura avantage à procéder par tranches

montantes dans des gites où des parties stériles peuvent être mélangées à la substance utile suivant l'inclinaison de la couche. On trace chacune des tranches comme s'il s'agissait d'un gîte incliné ayant l'épaisseur de la tranche, et on exploite ensuite par tailles chassantes avec remblayage. Une galerie transversale de roulage réunit entre elles les diverses tranches à la base de l'exploitation. Quand les tranches sont contiguës, on les échelonne en escalier suivant la direction du gîte, celle du toit, par exemple, étant la plus avancée.

Si l'on dépouille le gîte par tranches horizontales, on pourra disposer les tranches en travers ou bien en long.

Quand les tranches sont prises en travers, on branche sur une voie de roulage placée au mur ou au toit de la couche, une série de chambres de dépilage ayant la hauteur de la tranche. Quand on dépouille le gîte suivant la longueur, on réalise des tailles chassantes, c'est-à-dire menées suivant la direction de la couche, tailles qui ont, comme largeur, toute la largeur du gîte et, comme hauteur, la hauteur d'une tranche. Dans l'un comme dans l'autre cas, on s'élève sur une tranche horizontale quand elle est dépouillée depuis quelque temps, et l'on forme

des escaliers non plus en direction comme pour les tranches inclinées, mais suivant la ligne de plus grande pente.

Cas d'un filon couche. — Si le gîte peut être exploité en une seule tranche, c'est-à-dire s'il a une épaisseur inférieure à 4 ou 5 mètres, on le prendra soit par tailles montantes, soit par tailles chassantes, c'est-à-dire par tailles dirigées suivant l'inclinaison de la couche dans le premier cas et suivant sa direction dans le second cas.

Les tailles montantes s'appliquent jusqu'à une inclinaison de 30 ou 35 degrés depuis une pente très voisine de l'horizontale.

Les tailles chassantes conviennent, au contraire, à toutes les inclinaisons et les méthodes d'exploitation que nous décrirons pour les filons sont, en somme, des méthodes par tailles chassantes.

Quand les gisements sont parfaitement horizontaux, on peut y faire la tache d'huile et s'étendre dans tous les sens à partir de la galerie de préparation aussi bien par tailles chassantes en prolongement de cette galerie que par tailles montantes, normalement à la direction de cette galerie. Cette méthode ne peut s'appliquer qu'à certaines couches de minerai de fer.

Cas d'un filon. — Un filon est voisin de la

verticale. La méthode appliquée est une méthode de tailles chassantes dite par gradins. Les gradins sont droits ou renversés.

La méthode des gradins renversés est la plus courante. Tantôt les gradins sont nettement marqués, ayant 2 mètres de hauteur et le double comme longueur pour permettre à chaque ouvrier de s'abriter contre la chute des déblais de son voisin ; tantôt les gradins sont presque entièrement effacés et ne présentent que des décrochements irréguliers. Ceci a lieu dans les terrains durs où la coupure d'un gradin nettement marqué serait trop longue et trop coûteuse. Les minerais tombent sur les remblais et, de là, sont dirigés sur la voie de roulage par des cheminées ménagées tous les deux ou trois gradins. D'autres fois, on remplace ces cheminées par un couloir régnant sur toute la longueur de la taille et ayant comme inclinaison la pente naturelle des terres de remblai. Un couloir analogue est réservé au milieu des remblais pour les produits de la taille supérieure, à moins qu'on n'ait installé quelque part une balance ou un plan incliné à chariot porteur (voir Chap. du *Transport*). La méthode est celle des tailles chassantes. Les particularités consistent uniquement dans le mode d'abatage et de descente des minerais.

Les gradins, au lieu d'être renversés, peuvent être droits. On pratique souterrainement ce qui est réalisé extérieurement dans les exploitations à ciel ouvert. Une complication existe. Il faut ménager au-dessus de chaque gradin un plancher sur lequel on pourra faire le triage du minerai et de ses gangues. L'abatage se conduit suivant la direction de la couche, c'est-à-dire par taille chassante comme dans le cas des gradins renversés.

Exploitation à ciel ouvert. — Quand un minerai affleure sous forme de couches horizontales et que ces couches se maintiennent sur un long espace voisin de la surface, c'est-à-dire à une profondeur qui n'excède pas 10 à 15 mètres, on l'exploite à ciel ouvert. Ainsi s'extraient les minerais alluvionnaires d'étain, d'or, de platine, de diamant, les ardoises, certaines couches de minerai de fer, les phosphates, les meulières, les pierres de construction.

Il faut distinguer deux cas, suivant que l'exploitation doit se faire à flanc de coteau ou qu'elle doit descendre en profondeur depuis la surface du sol. L'exploitation hydraulique des minerais d'or rentre dans la première catégorie d'exploitations à ciel ouvert. Nous examinerons brièvement chacun des cas.

Exploitation à ciel ouvert et à flanc de coteau. — Si le gisement à dépouiller se trouve à flanc de coteau, les difficultés sont réduites au minimum. Il s'agit uniquement alors de bien disposer les plans inclinés qui descendront le minerai et d'organiser les moyens de transport pour obtenir une grosse production.

On attaque le gîte par gradins successifs. Chaque gradin est desservi par son plan incliné. Il faut dépouiller plus activement les gradins supérieurs afin de ne réformer sur un gradin inférieur le plan incliné du gradin supérieur que lorsque ce gradin supérieur est entièrement terminé comme exploitation.

Comme moyens de roulage, on emploiera les plans inclinés dont la description sera faite au Chapitre *Transport*.

Exploitation hydraulique. — La méthode d'exploitation hydraulique est surtout appliquée à l'abatage des alluvions aurifères, mais elle convient aussi pour des alluvions d'autres métaux lourds tels que l'étain ou le platine.

Le principe de la méthode consiste à désintégrer la roche par un jet d'eau sous pression et à diriger les déblais vers des canaux où le métal qui y est contenu se dépose grâce à sa pesanteur. Pour appliquer avec fruit la méthode, il faut

non seulement avoir de l'eau sous pression, mais encore disposer d'une grande quantité d'eau. Avant de l'appliquer, on doit donc faire un jaugeage très sévère. Ce jaugeage se caractérise, en général, par des termes étrangers au système métrique, parce que la méthode a surtout été appliquée en Amérique.

L'unité est le *pouce de mineur*. Ce pouce est la quantité d'eau passant par un orifice d'un pouce carré et à travers une planche de deux pouces. Le pouce s'entend pour une période de 24 heures ; on considère pourtant quelquefois des pouces de 10 heures. Le pouce de 24 heures donne 30 872 litres d'eau. Son prix de revient ou son prix de location varient dans de très larges limites avec les pays et avec les conditions d'installation des réservoirs.

Pour amener l'eau dans de bonnes conditions sur les alluvions, il faut faire un levé de plan et un nivellement très exact de la région avoisinante. Ce levé donnera la puissance des terrains alluvionnaires d'abord, puis la pente dont on dispose pour amener l'eau avec une pression suffisante. On complète les travaux topographiques par une série de sondages indiquant où se trouve le pli synclinal, c'est-à-dire le point le plus bas de la couche qui supporte les alluvions.

Nous expliquerons plus loin quelle est l'importance de cette opération au point de vue de l'évacuation des déblais par un tunnel.

L'eau étant donnée à pied d'œuvre, il s'agit de savoir la quantité de matière que cette eau est capable d'enlever. Tout dépend de la pression, de la nature des sables, de la pente et de la largeur des canaux ou *sluices* qui emportent les sables.

Un facteur encore plus important est l'espace qui peut être disponible pour le dépôt des déblais. La force de l'eau est assez considérable, puisqu'on a des pressions variant de 45 à 125 mètres. Ces pressions ne sont même pas toujours suffisantes pour la désagrégation des alluvions et l'on prépare à l'avance l'abatage, par l'eau, des conglo-mérats à l'aide de coups de mine à la poudre. Étant données les forces mises en jeu, les déblais enlevés ont un cube important.

Pour évacuer ces produits, il faut donner aux sluices une grande pente. En raison de cette pente, on est souvent obligé de créer un tunnel pour passer à un niveau inférieur dans une autre vallée. Ce tunnel permet d'allonger d'autant les sluices où se produira le lavage ; on détermine la position de ce tunnel à l'aide de sondages qui renseignent sur le point le plus bas de la couche

sédimentaire placée sous les alluvions aurifères.

Un sluice a, en général, 90 à 180 centimètres de largeur, 60 à 90 centimètres de profondeur sur 3^m,60 de longueur. Il est fait de planches épaisses en bois et pavé de gros blocs de fer, de cailloux ou de bois dits *riffles*, où s'arrête l'or, d'autant plus qu'il y trouve du mercure.

La pente du sluice dépend de la nature des alluvions soumises au traitement. Le plus souvent, elle est de 180 millimètres. Il est bon de donner la plus grande pente possible afin de désagréger plus rapidement les graviers aurifères.

Quand la pente est très forte, on place un plus grand nombre de canaux latéraux, dits *undercurrents*, où les matériaux séjournent, la pente n'y étant plus aussi grande que dans les sluices. Là, peu à peu, les produits traversent une surface tamisante appelée *grissly*. C'est dans ces undercurrents comme à la tête de la ligne des sluices qu'on place le mercure amalgamateur.

La quantité de mercure introduite, les facilités d'amalgamation, les époques de nettoyage, les pertes de mercure, les pertes en or sont autant de données qui rentrent dans un sujet concernant la métallurgie de l'or et sortant, par conséquent,

du programme exclusivement minier que nous nous sommes tracé.

Exploitation à ciel ouvert avec excavation. — L'exploitation se fait en partant de la surface et en descendant progressivement dans le sol.

On fait d'abord le *découvert*, comme dans le cas des exploitations à flanc de coteau, et l'on a déjà ainsi des matériaux à remonter. Il n'en faut pas moins enlever sur une grande longueur la terre végétale qui recouvre le gisement afin de mettre à nu la plus grande quantité possible de substance minérale.

On descend ensuite par gradins dans le gîte. Les gradins seront parfaitement horizontaux et placés tous au même niveau de manière qu'on puisse y effectuer aisément le transport des produits. Ils communiqueront entre eux par des plans inclinés et l'on pourra appliquer les méthodes de disposition de ces plans inclinés qui seront indiquées au Chapitre du *Transport*.

Dans le cas des exploitations à flanc de coteau ou des exploitations hydrauliques, on devait uniquement prévoir l'emplacement des déblais. Dans ce cas particulier, on doit, en outre, songer à l'évacuation des eaux et aux moyens mécaniques

pour la remonte des produits. Nous allons examiner successivement ces trois questions.

Emplacement des déblais. — L'emplacement des déblais devra être choisi de manière à ne pas se trouver sur le prolongement d'un affleurement et à ne pas gêner l'exploitation future.

Il est bon de placer des stériles à peu de distance du front d'attaque afin d'éviter des frais additionnels de transport. Mais on ne peut pas toujours le faire, soit à cause du relief du terrain voisin, soit en raison des prix exigés par les propriétaires pour l'achat de leurs propriétés.

Dans le choix de l'emplacement des déblais, il y a lieu de tenir compte de la valeur des terrains à acheter et de la configuration topographique de ces terrains. Il est bon de profiter de l'existence d'une vallée, car on disposera d'une plus grande hauteur pour accumuler les stériles. En ce qui concerne les achats de terrain, il ne faut prendre ni trop ni trop peu d'espace. Si le terrain est trop petit, on devra gagner en hauteur ce qui manque en surface; les haldes seront constamment surélevées, car il ne sera pas toujours facile de s'étendre sur les champs voisins en payant le même prix, les exigences des propriétaires croissant avec le besoin qu'on a de

leurs terres. Si, au contraire, le terrain est trop grand, on grève d'autant le prix de revient.

Pour de petites exploitations, on peut quelquefois se dispenser d'acheter le terrain. On signe au propriétaire une occupation temporaire et on s'engage à lui rendre son champ nivelé et apte de nouveau à la culture après un ou deux labou-rages. Le nivellement sera d'autant plus aisé que l'emplacement des déblais aura été mieux choisi.

Pour les exploitations hydrauliques, les stériles emportés par les eaux viennent s'accumuler dans les vallées et les comblent bien souvent. On peut ainsi causer de grands dommages aux propriétés cultivées. Il n'est pas bon, d'autre part, de troubler le régime des eaux. A ce point de vue, on aura soin d'établir au-dessus des cours d'eau des caniveaux en maçonnerie sous lesquels l'eau coulera et sur lesquels se placeront les stériles, comme on le fait dans les grandes exploitations à ciel ouvert qui doivent combler entièrement les vallées.

Évacuation des eaux. — Pour réaliser le meilleur mode d'écoulement des eaux, on s'ar-range de manière à attaquer le gisement par le point le plus bas. Les gradins successifs se dévelop-pent alors en montant et sont toujours bien à sec. Si la couche forme un pli synclinal, c'est

au fond du pli qu'on attaque. Cette précaution doit surtout être prise dans le cas d'une exploitation hydraulique, ainsi que nous l'avons dit.

Au point le plus bas de l'exploitation où se réunissent toutes les eaux, on installe un moyen d'épuisement quelconque, pompe ou pulsomètre. Ce qui vaut mieux encore, toutes les fois que la chose est possible, c'est de faire un tunnel qui servira de galerie d'écoulement des eaux vers une autre vallée.

Après avoir effectué l'aménagement des eaux qui viennent en profondeur dans l'exploitation, il faut songer à lutter contre l'invasion des eaux de la surface. Ces eaux peuvent s'infiltrer à travers les *découverts*. Bien qu'on donne à ceux-ci, quand ils ont une grande hauteur, une pente d'égal équilibre variant entre 30 et 40°, suivant leur nature de cohésion, on peut craindre des éboulis qui amènent des accidents de personnes, si l'eau n'est pas méthodiquement et constamment drainée par des caniveaux réservés le long des talus.

Remonte des produits. — La remonte des produits se fait sur des plans inclinés à la tête desquels se trouvent des moteurs à vapeur, à air comprimé ou à fonctionnement électrique. Les moteurs sont les mêmes que ceux qui seront

décrits au Chapitre *Remonte du minerai* et l'installation identique à celle des exploitations souterraines.

Dans certaines exploitations où les produits sont remontés d'une très grande profondeur et où l'escarpement des couches ne permettrait pas l'établissement d'un plan incliné; on fait usage d'un dispositif rappelant le transport par câble aérien.

Le dispositif comporte deux câbles : l'un sert de guide à l'engin d'extraction, l'autre est réservé à la traction. Suivant les besoins, le câble-guide est amarré en divers points du fond de la carrière, afin de remonter les produits de ces différents points. On règle la tension de ce câble-guide au moyen d'un treuil placé en haut de la carrière, tandis qu'un autre treuil tire sur le câble de traction et manœuvre le panier qui porte les matériaux d'extraction.

On peut aussi installer des grues à vapeur, ainsi que cela se pratique fréquemment dans les carrières d'Amérique.

Quand on descend une exploitation à très grande profondeur, la remonte des produits devient de plus en plus difficile, quelquefois même impossible. On aura la ressource d'installer en guise de relai des étages intermédiaires

analogues à ceux qu'on crée dans les exploitations souterraines. Toutefois on ne peut pas descendre à une profondeur indéfinie et, au-delà d'une certaine limite, l'exploitation à ciel ouvert doit céder le pas à l'exploitation souterraine.

Profondeur limite des exploitations à ciel ouvert. — Il existe, il est vrai, de nombreux exemples d'exploitations à ciel ouvert qui sont parvenues à de grandes profondeurs.

Les mines de fer de Mokta-el-Hadid sont descendues à 60 mètres de profondeur au moyen de gradins avec banquettes très larges. Les mines de pyrite de Rio-Tinto ont quatre gradins, le premier de 12 mètres, le second de 13 mètres, le troisième de 10 mètres, le dernier de 35 mètres, ce qui donne une profondeur totale de 70 mètres. Aux mines de diamant du Cap, on est descendu à 90 et 120 mètres, la remonte des produits se faisant par câbles aériens.

Dans des gîtes de minerai de fer en grains de la Haute-Marne, on a fait des découverts jusqu'à 50 mètres. Des minerais de fer à Nordmark, en Suède, ont été exploités en carrière jusqu'à 120 mètres. A Dannemora, en Suède également, on est descendu à 135 mètres. Enfin, il faut citer les gisements de soufre du Popocatepelt au Mexique, où les ouvriers s'attachent à des câbles

pour venir attaquer le gîte à 80 mètres de profondeur, au-dessus d'un abîme de 350 mètres.

Quelque nombreuses que soient les carrières à grande profondeur, il est bon de ne pas dépasser une limite de profondeur, et cette limite peut s'exprimer par l'équation suivante :

Soient :

i , l'inclinaison du gîte sur le plan horizontal,
 a , les frais d'exploitation du gîte à découvert par mètre cube,

a' , les frais d'exploitation souterraine par mètre cube,

a'' , les frais du découvert de la carrière,

f , le prix du terrain au mètre carré,

la limite h sera

$$h = \frac{e}{\cos i} \frac{a' - a}{a''} - \frac{af}{a''}.$$

CHAPITRE IV

—

ABATAGE DU MINÉRAI

Classification des terrains. — Avant de choisir un mode d'abatage de la substance utile, il faut connaître non seulement la dureté de cette substance, mais encore celle des *gangues* ou des terrains encaissants qui l'accompagnent.

Les terrains sédimentaires peuvent se classer suivant cinq types qui sont les suivants :

1° Terrains ébouleux ou désagrégés. Ce sont les sables, les alluvions de l'époque moderne ou ancienne.

2° Terrains tendres. Ce sera la variété de carbonate de chaux qu'on appelle craie.

3° Terrains moyennement durs. A cette classe appartiennent certains calcaires, les schistes, le gypse.

4° Roches dures. Ce sont les porphyres, les

grès, la barytine, le minéral de fer, quelques sulfures métalliques.

5° Roches très dures, représentées par les granites, les quartz, les filons quartzeux.

Les exploitations métallifères n'ont le plus souvent à compter que sur les deux dernières classes de roches.

Travail au chantier. — Le travail au chantier sera un travail de traçage, ou un travail de dépilage.

Le traçage comprend uniquement l'ouverture d'une galerie menée dans le gîte, soit en direction, soit selon une ligne de plus grande pente. Le dépilage, au contraire, dépouillera le gîte suivant une certaine largeur à partir d'une galerie déjà ouverte ou entre deux galeries tracées simultanément.

L'ouverture de la galerie se fait à la main sans explosifs ou bien à la machine et à la main avec l'aide des explosifs. Nous décrirons plus loin les divers outils employés.

Si l'on fait usage de trous de mine, on place, au centre de la galerie, deux ou trois trous convergents que l'on fera sauter simultanément et qui formeront le four autour duquel on place une ou deux couronnes d'autres trous de mine en nombre variable suivant la dureté des ter-

rains. On fera sauter d'abord les trous de la tête de la galerie et enfin ceux du sol.

Les trous de mine ne doivent pas être indéfiniment profonds, surtout s'ils sont inclinés, car une ligne normale à leur extrémité ne viendrait pas recouper le front de taille. Si on fait des mines successives très inclinées, on ne leur donne pas plus de 40 à 60 centimètres de longueur. Si on opère par longues mines parallèles à l'axe de la galerie, on peut leur donner 1^m,50 et même 2 mètres à condition toutefois que la roche ne soit pas extra dure.

Pour dépiler, on emploiera quelquefois aussi l'explosif, mais la nécessité n'en sera pas toujours aussi grande, car le terrain se trouve abattu sur une plus grande longueur. L'explosif produira d'autant mieux son effet qu'on aura dégagé autant que possible avec les outils à main une certaine partie de terrain, au toit ou au mur de la couche.

Ce qu'il faut soigner dans les dépilages, c'est le boisage. Si le filon est voisin de la verticale, ce boisage permet en même temps aux ouvriers de s'y placer sur des planches pour mieux travailler. Si le filon couche est voisin de l'horizontale, le boisage remplace partiellement les remblais, quand ceux-ci font défaut. Voici com-

ment. On élève de place en place des piles de bois qui font l'office des murs en cailloux et soutiennent le toit de la couche d'une manière suffisante pour éviter tout éboulement.

Dans les dépilages enfin, il faut faire le triage du minerai abattu. Les planches que l'on place dans les gradins droits ou renversés des filons sont appropriées à ce but. Si le gîte est moins incliné, on fixera verticalement sur les bois des planches au devant desquelles on gardera le minerai et derrière lesquelles on rejettera le stérile. Il est bon de soigner le plus qu'on pourra les moyens appropriés à un triage soigné de la substance abattue.

Abatage à la main sans explosifs. — Les outils qui servent à l'ouvrier pour l'abatage du minerai sans l'aide des explosifs sont : le pic, la pioche, la pelle, le coin en fer, le marteau, la pince de terrassier.

Le pic n'a qu'une pointe ; il est légèrement cintré et fait d'un métal résistant, acier de bonne qualité, qu'on peut tremper à nouveau dès qu'on a forgé la pointe émoussée. Dans les terrains durs des filons, le pic doit avoir un poids de 2 ou 3 kilogrammes.

La pioche est souvent préférée dans certaines régions. Son poids est plus élevé : 5 kilogrammes

et c'est en raison de ce poids que l'ouvrier peut exercer un plus grand effort sur la roche. Mais le maniement de cet outil n'est pas toujours facile, surtout près de la couronne d'une galerie où le manque de hauteur ne permet plus de prendre un élan suffisant pour l'abatage du minerai.

La pelle sera de section semi-circulaire ou bien rectangulaire. Son manche est court pour qu'elle soit maniable, si c'est nécessaire, dans des chantiers d'une faible hauteur. Elle pèse 2 kilogrammes à 3^{kg},500.

Les coins sont de deux sortes : coins carrés ou plats coins. En enfonçant un plat coin à coups de marteau entre deux autres on écarte ceux-ci et la roche se fendille; on réalise l'aiguille infernale dont l'effet est plus grand que celui d'un seul coin. On peut ainsi opérer l'abatage d'une roche sans la briser ni la fissurer comme avec l'emploi des explosifs.

Le brise-roches et le coin Levet reposent sur le même principe. Ce principe consiste à faire glisser le long d'une tige un poids d'une certaine intensité. Si le poids est lancé en avant, il entraîne un fleuret dont l'effort pénétrant est augmenté par la force vive du poids lancé. Avec un ou deux ouvriers placés sur des manches

de manœuvre, on obtient une désintégration mécanique et progressive des roches qui remplace parfois l'emploi des coups de mine dans certaines roches. On évite ainsi non seulement de casser, mais même d'ébranler ces roches par la violence des coups de mine.

La pince de terrassier sert à soulever les gros blocs et aide à enlever ces blocs, quand ils ont été préalablement détachés. C'est un levier en fer de grande longueur qui est terminé par une pointe venant se placer sous la masse à soulever et l'effort est d'autant plus grand que la longueur du levier est plus considérable.

Abatage à la main avec explosifs. — Les outils employés sont la masse et le fleuret.

La masse est plus ou moins lourde suivant que le travail de forage des mines s'opère avec un ou deux ouvriers, ainsi qu'il va être dit. Le poids varie entre 2 et 3 kilogrammes dans le premier cas et entre 4 et 5 kilogrammes dans l'autre cas.

Les fleurets se font en acier résistant; leur section est non pas ronde, mais polygonale. Leur extrémité est munie d'un tranchant de forme variable, mais toujours d'un diamètre plus grand que la tige, afin que cette tige puisse tourner aisément dans le trou de mine. On

emploie le plus souvent pour le tranchant une forme triangulaire avec facettes symétriques par rapport à l'axe pour permettre une rotation rapide et un dégagement facile des poussières. On donne aussi des formes en Z, ou des formes en bonnet d'évêque, rappelant le classique casse-tête.

La longueur des fleurets varie de 40 centimètres à 2 mètres. Leur diamètre est de 25 à 30 millimètres. Chaque ouvrier a toujours à sa disposition une certaine quantité de fleurets du même type qu'il emploie successivement.

Le travail de forage se conduit ainsi. A mesure que le choc est donné avec la masse, l'ouvrier tourne le fleuret; il a soin de verser, à courts intervalles, un peu d'eau pour délayer les poussières qui peuvent coincer l'outil au fond du trou et l'empêcher d'attaquer le terrain. Cela refroidit en même temps l'outil qui a moins de tendance à se détremper.

Le travail se fait à un ou à deux hommes. S'il n'y a qu'un homme, la masse est moins lourde et les mines forcées moins profondes. L'ouvrier frappe de la main droite et tourne le fleuret de la main gauche. C'est assez fatigant. Certains ouvriers excellent pourtant à forer ainsi des trous de mine dans des terrains très durs. Si le travail est fait avec deux ouvriers, l'un d'eux

tourne avec les deux mains le fleuret, tandis que l'autre frappe à la volée et des deux mains avec une masse lourde comme le fait l'aide-forgeron.

La différence d'avancement est la suivante dans l'un et dans l'autre cas :

Désignation	Terrain tendre	Terrain moyennement dur	Terrain dur
	par heure	centim.	centim.
Travail à un homme .	1 ^m ,20 à 2 ^m	50 à 60	12 à 25
Travail à deux hommes.	1 ^m ,50 à 2 ^m ,30	65 à 70	18 à 35

Quand le travail est fait avec deux ouvriers, les trous de mine peuvent être poussés à une plus grande profondeur et l'effet des explosifs sera d'autant meilleur.

Abatage à la machine sans explosifs. — Étant donnée la nature des terrains, qui est toujours assez dure dans les mines métalliques, il n'y a pas lieu d'employer des machines telles que les haveuses qui servent parfois pour l'abatage de minerais de fer tendre. On n'utilise pas non plus les bosseyeuses qui servent à faire certains travers-bancs dans les charbonnages. Il n'y a donc lieu de citer que quelques machines adoptées dans les carrières et de parler des dragues ou des excavateurs servant exclusive-

ment à l'exploitation des alluvions aurifères.

Les machines dites trancheuses sont d'un emploi assez général dans les carrières en Amérique. Elles portent un outil formé de plusieurs lames d'acier juxtaposées et traçant dans la pierre un sillon longitudinal jusqu'à une certaine profondeur. La machine se meut sur des rails le long du front de taille. Elle est actionnée par la vapeur ou par l'air comprimé.

La scie diamantée est appliquée plutôt en Europe, pour l'exploitation des carrières, quand il s'agit de faire des entailles à travers des substances très dures, qu'on ne veut ni ébranler, ni détériorer par l'emploi d'explosifs brisants comme la dynamite qui, seule, produirait un effet de rupture dans ces substances.

Pour scier des roches moins dures, on fait usage du fil hélicoïdal qui n'est autre chose qu'un petit câble constitué par la torsion de trois fils d'acier dur. C'est un câble sans fin auquel on donne un développement de 150 ou 200 mètres afin de réduire l'échauffement et l'usure. Il est soutenu par une série de poulies, dont l'une est motrice. Il se trouve ainsi animé d'un mouvement de translation et produit le sciage de la roche grâce au sable quartzéux qu'on introduit constamment avec de l'eau dans la fente.

Pour les alluvions aurifères, on emploie les excavateurs ou les dragues. Les excavateurs travaillent parfois sur des terrains préalablement remaniés par des explosifs, quand ces terrains sont d'une certaine dureté. Les dragues prennent les sables au fond des rivières. Ce sont, comme les excavateurs, des appareils avec chaîne à godets de tous points comparables à ceux dont on fait usage dans les travaux publics. On a renoncé au système de dragues type Priestman avec bennes à portes mobiles s'ouvrant pour prendre les sables et se fermant pour les remonter.

Abatage à la machine avec explosifs. — Les trous de mine sont forés à la machine au lieu d'être faits à la main. A cet effet, on emploie soit la perforatrice à main, soit la perforatrice mécanique. L'un et l'autre des systèmes présente ses avantages et ses inconvénients.

Avec la perforation mécanique, la consommation des explosifs est plus élevée. On perce les trous tous en ligne droite, sans tenir compte des stratifications. Il faut de grandes quantités d'explosifs pour arracher le terrain, surtout celui du centre ou du *four* de la galerie.

Avec la perforatrice à main, on fore chaque mine l'une après l'autre et on ne fait pas partir

une nouvelle charge sans s'être rendu compte de ce qu'a donné la précédente ou du cube de terrain restant à enlever suivant les effets produits par cette charge. On dispose les mines normalement aux stratifications. On profite de cassures transversales à la stratification ; on tire un moins grand nombre de coups de mine, neuf au maximum. En revanche, l'avancement est plus lent.

A la perforation mécanique, l'avancement sera trois fois plus grand que celui obtenu avec une perforatrice à main. Si le travail est organisé à trois postes, chacun des postes devant, pendant ses huit heures de présence au chantier, forer des trous de mine au nombre de quinze par exemple, faire sauter les mines et charger les déblais, on peut effectuer dans une galerie 2 ou 3 mètres d'avancement par jour, suivant la dureté des terrains.

CHAPITRE V

PERFORATRICES DE MINE

Perforatrices à main. — Les perforatrices à main sont presque toutes à mouvement rotatif. On connaît toutefois une application de mouvement à percussion, de sorte que les types très nombreux de perforatrices qui ont été imaginés peuvent rentrer dans la classification suivante :

- | | | | | |
|--|---|-----------------------|---|--|
| 1 ^o Perforatrices rotatives | } | à avancement fixe | } | variable à la main
variable automatiquement |
| | | à avancement variable | | |
| 2 ^o Perforatrices à percussion. | | à diamants | | |

Dans cette classification, le premier et le dernier terme sont peu employés, et il n'y a que pour les perforatrices rotatives à la main ou à avancement variable automatiquement qu'on ait imaginé un très grand nombre d'appareils divers.

Perforatrices à main sans affût. — La perforatrice rotative à avancement fixe est la tarière ou vrille qu'on emploie dans des roches tendres telles que les gypses, les marnes, les argiles. Cette tarière est souvent munie d'un cliquet.

L'avancement peut être commandé par un effort de l'ouvrier exactement comme dans le vilebrequin. Le poids du corps agit suivant l'axe du fleuret et on donne à ce dernier le mouvement de rotation continu au moyen d'un volant à manivelle tournant dans un plan vertical parallèle à l'axe du fleuret et commandant le mouvement du fleuret par une transmission à deux pignons d'angle.

Mais ces outils sont très fatigants pour l'ouvrier et on préfère employer des perforatrices à mouvement différentiel qui seront, soit posées sur un bois dans la mine, soit montées sur un affût. Le mouvement différentiel est obtenu par des dispositifs simples et variables avec chaque appareil, de telle manière que le fleuret travaille par rodage et sans avancer, quand la résistance de la roche devient trop forte.

Les perforatrices les plus simples et les plus légères à mouvement différentiel à l'aide d'un cliquet, se composent d'un tube, à l'intérieur duquel se meut la vis du porte-outil et dont

l'extrémité est munie d'une pointe pouvant s'appliquer sur un bois de la galerie ou du chantier où fonctionne l'outil.

A cette classe appartiennent le ture perforateur Bornet, la perforatrice Guillat, les perforatrices genre Ratchet, la Ratchet Stayner, la Ratchet à écrou Elliot et Stayner, la perforatrice avec cliquet régulateur Thomas.

Perforatrices à main avec affût. — Le plus souvent les perforatrices sont montées sur affût. L'affût se compose de deux montants en fers profilés ou en tubes, tenus à une de leurs extrémités par une sorte de socle à pointes ou à griffes qui se place contre le terrain et aux autres extrémités par un chapeau formant écrou dans lequel tourne une vis à pointe ou à couronne dentée servant à coincer l'appareil contre le terrain. Des encoches placées à différentes hauteurs permettent de suspendre la perforatrice sur l'affût au point jugé convenable.

Certains de ces affûts ont une longueur extensible.

Une autre forme d'affût qui sert, soit dans les puits, soit dans une exploitation à ciel ouvert, est un trépied qu'on fixe solidement à l'aide de contre-poids. Le trépied porte un joint à genouillère de sorte qu'on peut incliner la perfo-

ratrice dans tous les sens pour percer le trou de mine au point voulu.

Parmi les perforatrices à affût, l'ancien appareil anglais dit « le Conquérant » est à avancement fixe. La vis de l'outil est manœuvrée par un cliquet ordinaire à manche coudé pour faire manivelle. Les deux extrémités de la vis servent alternativement de porte-outil ou de porte-manivelle cliquet, de sorte que l'appareil est réversible. Cet appareil ne fonctionnera que dans des roches bien homogènes.

La perforatrice Berthet est aussi une perforatrice à avancement fixe qui rendra des services à condition que le pas de la vis soit approprié à la dureté du terrain.

L'une des premières perforatrices à avancement variable à la main qui ait été imaginée est la perforatrice Lisbet. Elle se compose d'une vis actionnée par un cliquet. A l'arrière de cette vis est un manchon d'embrayage avec la roue à rochet du cliquet. Par un petit mouvement du cliquet dans le sens de l'axe de la vis vers le terrain, on embraye. Si le terrain résiste, l'affût fléchit un peu, et il arrive un moment où l'ouvrier ne peut plus tourner le cliquet. Alors il désembraye en tirant en arrière le cliquet et sa roue à rochet. L'outil ne travaille plus que

par rodage. Quand l'ouvrier ne sent plus de résistance, il embraie de nouveau.

Comme autres perforatrices à avancement variable à la main, il faut citer les appareils Thomas, Elliot, A. et J. François et le type mines de Lens.

Le type de perforatrice à avancement variable automatique est la perforatrice Cantin, système Bornet. Celle-ci fonctionne au moyen de ressorts Belleville. L'outil agit comme toujours par rotation sur la roche et avance chaque fois d'un pas de vis. Si la roche devient trop dure, l'outil, continuant à tourner, serre énergiquement par le moyen de son écrou sur la vis. Cette vis recule légèrement et proportionnellement à la pression, en aplatissant les ressorts. Les ressorts ne cessent de rendre l'énergie emmagasinée en pressant la mèche contre le terrain et, celui-ci se creusant par rodage, la pression diminue, les ressorts se détendent et, la petite manivelle de la vis reprenant contact avec le verrou, l'avancement redevient normal ; il peut être même plus grand que la longueur du pas par tour sous l'influence de la pression rendue par les ressorts.

La perforatrice Cantin n'est pas réversible. Au contraire, la « Charbonnière » qui est de plus petites dimensions et beaucoup plus légère, peut

être retournée bout pour bout. Le « Jubilé » est aussi une perforatrice basée sur le même principe que la Cantin et imaginée par le même constructeur. Comme la Charbonnière, elle est réversible.

Perforatrices à diamants. — La perforatrice à diamants est basée sur la même idée qui préside au sondage à l'aide d'une couronne de diamants. La difficulté du sertissage des couronnes de diamant est la même, et c'est elle qui a souvent empêché de généraliser jusqu'ici l'emploi de tels appareils.

Une perforatrice à diamants se compose d'une couronne métallique dans laquelle sont sertis 6 ou 8 diamants disposés en quinconce ; quelques diamants sont aussi placés sur les côtés de la couronne. De l'eau est injectée à l'intérieur du porte-couronne afin de maintenir le fond du trou à l'état parfaitement propre.

Dans la perforatrice Taverdon, le sertissage consiste à métalliser les diamants dans un bain galvanique et à les souder ensuite à la masse métallique de la couronne.

On préfère aujourd'hui sertir les diamants comme on le fait pour les appareils de sondage, c'est-à-dire les mater dans un logement préparé à l'avance sur le métal de la couronne.

M. Fromholt sertit ainsi les diamants. Il emploie deux catégories de diamants :

1° des diamants cristallisés de faible valeur pour des roches tendres.

2° des carbones ou diamants noirs pour les roches très dures.

Les premiers sont sertis sur de petites tiges cylindriques qu'on met ensuite dans des logements convenables de la couronne. On les soude à l'étain et on assure de plus leur position avec un rivet. Les diamants noirs, au contraire, sont fixés par un léger matage dans un logement préparé dans du fer doux, puis ils sont sertis définitivement par une presse hydraulique. Avec une lime ou une fraise, on régularise ensuite la couronne.

Comme perforatrice à diamants, on n'emploie guère que la perforatrice Bullock-Sullivan. C'est un appareil à avancement variable automatique. Le mouvement est transmis par deux pignons d'angle à un axe secondaire parallèle à celui de l'outil ; ces pignons sont reliés ensemble par deux groupes d'engrenages, un à chaque extrémité de l'axe secondaire. Le premier met en marche une vis différentielle qui donne l'avancement ; il n'est fixé que par un ressort comprimé dans une gaine, qui appuie l'une contre

l'autre deux rondelles de cuir. Tant qu'une certaine pression n'est pas atteinte, ces rondelles s'entraînent et le système est solidaire ; dès qu'on franchit la pression limite, les rondelles glissent l'une sur l'autre, et c'est l'autre système d'engrenage, fou jusqu'alors, qui donne la rotation, mais sans avancement.

Perforatrices à main à percussion. — Le principe de ces appareils est le suivant. Au moyen de manivelles, on comprime un ressort métallique ou à air et la détente de ce ressort chasse l'outil au fond du trou.

L'une des plus connues parmi les perforatrices de ce genre est la perforatrice Jordan. On peut citer aussi la perforatrice Macdermott. Ce sont des appareils très lourds en général et par suite peu maniables. Leur emploi est très restreint.

Perforatrices mécaniques. — Les perforatrices mécaniques sont à mouvement rotatif ou percutant. Les divers types de ces perforatrices peuvent se classer comme il suit :

- | | | | |
|--|-----------------------|------------------------|------------------------|
| 1 ^o Perforatrices | } à mèche d'acier | } avec injection d'eau | |
| rotatives | | | } sans injection d'eau |
| | } à diamants | | |
| 2 ^o Perforatrices percutantes | | } à air comprimé | |
| | } à eau sous pression | | |
| | | | électriques |

Perforatrices rotatives. — Les perforatrices mécaniques rotatives à mèche d'acier dérivent du même principe que les perforatrices à main du même modèle. Comme celles-ci, elles seront à avancement variable à la main ou à avancement variable automatique. Étant donnée la rapidité plus grande du travail mécanique, on injecte souvent de l'eau pour enlever les poussières produites et pour refroidir en même temps l'outil.

La perforatrice François marche à l'air comprimé; elle est conçue sur le même principe que la perforatrice à main du même type. Une vis à main est placée sur la machine de façon que, si le terrain est assez tendre, chaque tour de la vis fait avancer l'outil d'un pas de la vis. Sinon, le desserrage de la vis à main fait que, l'érou constitué par les deux coussinets dans leur boîte pouvant tourner avec la vis sous l'influence de sa pression, la vis et, par suite, l'outil n'avancent dans le terrain que proportionnellement à sa dureté et suivant qu'on a réglé le serrage pour permettre à la vis de se mouvoir plus ou moins vite.

Une idée assez naturelle était d'appliquer à ces perforatrices un mouvement de commande électrique. C'est ce qu'a fait la Jeffrey Manufac-

turing Company de Columbus (Ohio) et la Société d'électricité de Nürnberg (Allemagne). La première machine est très légère et peut se transporter aisément en pays de montagne; malheureusement, elle ne doit traverser que des terrains d'une moyenne dureté. Elle est à avancement fixe ou variable à la main à l'aide d'un ceinturon de frottement qui serre ou non la vis de l'outil. Quant à l'autre machine, elle ne semble pas d'un emploi bien généralisé encore.

Les perforatrices mécaniques rotatives à avancement variable automatiquement seront d'un meilleur emploi.

Une perforatrice de ce système est la perforatrice Colin et Daubiné. Celle-ci fonctionne au moyen d'un frein qui régularisera la vitesse d'avancement suivant la dureté de la matière à traverser. Le retour du foret est des plus rapides en renversant le sens de la rotation et en agissant également sur le frein. Cette machine peut d'ailleurs être disposée avec des taillants en forme de fraise qui permettront de faire un havage dans certaines couches tendres de minéral de fer. Enfin on opérera une injection d'eau automatique et proportionnelle à la dureté des roches traversées.

La perforatrice rotative Bornet est aussi à

injection d'eau. Elle s'appelle « Cantin renforcée » et dérive du même principe que la machine à main que nous avons décrite. L'avantage de l'injection d'eau est d'obtenir une vitesse de forage plus grande, une usure moins grande de l'acier des outils et enfin la suppression des poussières pour les ouvriers.

On peut employer aussi la perforatrice rotative électrique de Siemens et Halske. Dans cette machine, le mouvement différentiel de l'érou est obtenu au moyen d'un arbre latéral portant deux engrenages. L'érou tourne plus vite que la vis grâce à la disposition de ces engrenages. Le retour de l'outil se fait en immobilisant l'érou ; à cet effet, on pousse une poignée dans le sens de l'avancement et on embraille ainsi l'érou sur une partie fixe du bâti de la perforatrice.

L'application d'un moteur aux perforatrices à diamants et à main que nous avons décrites auparavant est aisée. Les perforatrices Bullock avec addition d'un moteur du genre électrique, donnent une vitesse d'avancement de tous points comparable à celle des appareils de sondage au diamant qui sont basés sur le même principe d'attaque du terrain et que nous avons cités au chapitre *Définition du gîte*.

Quoi qu'il en soit, les perforatrices rotatives ne s'attaquent qu'à des roches moyennement dures. Elles donnent, il est vrai, une économie de 20 % sur les perforatrices percutantes. On ne pourrait généraliser leur adoption qu'en employant des qualités d'acier de plus en plus dures. Dans leur application pratique, il y a une limite de vitesse pour le nombre des tours de rotation (400 au maximum) et les meilleurs effets en roche dure ne pourront être obtenus qu'avec les appareils à diamants, à condition toutefois que les terrains soient bien homogènes, sans quoi on s'expose à perdre des diamants.

Perforatrices percutantes. — La perforation mécanique à percussion réalise les mêmes mouvements qu'exécute l'ouvrier, quand il frappe du marteau sur un fleuret. C'est d'abord un va-et-vient, c'est ensuite la rotation pendant la période de recul. Un dernier dispositif facilite la manœuvre des fleurets. Il faut, en effet, pouvoir appliquer l'outil exactement contre la roche à entamer ou bien le faire reculer de toute sa longueur pour lui substituer un fleuret de plus grande dimension.

On a des fleurets de longueur décroissante depuis 2 mètres jusqu'à 40 centimètres. On frappe avec celui de 40, puis avec un autre de 60 à 70, ainsi

de suite, jusqu'à obtenir la longueur de trou désirée. Dans les terrains très durs, ces fleurets s'usent vite. On les retaille à la forge et on les trempe à nouveau. Cette opération diminue chaque fois la longueur des outils, de sorte qu'on aura parfois très rapidement un nombre considérable de fleurets courts.

Les perforatrices mécaniques percutantes sont surtout mues à l'air comprimé. Nous décrirons avec certains détails deux types qui sont assez universellement employés, la perforatrice Dubois et François, la perforatrice Burton et nous passerons plus rapidement sur les autres machines qui ont été imaginées, car leur principe et leur mode de fonctionnement sont les mêmes.

Perforatrice Dubois et François. — La perforatrice Dubois et François se compose d'un piston qui se meut dans un cylindre en fonte et qui porte le fleuret. Ce piston est actionné par l'air comprimé au moyen d'un tiroir de distribution présentant une disposition assez spéciale.

Le tiroir est formé de deux pistons d'inégal diamètre. Le premier, qui reçoit directement l'effort de l'air comprimé, est le plus petit; l'autre est percé d'un conduit capillaire. Ce conduit fait communiquer la chambre de distri-

bution avec une capacité formée par une soupape où se fera l'échappement.

Le piston étant refoulé au fond du cylindre, on admet l'air comprimé. Le tiroir est poussé en avant, et l'air comprimé venant derrière la face postérieure du piston fait avancer ce piston ; mais, dès que le mouvement s'est produit, l'air comprimé s'échappe par le conduit capillaire. Un équilibre de pression s'établit sur les deux faces du grand piston du tiroir. Le petit piston seul, actionné par la pression, revient en arrière, et l'admission se fait de l'autre côté du piston porte-fleuret. En même temps, la soupape qui fermait la chambre d'équilibre de pression est soulevée, et l'air comprimé s'échappe. On se trouve de nouveau dans les conditions du début, et le fleuret pourra une seconde fois être projeté violemment contre la roche.

Le mouvement est tel qu'il y a projection brusque du fleuret au fond du trou de mine et retour plus lent de ce fleuret. La chose est obtenue par la différence des surfaces. Le piston est à dessein choisi de grand diamètre, de sorte que l'air comprimé ne peut le ramener que lentement en arrière. Dans le mouvement en avant, l'effort moteur résulte d'une poussée sur une surface annulaire, formée par la diffé-

rence entre le diamètre du piston et le diamètre de la tige, diamètre qui est assez grand.

Le mouvement de rotation du fleuret est aussi obtenu mécaniquement. A cet effet, se trouvent sur le porte-outil deux rainures, l'une rectiligne, l'autre hélicoïdale. L'extrémité du bâti porte deux bagues à rochet ne pouvant tourner que dans un sens ; chacune d'elles, ayant un ergot engagé dans la rainure hélicoïdale tourne d'une certaine quantité, l'autre étant immobile. Dans le mouvement de recul, la première bague, ne pouvant tourner en sens contraire à cause du cliquet, reste fixe et le porte-outil est obligé de tourner, entraînant avec lui la bague dont l'ergot est engagé dans la rainure rectiligne.

Le troisième mouvement de l'outil est obtenu à la main. L'avancement du fleuret est réalisé au moyen d'une vis qui entraîne un écrou fixé au-dessous du cylindre et qu'un ouvrier avance progressivement à l'aide d'une manivelle agissant sur deux roues d'angle. Il est bon d'ailleurs de ne provoquer cet avancement ni trop vite ni trop lentement, car les coups du fleuret n'ont plus la même amplitude et le tiroir de distribution peut se dérégler. Or rien n'est plus délicat que le réglage de ce tiroir.

Le recul du fleuret s'effectue par le même mécanisme, mais en sens inverse.

Perforatrice Burton. — La perforatrice Burton se compose d'un cylindre en fonte dans lequel se meut un long piston ayant un évidement circulaire en son milieu et se prolongeant de manière à former porte-outil.

Le cylindre communique par deux conduits avec une chambre de distribution dans laquelle se meut un tiroir circulaire équilibré. Deux petites rainures pratiquées sur la glace du tiroir et à chaque extrémité de la chambre de distribution permettent de faire arriver l'air comprimé alternativement derrière chacune des faces du piston, lorsque celui-ci sera à fin de course. Deux orifices percés dans le cylindre le mettent en relation avec l'atmosphère. Quant à l'air comprimé, il arrive dans la chambre de distribution au moyen de petits conduits croisés et placés dans le voisinage des conduits de communication du cylindre avec la chambre de distribution.

Quand le piston est à fond de course, le tiroir a une position inverse. L'air comprimé arrivant dans le cylindre projette brusquement le fleuret sur le fond du trou, tandis qu'il y a échappement en avant du piston. L'air n'arrive derrière le tiroir qu'au début de son mouvement, la com-

munication n'existe plus ensuite, mais le tiroir continue sa marche sous l'action de la force vive. Il y a communication avec l'échappement par la partie évidée du piston.

Quand le tiroir est à fond de course, l'air passe à l'avant du piston pour le ramener en arrière, en même temps qu'il pénètre par la rainure de la glace du tiroir pour pousser ce dernier en sens inverse.

Pour obtenir la rotation de l'outil, on a disposé, à l'extrémité de la tige du piston, une série de rainures hélicoïdales avec une roue à rochets sur laquelle sont fixés, par des ressorts, deux cliquets. Dans le mouvement avant, le piston ne tourne pas, mais imprime à la tige hélicoïdale un mouvement de rotation que le rochet suit en glissant sur ses cliquets. Dans le mouvement arrière, les cliquets empêchent cette rotation de la tige et l'outil tourne du pas de l'hélice.

L'avancement de l'outil est fait à la main au moyen d'une vis traversant un écrou dans le bâti de la perforatrice ; la disposition est analogue à celle de la perforatrice Dubois et François.

Perforatrices diverses. — En dehors de ces deux types que nous avons décrits avec quelques détails, il en existe beaucoup d'autres mus

également par l'air comprimé. Nous citerons les perforatrices Ferroux, Schram, Éclipse, Ingersoll Sergeant et Sullivan.

La perforatrice Éclipse ou Bornet est à injection d'eau. L'eau est amenée par un joint souple en caoutchouc et distribuée par un trou à l'intérieur du fleuret dont l'axe est évidé. On évite ainsi la production des poussières mortelles à la santé des ouvriers, poussières qui remplissent l'atmosphère, surtout quand on travaille à très grande vitesse.

La perforatrice Sullivan est mue à l'air comprimé ou à la vapeur. Le tiroir de distribution est parfaitement équilibré, ce qui l'empêche de coller. Il revient brusquement en arrière, ce qui dégage d'autant mieux le trou de mine. De toutes les perforatrices mécaniques percutantes, c'est peut-être la plus légère, ce qui ne l'empêche pourtant pas de posséder une grande puissance. Les fleurets ont la forme dite bonnet carré et frappent suivant deux diamètres perpendiculaires. Le trou obtenu est ainsi parfaitement cylindrique. Le fleuret est fixé par un écrou sur le porte-outil. Il ne coince pas, et les coups de masse sont inutiles pour dégager le fleuret, quand il a travaillé, coups de masse toujours nécessaires avec les emmanchements

coniques à douille où le fleuret serre de plus en plus au fond de la douille.

La perforatrice type Brandt est mue par l'eau sous pression. L'inconvénient peut être grand au point de vue de la canalisation de l'agent de force motrice ; cette canalisation n'est pas aussi facile qu'avec l'air comprimé ; elle est sujette à des pertes comme une tuyauterie de vapeur et exposera alors à des mécomptes assez graves au point de vue de l'utilisation de l'énergie.

Toutes ces perforatrices se montent ensemble ou séparément sur des affûts de divers systèmes.

Si l'on veut placer deux, trois ou quatre perforatrices sur un même affût, on emploie un affût à chariot qui peut aisément être enlevé ou ramené vers les fronts de la galerie. Le châssis de l'affût comporte deux vis verticales à l'avant et deux autres à l'arrière. Il est monté sur six roues que l'on cale sur les rails de la galerie au moment de la perforation. Chaque perforatrice repose par son extrémité postérieure sur un collier que l'on peut monter ou descendre le long de la vis d'arrière. Un support à fourches, mobile le long de la vis d'avant, reçoit la partie antérieure de la perforatrice. Par la combinaison des deux mouvements, on règle la hauteur et

l'inclinaison des trous de mine. L'écartement s'obtient en faisant varier la position des fourches de support des cylindres sur des glissières disposées à l'avant.

L'affût peut se composer aussi d'une simple colonne verticale. Sur cette colonne, on vient fixer, par un écrou à rotule, une ou deux perforatrices de manière qu'elles puissent se déplacer aisément, soit dans un plan vertical, soit dans un plan horizontal. Avec deux colonnes montées sur un châssis et quatre perforatrices fixées deux à deux sur les colonnes, on peut forer des trous sur tout le périmètre d'une galerie.

Enfin, pour la perforation mécanique dans les puits, on emploie un autre affût. C'est un trépied dont on charge les tiges avec des contrepoids, pour éviter que le système ne se soulève. La perforatrice adopte toutes les inclinaisons sur ce trépied, grâce à une suspension à la Cardan. Il n'y a jamais qu'une seule perforatrice par trépied. Mais on déplace aisément les trépieds en enlevant les contrepoids de manière à forer des trous de mine sur tout le périmètre du puits.

Perforatrices électriques percutantes. — On a imaginé un assez grand nombre de perforatrices électriques percutantes, mais aucun des

modèles imaginés n'est, en réalité, bien pratique. De plus, dans les terrains très durs, la perforatrice électrique est souvent un mauvais outil, parce qu'elle bat à trop grande vitesse des coups ne réalisant qu'un faible choc. Il vaut mieux donner un effort plus lent mais plus puissant.

La transformation du mouvement rotatif du moteur électrique de commande en mouvement alternatif du porte-fleuret s'établit assez difficilement et c'est la principale raison qui limite jusqu'ici l'emploi des perforatrices électriques percutantes, alors que les perforatrices électriques rotatives sont susceptibles d'applications nombreuses.

Dans les perforatrices électriques à solénoïdes, on a un courant alternatif agissant sur deux solénoïdes qui sont placés à la suite l'un de l'autre, et entre lesquels se meut le cylindre qui porte l'outil. Ces solénoïdes provoquent ainsi le va-et-vient de l'outil. Au bout de très peu de temps, ils s'échauffent. On ne peut pas travailler plus de deux ou trois heures avec le même appareil. En outre, l'outil a toujours tendance à coincer, car il n'est pas animé du mouvement de rotation qui, dans les autres perforatrices, l'aide à se dégager des poussières produites. Enfin, le

mouvement de rappel de l'outil n'est pas assez brusque.

D'autres perforatrices construites par la maison Siemens et Halske manœuvrent avec des ressorts. Le moteur n'est pas placé sur la perforatrice, ce qui diminue d'autant le poids de l'appareil, quand il faut le remplacer ou le déplacer. On envoie un courant continu ou alternatif, courant de 210 volts en tension. Un même moteur actionnera au moyen d'un flexible trois ou quatre perforatrices placées à front d'une galerie.

La perforatrice Dulait est aussi mue à l'aide de ressorts. Dans un cylindre se déplace le porte-outil qui se termine à sa partie postérieure par une tige filetée. Celle-ci est munie d'un écrou à glissières pourvu à sa partie inférieure d'un galet butant contre une came animée d'un mouvement de rotation rapide qui, comprimant à chaque tour le ressort placé à l'intérieur du cylindre, provoque le mouvement de percussion. On amortit les chocs de la came à l'aide d'un volant. Le mouvement d'avancement de l'outil s'opère à la main au moyen d'un volant qui fait avancer ou reculer la tige filetée.

La perforatrice électrique percutante du système Bornet emploie un système spécial pour

transformer le mouvement rotatif en mouvement de va-et-vient. Dans le corps de la perforatrice est un arbre coudé commandant par bielle un piston. Ce piston se meut dans le cylindre percuteur et lui est relié par l'intermédiaire de deux chambres à air. C'est cet air qui forme la liaison élastique nécessaire entre le piston doué d'un mouvement de va-et-vient invariable et le cylindre percuteur dont la course varie à chaque instant pour la pénétration de l'outil.

CHAPITRE VI

—

EXPLOSIFS DE MINE

Généralités. — Les trous étant tous préparés dans une galerie, il ne reste plus qu'à faire sauter le terrain, en chargeant ces trous avec des explosifs. Les matières employées sont de quatre sortes : les poudres de mine, les produits à base de nitroglycérine, c'est-à-dire les dynamites, les substances détonantes à corps actif nitré, enfin les mélanges chloratés.

Au point de vue des effets produits, il y a une différence notable entre ces divers explosifs et notamment entre la poudre de mine et la dynamite. L'une agit de bas en haut ; l'autre produit, au contraire, son effet, de haut en bas.

La poudre a tendance à reculer sur sa bourre ; aussi a-t-on imaginé des trous de mine plus larges vers leur base, l'élargissement se faisant

avec l'acide chlorhydrique dans le cas d'une roche calcaire ou bien avec un excavateur spécial. La poudre brûle alors dans une chambre d'air et non dans un espace clos, de sorte que la combustion est plus complète. Le rendement atteint 75 % au lieu de 56 %. On obtient un effet analogue en chargeant deux ou trois fois le même trou de mine avec des quantités progressives de poudre ; il se produit des fissures où la poudre peut se répandre et où son travail balistique est beaucoup mieux marqué.

La dynamite donne tout son effort dans le fond du trou de mine et brise la roche en fragments multiples. Elle agit bien dans les roches homogènes et devient, en revanche, d'un mauvais rendement dans les roches fissurées et dans les parties argileuses où l'emploi de la poudre convient parfaitement au contraire.

La dynamite présente une force balistique plus grande que celle de la poudre noire, la proportion étant environ de 1 à 3. Elle peut s'employer dans les roches qui contiennent de l'eau, tandis que la poudre noire ne pourra pas y exploser.

Poudre de mine. — La poudre de mine est un mélange de charbon, de soufre et de salpêtre. On l'emploie rarement à l'état de poudre, mais

on fabrique des mélanges à l'état de grains, dont le maniement est plus facile et dont la densité est de 0,83 à 0,93. On emploie également des poudres comprimées dont la densité est de 1,5 et dont la force explosive est d'autant plus grande. On la vend alors sous forme de cartouches cylindriques, creuses à l'intérieur.

L'avantage de l'emploi de la poudre en grains ou des cartouches comprimées est d'éviter le danger que présenterait l'opération de verser une matière pulvérulente dans le trou de mine. Cette matière peut adhérer, en effet, au trou de mine et s'enflammer par le frottement du bourroir.

Le chargement doit toujours s'opérer avec précaution. On commence par bien assécher le trou de mine et par le nettoyer avec la curette ou cuiller. Le trou exempt de poussières du terrain et bien sec, on introduit la poudre en grains ou les cartouches de poudre comprimée. On a soin de noyer la mèche soufrée au milieu de la poudre en grains. Si ce sont des cartouches qu'on emploie, la dernière de ces cartouches retient la mèche soufrée qui servira à faire exploser toute la charge.

Sur la charge, on met un petit tampon de papier, puis on bourre légèrement d'abord, plus

fort ensuite. On emploie de l'argile humectée d'eau et parfaitement exempte de cailloux. Le bourrage se fait avec un bourroir en bois, jamais avec un instrument en fer. Le bourroir est légèrement échanuré pour ménager la place de la mèche soufrée et pour ne pas couper cette mèche dans le mouvement de va-et-vient qu'on lui imprime avec un marteau. Le bourrage doit être soigneusement fait pour obtenir de la poudre tout l'effet désirable. Il ne faut laisser subsister aucun matelas d'air.

Il ne reste plus qu'à allumer la mèche soufrée dont la longueur sera calculée de manière que les ouvriers aient le temps de se mettre à l'abri assez loin du coup de mine. Cette mèche brûle à raison de 50 centimètres par minute. Quel que soit le nombre des mines à faire partir, un seul homme doit rester pour l'allumage, ses autres camarades s'étant retirés au préalable. Dès que le feu a été mis, il crie : « Ça brûle ! » pour prévenir ses compagnons, et tous se placent le plus loin possible pour ne pas être exposés à recevoir, même par ricochet, des projections de matière. Quand un chantier a plusieurs issues, un ouvrier doit se trouver à chacune des issues pour éviter qu'un étranger ne vienne dans le chantier au moment où la roche va sauter.

La poudre de mine est moins employée aujourd'hui qu'autrefois. Sa force explosive n'est pas toujours suffisante dans des terrains extradurs.

Dynamite. — L'explosif qui a battu en brèche la poudre de mine est la dynamite.

Il y a différentes espèces de dynamites ; celle qui est le plus généralement employée est la dynamite-gomme.

La base de la dynamite est la nitroglycérine, corps explosif des plus dangereux et impossible à transporter. On en atténue les effets en le mélangeant à un sable siliceux très fin qui est surtout connu en Allemagne et qu'on appelle *guhr*. La nitroglycérine qui est un liquide visqueux imprègne toutes les pores de la matière siliceuse et devient alors un explosif non seulement maniable, mais encore transportable sans grand danger. En mélangeant 75 % de nitroglycérine et 25 % de *guhr*, on obtient la dynamite n° 1 qui sert d'étalon pour la mesure de la force de tous les autres explosifs.

D'autres matières, d'autres absorbants, peuvent être mélangés à la nitroglycérine. On emploie le nitrate de soude, le nitrate de potasse, le charbon et on fabrique ainsi les dynamites n° 3, composées de 20 % de nitroglycérine,

70 % de nitrate de soude et 10 % de charbon. La force de cet explosif est beaucoup moindre, pourtant supérieure encore à celle de la poudre.

Le corps actif qui augmente, au contraire, la force de la dynamite, bien que la proportion de nitroglycérine soit diminuée, c'est le fulmi-coton. On obtient ainsi la dynamite-gomme. Toutefois le mélange exclusif de nitroglycérine et de fulmi-coton, dont les effets balistiques sont si considérables, est peu employé. Le danger de manipulation est plus grand et le prix trop élevé. Au lieu de cette dynamite-gomme qui contient 86 % de nitroglycérine, 10 % de fulmi-coton et 4 % de camphre, on livre plutôt à la consommation une substance dite *gelignite* qui contient 62 % de nitroglycérine et qui n'a guère une force beaucoup supérieure à celle de la dynamite n° 1.

Les cartouches de dynamite ont 120 millimètres de longueur et 18 millimètres de diamètre. Elles pèsent 89 grammes ; dans les paquets de 2^{kg},500, il y a toujours une trentaine de cartouches.

La dynamite est doublement dangereuse. Par le froid, les cartouches gèlent. Par la chaleur, ces mêmes cartouches exsudent.

Dans les deux cas, il y a séparation de la nitro-

glycérine. Une cartouche qui exsude doit donc être manipulée avec précaution. Il en est de même d'une cartouche gelée. Celle-ci devra être dégelée; mais, pour cela, il faut la mettre en contact avec une chaleur modérée. L'ouvrier la placera dans la poche de son pantalon ou bien dans un bain-marie, dans une étuve. Jamais il ne l'approchera du feu.

Le chargement d'un trou de mine à la dynamite est simple. On place une à une les cartouches dans le trou, en ayant soin de déchirer le papier enveloppe, à l'une au moins des extrémités, pour mieux assurer le contact des cartouches entre elles. On met en dernier lieu une cartouche-amorce, c'est-à-dire portant une capsule de fulminate dans laquelle est sertie la mèche soufrée. La capsule est maintenue par le papier replié de la cartouche, et on a soin, en outre, de serrer ce papier avec un peu de ficelle pour éviter que la capsule ne s'échappe de la matière explosive, lorsqu'on introduit le tout dans le trou de mine. Quant à la mèche, elle doit être sectionnée d'une manière bien nette, afin qu'il y ait contact parfait avec le fulminate au fond de la capsule.

Une fois la charge introduite, on bourre légèrement d'abord, puis un peu plus fort ensuite,

mais sans employer le marteau comme pour la poudre de mine. Il est bon toutefois, avant de mettre la cartouche-amorce, de comprimer fortement la dynamite qui est une matière plastique, de manière qu'elle emplisse complètement le trou de mine. Les cartouches n'ont, en effet, qu'un faible diamètre, et, si le trou a 30 ou 35 millimètres de diamètre, l'effet de l'explosif ne sera parfait que si aucun matelas d'air n'est interposé entre lui et la roche.

Explosifs nitrés. — Les grands dangers présentés par la dynamite, d'une part, la grosse proportion de fumées nocives qu'elle donne, d'autre part, ont fait adopter l'emploi d'autres explosifs, dont la base est le nitrate d'ammoniaque.

Ces explosifs sont caractérisés souvent par le nom générique d'*explosifs de sûreté*.

Ces explosifs présentent l'avantage de pouvoir résister à un choc, de quelque nature qu'il soit, ou à l'inflammation produite par une substance autre qu'un corps détonant par lui-même.

Ces explosifs dérivent tous de la nitrification des produits de distillation de la houille. Depuis longtemps, on les désigne et on les emploie dans l'art de la guerre sous les noms de *mélinite* ou

de *crésylite*, mais leur introduction dans l'industrie date de quelques années seulement en raison de la difficulté qu'on a éprouvée dès le début pour produire à bon marché les substances composantes de l'explosif.

Un premier pas a été fait quand un brevet a été pris, pour la fabrication de l'acide picrique, ou phénol trinitré. Dans ce brevet, au lieu de produire l'acide azotique seul et de nitrer ensuite le phénol, on mélange le nitrate de soude avec l'acide sulfurique et l'on ajoute peu à peu le phénol, de sorte que l'acide azotique, en se formant, nitre la matière première de l'explosif. Les opérations étant simultanées, il y a économie.

Un autre facteur de l'économie réalisée est l'amélioration du rendement dans la fabrication des divers explosifs, amélioration provenant de tâtonnements successifs.

L'explosif Favier et la Veltérine sont les deux meilleurs représentants de cette catégorie d'explosifs. Leur composition est respectivement la suivante. Pour l'explosif Favier, on mélange 87,4 % de nitrate d'ammoniaque et 12,6 % de binitronaphtaline. Dans la Veltérine, on mélange 78 % de nitrate d'ammoniaque, 17 % de crésylate d'ammoniaque et 5 % de chlorate de potasse.

Le mode d'emploi de ces explosifs est exactement le même que celui de la dynamite, plus facile même, puisqu'il y a moins de dangers de manipulation. L'allumage s'effectue de la même manière. Quant à la force, elle est un peu inférieure à celle de la dynamite n° 1. Elle est d'ailleurs sensiblement comparable pour les explosifs très nombreux qui ont été imaginés.

Explosifs chloratés. — Les nouveaux procédés de fabrication du chlorate de potasse par l'électricité ayant permis d'obtenir ce corps à un prix très peu élevé, on a songé dernièrement à mélanger le chlorate avec d'autres substances pour constituer un explosif.

L'explosif Street ou Cheddite est composé d'un mélange de chlorate de potasse, de nitronaphtaline et d'huile de ricin, ce corps n'étant ajouté que pour atténuer la sensibilité au choc et pour diminuer l'inflammabilité de la composition.

La force de l'explosif n'est pas comparable à celle de la dynamite n° 1, mais le prix de fabrication est peu élevé. Le seul inconvénient est qu'au bout d'un certain temps, l'explosif a tendance à se décomposer et à s'enflammer spontanément. Le chlorate de potasse est dissocié soit rapidement comme avec l'acide sulfurique, soit

lentement et par l'action du temps comme avec les matières grasses.

On a proposé également comme explosif un mélange de chlorate de potasse et de crésylate d'ammoniaque. C'est une nouvelle qualité de Veltérine. Le composé est plus stable. Il possède une force explosive exactement comparable et même un peu supérieure à celle de la Cheddite.

Tir électrique. — Quand on veut obtenir un effet plus puissant, on fait sauter simultanément plusieurs mines. Il faut alors employer le tir électrique. L'inflammation est déterminée par l'incandescence d'un fil de platine sous l'influence d'un courant ou par l'étincelle produite entre deux fils de cuivre placés à faible distance et agissant sur une matière inflammable.

On emploie des amorces au fulminate fermées par un corps isolant que traversent deux fils de cuivre recouverts de gutta-percha ; ces deux fils se recourbent pour venir au contact de la poudre chloratée ou du pulvérin qui recouvre le fulminate. On tord ensuite les fils, en ayant soin d'avoir une même longueur pour chacun d'eux, afin de les relier aux conducteurs principaux d'électricité.

Les amorces sont à incandescence ou à étincelles. Ces dernières nécessitent une très haute

tension. La disposition des amorces varie suivant qu'on tire *en dérivation* par incandescence ou *en série* par étincelles.

On dispose les amorces en tension, le fil négatif de l'une étant attaché au fil positif de l'autre. Quand tout est prêt, on effectue l'allumage à un moment précis et bien choisi, en produisant le courant, soit par une pile, soit par une petite machine électrique. On préfère, en général, les machines. C'est une dynamo, ou bien une machine statique, ou enfin un électro-aimant dit *coup-de-poing*. Il est bon, avant le tir, de bien vérifier l'insertion des amorces dans les charges, de contrôler les jonctions des fils avec les conducteurs secondaires et les jonctions de ceux-ci avec les conducteurs principaux.

Charge d'un trou de mine. — Que ce soit la poudre, la dynamite, un explosif nitré ou chloraté que l'on emploie, il est bon de calculer approximativement la charge à mettre dans le trou de mine. La formule adoptée est :

$$P = ER(at)^2,$$

où E est un coefficient spécifique de l'explosif

R est un coefficient proportionnel à la résistance de la roche ;

t, la profondeur du trou de mine ;

α , la ligne de moindre résistance mesurée à partir du centre de charge.

Les valeurs de E sont les suivantes pour les principaux explosifs :

Dynamite-gomme	0,70
Grisoutine-gomme à 30 ⁰ / ₀ de nitroglycérine	0,80
Grisoutine-gomme à 12 ⁰ / ₀ de nitroglycérine	0,90
Dynamite n° 1.	1,00
Dynamite n° 3.	1,80
Poudre de mine noire comprimée.	2,00
Poudre de mine noire granulée	2,50

Les valeurs de R varient comme il suit dans les différentes roches :

Granite dur	1,00
Granite, porphyre, gneiss	0,80
Schiste dur, calcaire cristallin.	0,50
Schiste	0,30
Houille, craie	0,15
Alluvions, sables.	0,05

On obtient, par cette formule, de bonnes indications premières pour le cas où on ne connaît pas suffisamment le terrain où l'on opère, mais, ce qui vaut mieux encore, c'est de s'en rapporter à l'expérience de l'ouvrier, quand il travaille depuis longtemps la même roche.

CHAPITRE VII

TRANSPORT

Généralités. — La matière abattue est chargée dans des waggonnets qui l'amèneront par voie ferrée jusqu'au point où le moteur d'extraction la montera à la surface ou qui la conduiront jusqu'à cette surface même, si la mine est placée à flanc de coteau. Toutefois, dans quelques mines où l'établissement d'une voie ferrée est jugée trop onéreuse, on a recours à des procédés très rudimentaires, qui seront énumérés rapidement.

L'un des premiers et l'un des plus barbares est le portage à dos. C'était celui de nos ancêtres, si nous en croyons les récits de Diodore de Sicile. Il s'emploie dans les exploitations très accidentées où l'on ne veut pas briser la matière et dans celles où il faut transporter des minerais d'une grande valeur sous un faible poids. Mais

il ne tardera pas à disparaître, même dans ces gisements.

Les hommes portent de 30 à 70 kilogrammes, et les relais sont distants de 80 mètres.

Le traînage souterrain est pratique dans bien des cas. Il évite de multiplier les galeries coûteuses dans les couches de faible épaisseur. Il facilite souvent le chargement en ce sens que le wagonnet traîné peut être basculé directement dans le wagonnet de roulage. On le réalise avec des paniers en osier, qui sont munis de patins ou de roulettes en fer et que des gamins traînent à genoux sur la faible pente du mur de la couche. Le gamin retient le panier plein à la descente. Il le tire vide, derrière lui, à la montée. La pente de la voie ne doit pas être supérieure à 15 degrés.

Quant au brouettage, il se fait peu au fond des mines, car l'effet utile est moindre qu'il ne serait à la surface. On brouette sur des planches, quand on emploie ce mode de transport. La charge transportée varie entre 60 et 100 kilogrammes. Les hommes ne doivent pas faire plus de 10 à 12 kilomètres, tandis qu'ils pourraient faire 27 kilomètres en plein air. Les planches s'usent rapidement ; il faut fréquemment les replacer, car elles s'enfoncent dans un sol boueux.

Le transport le plus pratique est le transport par voie ferrée.

Description du wagonnet. — Le facteur important dans un transport par voie ferrée est le poids du wagonnet qui circule sur cette voie. Le poids du véhicule et la résistance de la voie doivent être en rapport immédiat.

Un véhicule d'une grande capacité évitera certaines manutentions, certains chargements ou rechargements à la surface. Il sera aussi plus approprié à une grosse extraction par les puits. Enfin le rapport du poids mort du wagonnet au poids utile de la substance transportée peut arriver à être moindre, ce qui permet de mieux utiliser la force du moteur d'extraction.

En revanche, une augmentation trop considérable de la capacité deviendra une gêne pour la bonne marche de l'exploitation. Pour permettre la circulation de grands wagonnets, il faut des galeries d'une grande section. Non seulement l'entretien de ces galeries est fort coûteux, mais aussi leur prix d'établissement, surtout si les roches à couper sont d'une grande dureté.

Un autre inconvénient est la difficulté qu'on éprouve à manœuvrer un grand wagonnet qui forcément est très pesant. Le roulage doit en être effectué par des chevaux et non plus par

dés hommes ou même par des jeunes gens. Si un déraillement se produit, la remise sur rail est difficile, prend davantage de temps et ne peut plus être faite par un ou deux ouvriers au maximum, comme s'il s'agissait de petits wagonnets.

Il faut donc bien réfléchir avant de déterminer d'une manière définitive la capacité des caisses de wagonnets.

On construit les wagonnets, soit en bois, soit en fer ou en acier.

Les caisses en bois se font avec une essence bien résistante, le hêtre, par exemple. On découpe des planches de 3 à 4 centimètres, les planches du fond étant toujours les plus épaisses. Des cornières en fer, placées dans les angles et sous le fond du wagonnet, lui assurent une plus grande solidité. Ces caisses en bois sont toutes rectangulaires.

Les caisses métalliques présentent au contraire des profils assez variés. On les fait elliptiques. On les évase vers le haut pour amplifier leur contenance sans augmenter leur hauteur. L'épaisseur des tôles est de 3 à 4 millimètres, tôles d'acier ; pour le fond on adopte 1 millimètre de plus.

Les réparations sont plus coûteuses et plus

difficiles aussi à faire avec la tôle qu'avec le bois. La résistance de la tôle, qui paraît être plus grande, ne l'est pas en définitive, parce que les wagonnets, qui sont lourds et projetés violemment en cas d'accident, éprouvent des avaries plus considérables. En somme, si le bois coûte peu de chose, il y a avantage à le choisir pour la construction des caisses.

Qu'elles soient en bois ou en fer, ces caisses reposent sur un appareil de roulement dont la principale qualité doit être une bonne résistance.

Les roues sont en fonte ou en acier ; l'acier vaut mieux. Elles ont un diamètre de 20 à 40 centimètres. La jante est conique et munie d'un boudin, comme dans les wagons de chemin de fer ; la largeur de cette jante est de 5 à 6 centimètres.

Les essieux des roues sont en fer ou en acier. Ils se trouvent assez rapprochés l'un de l'autre ; mais la distance ne doit pas descendre au-dessous d'un certain minimum, 40 centimètres, par exemple, afin de permettre le passage dans les courbes de très faible diamètre, que l'on ne pourra pas toujours éviter.

Les roues sont calées sur les essieux ; on se trouve donc avoir un système parfaitement rigide, qui devra circuler sans dérailer sur des

courbes de 2 et 3 mètres de rayon. Plusieurs systèmes de roues folles sur l'essieu ont été imaginés, mais aucune de ces tentatives n'a été couronnée de succès.

On choisit le mode de graissage le plus simple et l'on met à même sur l'essieu une graisse compacte.

Enfin il n'y a pas de freins. Sur une pente un peu forte, on enraye les roues à l'aide d'une barre de fer ou de bois.

Établissement de la voie. — De la contenance du wagonnet dépend le poids du rail sur lequel roulera ce wagonnet. Il est inutile d'avoir un rail trop pesant ; il est mauvais, en revanche, que le poids soit trop faible, le rail se détériorant vite ou éprouvant des déformations fâcheuses. Pour un wagonnet d'une contenance de 500 décimètres cubes, un chiffre adopté est celui de 7 kilogrammes au mètre courant.

Le profil du rail a aussi son importance. Le système Vignole est le meilleur. Dans les galeries très sinueuses, on emploiera les fers méplats qu'on cintre plus facilement. On se sert aussi des rails à double champignon.

Les rails se fixent à l'écartement de 60 centimètres, en général, sur des traverses qui sont, soit en bois, soit en fer. Pour les galeries à flanc de

coteau, on prolongera à l'intérieur de la mine un écartement plus considérable existant à la surface. On aura des voies de 80 centimètres et 1 mètre.

Les traverses en bois, faites de hêtre ou de chêne, ont 8 à 12 centimètres d'équarrissage ; leur écartement varie de 50 centimètres à 1 mètre. Elles maintiennent le rail au moyen de deux tirefonds serrés sur le patin.

Les traverses en fer sont des fers en U d'une certaine largeur sur le dos desquelles on rive des pièces en fer qui serviront à maintenir le rail.

La voie ainsi composée doit être établie avec une pente bien uniforme, par exemple 5 millimètres par mètre, de manière que les wagonnets pleins descendent sans difficulté et que les wagonnets vides soient remontés sans fatigue. Il faut surveiller de très près la pose de la voie, car les ouvriers ont toujours la tendance d'adopter un profil plus accidenté, surtout s'il y a de l'eau à l'avancement de la galerie.

Pour poser la voie à la pente donnée, l'ouvrier fait usage d'un niveau en bois long de 2 mètres et analogue à celui des maçons. On met à l'une des extrémités un talon en bois double de la quantité dont on veut monter. On construit aussi des niveaux en fer. L'instrument le plus

exact est une règle en fer avec niveau à bulle d'air ; mais on ne peut guère mettre ces appareils entre les mains des ouvriers. On les donnera plutôt à un maître mineur pour contrôler le travail de ses subordonnés.

Classification des modes de transport.

— Le transport peut se faire suivant la ligne de plus grande pente du gisement, ou suivant une direction horizontale.

Dans le premier cas, le transport aura lieu par plans inclinés, descenderies ou cheminées de chargement.

Dans l'autre cas, des chevaux et des organes mécaniques à vapeur, à air comprimé ou électriques effectueront le transport des wagonnets.

Plan incliné. — Sur le plan incliné, les wagonnets descendent toujours par leur pesanteur. Si le plan est à simple effet, dans des galeries étroites, par exemple, un contrepoids fait remonter le wagonnet vide et retarde la descente du wagonnet plein. Si le plan est à double effet, le wagonnet vide équilibre la descente du wagonnet plein et remonte en même temps que celui-ci descend.

Quand le plan incliné à double effet est d'une grande longueur, on peut n'employer le double roulage que vers le centre et avoir sur toute la

longueur du plan trois lignes de rails au lieu de quatre.

La disposition dite *chaîne sans fin* est aussi une application du plan incliné à double effet. Un câble indéfini passe sur une poulie en haut et en bas du plan incliné. Sur ce câble, on attache les uns à la suite des autres les wagonnets pleins, tandis qu'un même nombre de wagonnets vides remonte de l'autre côté. L'attache se fait au moyen d'une chaînette. A chaque niveau de raccordement avec une galerie, on place un rail doublement courbé, suivant la forme d'un S allongé et l'on obtient ainsi une plate-forme horizontale. La voie du plan restant continue, on peut tourner le wagonnet sur une plaque de tôle qui présente exactement comme largeur l'écartement de la voie et comme longueur le développement de la plate-forme. Deux autres plaques sont mises sur les côtés pour faciliter la manœuvre.

Si la relevée de la couche est assez considérable, le plan incliné est à *chariot porteur*. De cette manière, le minerai contenu dans le wagonnet n'a pas tendance à se répandre sur le sol. Le véhicule est maintenu parfaitement horizontal par le chariot formé d'un triangle dont le plus grand côté roule le long de la voie, le

plus petit côté étant vertical, et l'autre horizontal avec un chemin de roulement pour recevoir le wagonnet. Un contrepoids passe sous le chariot porteur ; il est calculé de manière à faire remonter ce dernier avec son wagonnet et à équilibrer la charge à la descente. Il est formé d'une série de galettes de fonte, assemblées sur un châssis qui sera le plus simple possible.

L'organe essentiel de tout plan incliné, celui qui règle le mouvement, c'est la poulie. Cette poulie est placée horizontalement, dans l'axe des voies, pour les plans automoteurs, et verticalement, pour les plans à chariot porteur. Elle est à gorge légèrement triangulaire, afin d'empêcher le glissement du câble.

Les poulies sont toutes munies de frein. Le frein, qui se compose d'une bande d'acier entourant deux sabots, en bois, vient agir sur une poulie à gorge plate montée sur le même axe que la poulie du câble. Le frein est constamment serré à l'aide d'un contrepoids. La mise en marche s'effectue en soulevant ce contrepoids qui est calculé de manière que l'effort à développer ne soit pas trop considérable au moment de la mise en marche, sans que pourtant le contrepoids soit trop faible pour pouvoir arrêter brusquement les wagonnets au milieu du plan incliné. Sui-

vant la pente, on augmentera ou on diminuera la valeur du contrepoids.

Les câbles qui passent sur la poulie sont des câbles métalliques ou bien des câbles en chanvre avec âme en acier. Pour des plans inclinés à grand trafic, on emploiera les câbles métalliques en acier. L'essai de ce câble sera le même que celui qui sera indiqué pour le câble d'extraction.

Les plans inclinés sont des organes qui effectuent très rapidement le transport d'un nombre considérable de tonnes, mais ce sont aussi des instruments fort dangereux où surviennent de nombreux accidents. Il est bon de prévoir un certain nombre de mesures de sécurité et surtout de faire observer ces mesures.

En tête de chaque plan incliné, on placera d'abord une barrière qui ne sera ouverte que pour laisser passer les wagonnets. En bas du plan sera un refuge où le receveur pourra se garer, et, si la voie principale de roulage est en prolongement du plan incliné, il faudra s'arranger pour que les roulages ne soient pas en prolongement ; de la sorte, un wagonnet abandonné sur la pente ne pourra pas s'engager sur la voie de roulage. Il déraillera auparavant.

On doit fixer les wagonnets au câble à l'aide de deux crochets, l'un des crochets servant de cro-

chet de sûreté, si l'autre casse. Il faut également disposer des signaux sur les plans inclinés d'une grande longueur. Enfin, sur ces derniers, il vaut mieux interdire la circulation du personnel afin de prévenir tout accident et de ne pas entraver non plus les manœuvres du transport.

Descenderie. — La descenderie est un plan incliné où le mouvement des wagonnets a lieu en sens inverse de la pesanteur. Il faut donc un moteur en tête de la descenderie, moteur qui sera du genre de ceux qui sont appliqués à l'extraction du minerai.

Les dispositions des descenderies sont analogues à celles des longs plans inclinés à double roulage. La voie s'établit de la même manière et les mesures de sécurité sont semblables. Une seule chose doit être prévue en outre : l'épuisement des eaux. Cet épuisement se fait à l'aide de pompes.

Cheminée. — Si le gîte est assez incliné, on laisse descendre les produits par leur propre poids à travers des cheminées. Ces cheminées existent même pour des inclinaisons de 35° ; on les munit alors de tôles en fer pour la descente des matériaux, mais ce sont les cheminées verticales qui sont du plus fréquent emploi.

Balance. — Au lieu de ces cheminées verticales, on peut employer des balances, quand la quantité de minerai à descendre atteint un tonnage très considérable.

Les balances sont des plans inclinés verticaux à chariot porteur. L'installation est la même que celle des plans inclinés : une poulie en haut avec frein à contrepoids. Il y a une cage et un contrepoids ou bien deux cages, le wagonnet plein servant à remonter le wagonnet vide. Les guides des cages se font en bois ou en fer. Quant au boisage du montage où est installée la balance, il sera soigné d'une manière toute spéciale. Une balance est un puits intérieur ; l'installation sera analogue à celle des puits et à celle du guidage qui est indiquée au chapitre *Remonte du minerai*.

Transport par chevaux. — Le transport suivant l'horizontale s'effectue avec des chevaux. Ceux-ci traînent plusieurs wagonnets, par exemple, huit à dix wagonnets de 500 décimètres cubes. Si les galeries ont deux roulages, les trains se succèdent les uns derrière les autres, d'un côté, les wagonnets vides et, de l'autre, les wagonnets pleins. Un même cheval fait, au contraire, la navette entre deux doubles roulages distants de 100 mètres environ, s'il n'y a qu'une seule voie ferrée. Il conduit les wagonnets pleins

et ramène un nombre exactement égal de wagonnets vides.

Il est bon d'apporter la plus grande attention au mode d'attelage des wagonnets entre eux. Si un wagonnet se décroche en cours de route, cela peut occasionner non seulement des retards dans le transport, mais encore provoquer des accidents, un cheval pouvant être écrasé entre le boisage et le wagonnet resté sur la voie.

Le crochet d'attelage est fixé ou non sur le wagonnet ; il vient se placer dans un maillon qui existe à l'extrémité opposée au crochet sur chaque wagonnet. Si les véhicules ne sont pas tournés dans le même sens, il faut avoir un double crochet mobile réunissant deux maillons, mais ces crochets mobiles se perdent assez souvent, ce qui force à en mettre une grande quantité en circulation.

Le rendement d'un transport par chevaux s'apprécie à la tonne kilométrique, c'est-à-dire au nombre de tonnes transportées par un cheval à une distance donnée en kilomètres. Quand les conditions sont favorables, quand les voies sont bien établies, un cheval peut produire, dans sa journée, 75 à 90 tonnes kilométriques. Le travail diminue très sensiblement, si les trains doivent être tirés sur une rampe ; on admet la moitié de

ce que l'on obtient en palier. Il en est de même si le cheval doit travailler dans une galerie mal aérée ou chargée d'un air impur. Ce cheval doit être changé de temps en temps et mis à travailler pendant une certaine période dans une voie où circule de l'air frais, afin qu'il puisse reprendre de la vigueur et de la santé.

Tout n'est d'ailleurs que soins, si l'on veut obtenir dans une mine le meilleur effet utile pour le travail des chevaux. Les écuries seront convenablement établies avec une pente uniforme pour l'écoulement des eaux ; elles seront pavées. Pour chaque cheval, on ménagera un espace de 1^m,25 à 1^m,50 de largeur, 3 à 4 mètres de longueur, 2^m,50 à 4 mètres de hauteur. L'animal, en rentrant du travail, trouvera une nourriture préparée d'avance et bien fraîche ; il mangera de nouveau le matin avant de partir, et un picotin lui sera distribué à un moment d'arrêt dans son travail. Ce qui est surtout nécessaire alors, c'est de faire boire l'animal à cause des poussières qu'il a pu respirer dans les voies très sèches. Une dernière précaution à observer est d'éviter de faire travailler trop longtemps les chevaux dans les galeries pleines d'eau ; leur sabot se ramollit, ce qui les empêche de marcher au bout d'un certain temps.

Transport mécanique. — Au lieu de chevaux, on peut employer des tracteurs électriques. Ce sont des locomotives à trolley qu'on cherche à rendre le plus légères possible. Le courant continu qui parcourt le trolley provient d'un transformateur au fond de la mine qui reçoit de la surface un courant triphasé alternatif.

On a essayé aussi des locomotives électriques avec accumulateurs, mais l'emploi des unes comme des autres ne s'est guère généralisé.

Ce transport mécanique ainsi que ceux que nous allons indiquer successivement s'appliquent d'ailleurs dans les mines à grosse production comme les mines de fer, ainsi qu'à des transports sur de longs espaces à la surface des mines métalliques.

Transport par câble. — Le transport par câble a l'avantage de pouvoir être effectué même quand le sol présente des parties qui ne sont pas horizontales, ce qui arrive parfois.

Un premier système de transport par câble est le câble dit *tête et queue*. Il y a, aux deux extrémités d'un train de wagonnets, deux câbles qui s'enroulent respectivement sur chacun des deux tambours de la machine motrice. Le câble-queue passe sur une poulie de renvoi au point extrême

du transport. Il est supporté de distance en distance par des rouleaux en fonte ou en acier.

Chacun des tambours de la machine, où s'enroulent les câbles, peut être rendu fou sur l'axe, de manière à régler la distance entre les deux câbles, ainsi que la tension maintenue sur le câble qui ne travaille pas. Si le câble-tête doit opérer la traction des wagonnets pleins, le tambour du câble-queue tourne sur son axe ; au contraire, pour faire retourner les wagonnets vides vers les chantiers de travail, le câble-queue fonctionne, tandis que le tambour du câble-tête est fou sur son arbre. Si, pourtant, la voie de roulage présente des alternatives de montée et de descente, les deux câbles devront travailler en même temps pour tirer tantôt les wagonnets vides, tantôt les wagonnets pleins.

Ce système de traction permet d'effectuer le transport dans plusieurs directions convergentes, chaque direction ayant son câble-queue qu'on peut embrayer ou débrayer sur le câble-queue principal. Il ne se prête pas toujours à une production très intensive et nécessite un moteur assez puissant.

Le second système de transport par câble est le *câble sans fin*, auquel on peut attacher, de

place en place, des wagonnets isolés, mais en nombre illimité.

Le câble sans fin passe au-dessous ou au-dessus des wagonnets. Dans le premier cas, l'attache se fait au moyen d'une tenaille qui est serrée, soit à la main, soit automatiquement. Dans le second cas, il faut avoir sur le câble un maillon où viendra s'accrocher une chaînette fixée au wagonnet comme pour la chaîne sans fin sur un plan incliné.

Chaîne flottante. — Le principe de la chaîne flottante est le même que celui du câble sans fin en ce sens que, sur un point quelconque de la chaîne, on peut accrocher un wagonnet, mais ce mode de transport a l'avantage, sur le câble sans fin, de pouvoir se prêter à des parcours plus considérables et surtout d'être automoteur.

En un point quelconque de la chaîne flottante on aura un plan incliné et l'effet de l'accélération due à la pesanteur des wagonnets sur ce plan incliné suffira pour mettre en mouvement tout le système.

Une chaîne de grande longueur passe à ses deux extrémités sur des poulies à dents d'engrenage. L'une de ces poulies est munie d'un frein pour arrêter le mouvement, quand c'est nécessaire. La chaîne entraîne les wagonnets par

l'adhérence résultant de son poids sur le wagonnet dans les parties horizontales, ou bien elle s'engage dans des fourchettes placées sur les wagonnets pour mouvoir ces wagonnets dans les parties accidentées.

Dans les parties en courbe, les wagonnets quittent la chaîne qui, étant rectiligne, s'interrompt pour faire place à une autre chaîne dirigée suivant l'autre direction de la courbe, mais ils continuent leur mouvement par l'effet de leur force vive et viennent se prendre à nouveau dans la chaîne fixée suivant la nouvelle direction.

Il faut avoir des chaînes très résistantes, car l'usure est assez grande et les efforts auxquels la chaîne est soumise sont considérables.

Porteur aérien. — Ce mode de transport convient aux pays très accidentés, aux pays de montagne. Il est appliqué à la surface des mines. On pose, souvent à des intervalles de plusieurs centaines de mètres, des pylones en fer sur lesquels sont fixés un ou deux câbles qui portent un wagonnet.

Le système Hodgson est à un seul câble. Ce câble est en même temps moteur et porteur.

Dans les systèmes Bleichert et Otto, il y a deux câbles, l'un porteur sur lequel roule le wagonnet à l'aide de deux poulies, l'autre tracteur, le

contact entre le câble et le wagonnet s'établissant par un verrou qu'on peut ouvrir ou fermer à l'aide d'un levier. Quand le wagonnet est arrivé à l'extrémité du câble, un taquet arrête d'ordinaire le levier du verrou, et le contact du wagonnet avec le câble n'existe plus. Le wagonnet s'arrête, on le vide et on l'attache à nouveau de l'autre côté du câble pour l'envoyer au chargement.

Si la pente est très forte, le câble est automoteur. Dans la généralité des cas pourtant, quand bien même, en pays de montagne, il y aura une grande différence de niveau entre la station de charge et de décharge du minerai, il faut un moteur pour actionner le câble, car le câble descendra souvent dans une vallée pour remonter ensuite sur l'autre flanc de la vallée, et l'effet de la pesanteur ne sera plus suffisant pour mettre en mouvement le porteur aérien. Les frottements sont aussi considérables et contrebalancent l'action de la pesanteur.

Au-delà de 3 kilomètres, il faut créer un relai pour un câble aérien. Il faut aussi créer des relais pour le passage des courbes, quand la direction du porteur aérien n'est pas parfaitement rectiligne.

L'établissement d'un câble aérien coûte 30 000

ou 50 000 francs le kilomètre. L'entretien est souvent onéreux ; dans des pays où le vent souffle avec violence, le câble pourra être enlevé. Si les portées sont trop grandes entre les pylônes, il peut y avoir aussi des ruptures.

CHAPITRE VIII

—

REMONTE DU MINERAI

La remonte des produits minéraux abattus peut se faire par les descenderies dont nous avons parlé au Chapitre précédent. Le plus souvent, elle s'opère par un puits et ce sont les dispositions prises dans le puits pour l'extraction que nous décrirons au début de ce chapitre. Les moteurs d'extraction dont nous parlerons ensuite, sont les mêmes pour les descenderies et les puits, abstraction faite du facteur force qui est plus important pour les uns que pour les autres.

Engin d'extraction. — Lorsque la mine est peu importante, on emploie, pour remonter les produits, le panier ou tonneau en bois cerclé de fer dont nous avons parlé pour le fonçage des puits. Ce tonneau peut être guidé ou non. S'il n'y en a qu'un qui circule dans le puits, le gui-

dage n'est pas nécessaire. Si on emploie deux paniers, l'un montant, l'autre descendant, il est bon de les faire glisser le long de câbles verticaux et rigides afin d'empêcher qu'ils ne fouettent de tous les côtés dans le puits et qu'ils ne viennent se choquer à leur point de croisement.

De tels paniers ont toujours une faible contenance. On doit les charger au niveau inférieur du puits où sont amenés les minerais, ce qui est une cause de perte de temps. A la surface, on s'arrange pour basculer leur contenu dans des wagonnets.

La *cage* est de beaucoup préférable au panier, même dans de petites exploitations.

Dans cette cage, on remonte directement les wagonnets de minerai. La cage doit être légère pour ne pas fatiguer inutilement le moteur d'extraction. Elle doit être résistante pourtant, car elle est soumise à des chocs sur les taquets où elle vient reposer, soit au fond du puits, soit à l'orifice de ce puits.

La cage peut contenir un ou plusieurs wagonnets. Suivant l'importance de la mine, on l'établit à un ou à plusieurs étages. On ajoute un étage, si le diamètre du puits ne permet pas de remonter assez de wagonnets sur le même palier.

La cage est toujours guidée dans le puits, les guides étant en fer ou en bois, ainsi qu'il sera dit plus loin. Elle comporte un parachute dont les griffes, en cas de rupture du câble d'extraction, pourront mordre sur le guidage, maintenir la cage suspendue et éviter qu'elle ne vienne se briser ou causer des dégâts par sa chute au fond du puits.

Toutefois, malgré son côté vraiment humanitaire, le parachute n'est pas toujours employé. Cela tient aux prises intempestives qu'on a quelquefois constatées au cours de l'extraction, par suite d'un mouvement d'oscillation du câble ou des coups de fouet que le mécanicien donne à la machine. Bien souvent on prend aussi le parti de caler l'appareil pendant le temps de l'extraction et on le décale seulement lors de la circulation du personnel dans le puits.

En revanche, on cite des cas où le parachute n'a pas fonctionné, quand le câble s'est rompu. Le guide a été éraflé par la griffe, mais la cage ne s'est pas arrêtée. Une longueur considérable de câble tombant sur la cage a entraîné celle-ci au fond du puits. Au contraire, quand la cage remonte, les griffes fonctionnent toujours d'une manière satisfaisante, car la cage doit perdre sa force vive avant de retomber. Il y a dès

lors un temps d'arrêt et un mouvement lent de recul permettant aux griffes de bien pénétrer dans le guide.

Le parachute n'est donc pas toujours employé ; on connaît des parachutes à griffes et d'autres à arc-boutement.

Guidage. — Il y a trois sortes de guidages dans les puits où circulent des cages d'extraction :

- 1° Le guidage en bois ;
- 2° Le guidage en fer ;
- 3° Le guidage par câble.

Le *guidage en bois* est formé de guides en chêne ayant 12 centimètres sur 15. Leur longueur est de 4 mètres au maximum. Chaque guide est porté par des bois transversaux, également en chêne, d'un équadrisage semblable ou quelquefois plus élevé, 15 centimètres sur 20, par exemple. Il est bon que la distance entre ces bois ne dépasse pas 1^m,50, et même la cote de 1^m,25 est généralement adoptée pour donner plus de rigidité au guidage.

Les guides s'assemblent de diverses manières. Les deux systèmes les plus courants seront seuls indiqués.

En premier lieu, le joint est fait d'un mâle et d'une femelle, le guide supérieur pénétrant dans l'inférieur. Cet assemblage peut présenter l'avan-

tage de s'opposer à ce que le guidage soit déjeté sur le côté. En second lieu, on juxtapose deux guides sans entailler ni l'un ni l'autre ; on maintient le système par un fer en U qui s'encastre dans les deux guides. Le joint est plus vite fait et les réparations beaucoup plus rapides. On emploie aussi, pour maintenir le joint, un simple fer plat ou une éclisse analogue à celles dont on se sert pour les rails de chemin de fer. Les éclisses en bois ne sont pas à recommander.

Quel que soit le système d'assemblage adopté, on doit avoir soin de noyer complètement dans le bois les têtes des boulons. L'éclisse se mettant à la face postérieure du guide, les têtes des boulons qui l'assemblent doivent être logées dans une entaille faite à l'avant du guide. On ne peut pas mettre ces boulons sur le côté du guide, car il faut réserver une surface absolument lisse pour le passage de la cornière guide de la cage.

Les joints des guides doivent toujours tomber entre deux bois de guide. Il est mauvais d'employer les mêmes boulons pour fixer les guides entre eux et pour les relier au bois de guide. Chaque guide sera maintenu sur les bois de guide par un ou deux boulons spéciaux dont les têtes seront noyées comme pour l'éclisse d'assemblage.

Une position des plus rigides est nécessaire pour les bois de guide. Dans les puits non murillés, les bois de guide sont fixés solidement dans des trous ou *potelles* ménagés dans la roche. Dans les puits murillés, ils sont encastrés dans la maçonnerie lors de son exécution, mais on a soin de ne pas les mettre au fond des potelles, pour que la poussée des terrains ne les fasse pas plier, ce qui troublerait la verticalité du guidage, et même casser intempestivement, ce qui s'est produit parfois.

Les *guides en fer* sont des rails à profil Vignole que l'on fixera sur des traverses en fer (fer plat, fer en U) au moyen d'un coussinet en fonte. Chaque guide est éclissé comme un rail de chemin de fer. Les guides en fer sont plus longs que les guides en bois ; ils peuvent avoir 10 mètres. On diminue ainsi le nombre des joints.

Dans le *guidage par câble*, les câbles sont en acier ; ils sont formés de tiges de 10 à 12 millimètres de diamètre, au lieu d'être composés de fils enroulés, ainsi qu'on le verra pour les câbles d'extraction. Les spires des tiges sont assez longues. Les câbles sont fixés à la surface au moyen d'un long étai, derrière lequel se trouve une réserve. Cette réserve sera descendue, quand le câble commencera à s'user. La tension est

obtenue à l'aide de poids placés à la partie inférieure du puits, sous un plancher. Malgré tout, malgré l'emploi de tendeurs à vis, il y a toujours ballottement de la cage d'extraction.

Le guidage se posera, suivant les cas, en différents points du puits.

En général, on le place aux deux extrémités de la cage, en bout des longs côtés. On peut aussi mettre le guidage sur les longs côtés. Ce mode de guidage est souvent moins coûteux à établir, parce qu'on ne guidera que sur un des côtés de la cage, et on mettra ainsi au centre du puits un seul bois de guide pour supporter deux colonnes de guide.

Câble d'extraction. — Les câbles qui servent à la remonte des produits se font en aloès ou en acier.

Les câbles en aloès sont à quatre, six ou huit aussières, suivant la profondeur du puits et la charge qu'ils doivent remonter. Ces aussières sont enroulées en sens inverse et en hélice; chacune d'elles se compose d'un brin ou toron d'aloès; elles sont cousues ensemble.

Le câble est à section décroissante; les torons restent constants comme nombre, mais diminuent comme diamètre. La raison de cette forme conique donnée aux câbles est que, pour une

très forte profondeur, le poids du câble agira dans une large mesure comme poids mort ; on diminue ainsi quelque peu le travail du moteur d'extraction. En revanche, la partie de section moindre, qui est celle du démarrage ou *enlevage*, fatigue beaucoup plus, et il faut quelquefois la renouveler avant de songer à remplacer le câble tout entier.

On coupe alors le câble en un point donné et on le retourne bout pour bout ; puis l'on fait une *épissure*. L'épissure consiste à découdre sur une certaine longueur les deux extrémités du câble qu'on rapproche, à dérouler les spires de chacun des bouts de câble et à enrouler les unes sur les autres les spires respectives de chacun des câbles. On coud ensuite le tout, comme s'il s'agissait d'un câble neuf. L'épissure fait perdre au câble 20 % de sa résistance.

Les câbles métalliques sont plats ou ronds, mais plutôt ronds. Les câbles plats sont d'ailleurs fabriqués comme ceux en aloès.

Les câbles ronds en acier sont formés de fils d'un diamètre décroissant depuis 3^{mm} jusqu'à 1^{mm},8. Ils sont enroulés autour d'une âme en chanvre qui leur donnera une plus grande flexibilité. On enroulera six torons composés de six fils. Au point de vue de la résistance, on peut ad-

mettre que les câbles ronds en acier fondu au creuset, décroissant de 100 mètres en 100 mètres, peuvent supporter 1 500 fois leur poids par mètre courant. On préfère aujourd'hui les câbles en fils d'acier à haute tension, dont la charge de rupture atteint 150 à 180 kilogrammes par millimètre carré, aux câbles en fil d'acier doux à 80 kilogrammes. Un câble rond en fil d'acier à haute tension est, à résistance égale, toujours moins lourd qu'un câble en aloès.

Le mode d'attache des câbles varie avec leur forme.

Pour le câble plat, on place l'extrémité du câble dans un étrier composé de deux fers plats et présentant une certaine longueur. Des rivets placés en quinconce maintiennent le câble dans cet étrier.

Pour le câble rond, on tourne l'extrémité du câble autour d'un œillet, anneau creux en fer avec rebords analogues à ceux d'une poulie. On met un coin de bois entre les deux brins et l'on fait une ligature avec des fils métalliques. Enfin on serre le tout avec deux fers plats maintenus par des boulons et formant bride. L'extrémité du câble doit être repliée sur elle-même pour être prise deux fois par ces brides.

Les unes comme les autres de ces attaches

doivent être renouvelées assez souvent, et le renouvellement se fera d'autant plus fréquemment que le câble sera depuis plus longtemps en service. On coupera chaque fois une plus grande longueur de câble. On coupe d'abord 60 centimètres, puis 2 et 3 mètres ; cette opération se fait également tous les quinze jours, après un certain temps de service du câble, au lieu de tous les trois mois au début.

Le temps de durée d'un câble, de quelque nature qu'il soit, n'est pas indéfini et n'excède pas dix-huit mois à deux ans. Les conventions passées avec les fournisseurs peuvent d'ailleurs varier : on achètera un câble pour extraire un nombre donné de tonnes, ou bien on l'achètera pour un nombre de mois bien défini. Dans l'un comme dans l'autre cas, le cordier sera responsable des avaries survenues ; il pourra aussi, sitôt le temps écoulé ou le nombre de tonnes extraites, spécifier que son câble peut encore durer, mais avec une garantie limitée. Il est quelquefois imprudent de prolonger ainsi le temps de service d'un câble. Il est bon d'ailleurs de soumettre le câble à des essais de traction et de vérifier au bout d'un certain temps de combien a été diminuée la résistance.

Le câble, en sortant du puits, passe sur une

poulie d'assez grand diamètre (depuis 2^m,50 jusqu'à 5 mètres) en haut d'un chevalement qui sera établi en bois ou en fer et qui mesurera une hauteur variable depuis 10 jusqu'à 20 mètres. Enfin il viendra sur les tambours du moteur d'extraction.

Moteur d'extraction. — Pour remonter les produits par une descenderie ou par un puits, on emploie quelquefois le moteur animé (homme ou bête de somme); on fait usage du moteur mécanique dans la généralité des cas.

Si la profondeur est peu considérable, on prend un treuil simple ou un treuil à engrenages qu'on installe directement au-dessus du puits sur deux montants verticaux au-dessus d'un plancher. A l'aide d'une corde qui s'enroule en spirale sur la surface cylindrique du treuil, on remonte un petit tonneau en bois ou même un panier en osier. La manœuvre est intermittente. Le panier monte plein, puis redescend vide. A la montée, quatre hommes se répartissent deux par deux à chaque manivelle de manœuvre du treuil; un cliquet de retenue empêche tout mouvement rétrograde. A la descente, deux hommes maintiennent la vitesse des manivelles, un troisième faisant frein sur le treuil par le frottement d'une pièce de bois.

La roue à marches est employée dans quelques exploitations primitives. L'installation en est plus compliquée que celle du treuil à bras, et les services rendus ne sont pas plus considérables, bien que le principe mécanique en soit bon : utilisation du poids de l'homme pour la montée de la charge.

On peut encore emprunter la force humaine pour descendre à une profondeur de 50 mètres, en faisant usage d'un petit manège. A quelques mètres du puits, on dispose sur un pivot un tambour à axe vertical maintenu par un cadre solidement fiché en terre. Ce tambour tourne avec deux ou quatre bras horizontaux que poussent des ouvriers. La corde enroulée sur le tambour descend dans le puits par une poulie de renvoi. Le bras de levier est fortement augmenté ainsi et l'effort à développer par les hommes est beaucoup moindre. La rapidité des manœuvres est aussi beaucoup plus grande.

Au lieu d'un manège à bras d'homme, on emploiera un manège avec bête de somme. Ce mode d'extraction s'applique à un puits d'une plus grande section. Si l'on se trouve en présence d'une venue d'eau, l'épuisement sera plus facile, pourvu toutefois que cette venue ne soit pas trop considérable.

Le manège est disposé de la même manière que précédemment. C'est un tambour à axe vertical de grand diamètre sur lequel s'enroule un câble. Deux ou quatre bras horizontaux permettent à deux ou quatre chevaux de faire tourner l'appareil. Il est essentiel d'avoir derrière chaque bras un trainard qui s'opposera au recul du système dans le cas où les chevaux refuseraient de tirer. Ces trainards sont relevés à la descente, quand les animaux se sont retournés pour marcher en sens inverse.

On peut, avec un manège de deux ou quatre chevaux, opérer l'extraction de minerais dans un puits de 2^m,50 à 3 mètres de diamètre, c'est-à-dire suffire à une petite exploitation à faible profondeur. Mais le prix de revient d'un tel mode d'extraction est élevé.

On place l'axe du manège à 40 ou 50 mètres du puits et on l'installe solidement avec des jambes de force bien fichées en terre.

Dans les pays favorisés par une chute d'eau, on peut employer un moteur hydraulique pour l'extraction.

La roue Pelton rend alors des services. L'eau est lancée à grande vitesse par un tuyau muni d'un régulateur sur les augets doubles de la roue. La roue, en tournant, peut actionner une

dynamo qui produira l'électricité pour un treuil électrique. De même, une turbine pourra être mue par l'eau venant d'un barrage et produire également l'électricité.

Que ce soit d'ailleurs l'électricité, la vapeur ou l'air comprimé qui actionnent le moteur d'extraction, que ce moteur soit un simple treuil ayant quelques chevaux de force ou une machine gigantesque, les caractéristiques du moteur sont les mêmes et doivent réaliser deux desiderata principaux :

- 1° Un changement de marche rapide ;
- 2° Un arrêt instantané au moyen d'un frein.

Le changement de marche s'obtient à l'aide de la coulisse ordinaire. Cette coulisse permet en même temps de varier à tout instant les efforts, et l'habileté du mécanicien consiste à bien manœuvrer sa coulisse pour être à tout moment maître de la vitesse de sa machine.

La coulisse agit, soit sur des tiroirs, soit sur des soupapes, suivant que la distribution se fait d'une manière ou d'une autre. Dans les petites machines, ce sont les tiroirs ; dans les grosses machines, on préfère les soupapes. Dans les grosses machines également, le mécanicien doit être aidé par un servo-moteur pour déplacer la coulisse de changement de marche.

Dans des treuils à vapeur ayant quelques chevaux de force, on n'a souvent ni excentrique ni coulisse de changement de marche. A l'aide d'un levier, on déplace rapidement le tiroir pour la marche avant ou pour la marche arrière.

Pour les treuils électriques, le changement de marche est très rapide, car il suffit de déplacer l'induit avec un levier pour renverser le sens du courant.

Les treuils ou les grosses machines sont du type horizontal à deux cylindres conjugués. On a renoncé aux grandes machines verticales qui exigent des fondations coûteuses et dont les organes moteurs sont entièrement cachés aux yeux des mécaniciens. Quant au type horizontal à un seul cylindre avec pignon et roue d'engrenage, il présente l'inconvénient d'avoir un point mort qui contrarie le démarrage dans une large mesure. Si le démarrage est trop brusque, il y aura rupture des dents d'engrenage. On construit aussi des treuils à deux cylindres inclinés genre Brotherhood.

Enfin on construit des treuils dont toutes les pièces sont démontables. Le transport de ces treuils est ainsi plus facile dans les pays de montagne où se trouve placé le gîte minier ou

dans les parties difficilement accessibles au fond d'une mine en raison de la multiplicité des montages en haut desquels il faut conduire la machine.

L'autre organe essentiel de toutes ces machines, ainsi qu'il a été dit, est le frein à vapeur. Au centre des bobines ou des tambours d'enroulement du câble d'extraction, est une poulie sur laquelle viennent agir un bandage flexible ou bien deux mâchoires mobiles formant arc-boutant. La première disposition est la meilleure. Le bandage ou les mâchoires sont commandés par un piston à vapeur ; le mécanicien le manœuvre au moyen d'un levier placé à sa portée. L'arrêt est instantané, du moment que la vapeur a pénétré dans le cylindre du frein.

L'extrémité de la tige du piston est filetée, de telle manière qu'un écrou serré par une manivelle ou par un volant à main peut maintenir le piston soulevé et, par conséquent, le frein fermé, quand bien même l'admission de vapeur cesserait dans le cylindre du frein. Cette fermeture automatique est nécessaire, lorsque les ouvriers procèdent à une réparation prolongée dans le puits, afin d'éviter tout départ intempestif de la machine d'extraction.

Les sabots du frein sont en bois. Leur usure

est rapide, et il est bon d'en avoir constamment deux de rechange pour remplacer ceux qui, étant depuis longtemps en service, ne présentent plus une épaisseur suffisante.

Quand le moteur est de très faible puissance, on remplacera la commande du frein à vapeur par une commande à l'aide d'une pédale, mais, même dans ce cas, il est bon d'avoir, comme pour les grandes machines, un volant à vis pour serrer complètement le frein en cas d'arrêt absolu de la machine, car le mécanicien pourrait laisser sa pédale soulevée et un accident serait bien vite survenu.

Organisation des manœuvres. — Pour les manœuvres d'extraction, les mesures doivent être prises dans le but d'assurer toute sécurité et de soulager autant que possible la tension d'esprit qui est exigée du mécanicien.

Il faut avertir le mécanicien en temps utile de la prochaine arrivée de la cage qui remonte le long du puits. Une sonnerie remplit cet office et résonne, dès que la cage n'a plus que quelques mètres à parcourir. A ce moment, le mécanicien ferme son régulateur et se rend maître de la vitesse de la machine.

On prend le mouvement de la sonnerie sur l'arbre de la machine, et on fait exécuter à

l'arbre de la sonnerie le même nombre de tours que celui de l'arbre moteur, l'amplitude des tours étant diminuée à l'aide d'une petite manivelle, ou à l'aide d'un petit câble de transmission. La sonnerie est réglée pour un nombre de tours déterminé ; un ressort la déclenche.

On peut aussi donner au mécanicien une figure représentative du mouvement des cages dans le puits. Ceci se fait sur un secteur ou sur une colonne verticale. Dans le premier cas, une aiguille se déplace sur le secteur depuis le moment où la cage quitte le fond du puits jusqu'à celui où elle arrive au jour. Dans le second cas, un petit câble fait mouvoir deux cages le long de rainures verticales sur un tableau en bois. Le mouvement est pris sur l'arbre de la machine par un mode de transmission quelconque.

Le mécanicien place également sur les câbles des repères qui le préviennent du moment où la cage va arriver au jour. Il noue du chanvre autour du câble, ou bien, s'il s'agit d'un câble plat en aloès, il trace avec de la céruse des lignes transversales. Au moyen de ces repères et en comptant le nombre de tours, un bon mécanicien saura toujours à quel point du puits se trouve placée la cage.

Le mécanicien doit être constamment en communication avec les hommes chargés des manœuvres à la recette de la surface. Le plus souvent la machine est sur le même palier que cette recette. Le mécanicien alors voit toutes les manœuvres et entend aussi la voix du chef de manœuvre. Il est bon toutefois d'avoir quand même une sonnerie, comme si la machine se trouvait dans un bâtiment séparé, ainsi que cela se pratique dans certaines mines.

Un système de signaux existe, bien entendu, entre le fond du puits et la surface, dès qu'il y a plus de 25 mètres de profondeur. Ces signaux sont entendus par le mécanicien, quand il est dans le même bâtiment que la recette, mais lui sont toujours répétés par le chef de manœuvre. Il est utile d'avoir, en outre, une sonnerie partant du jour et perceptible au fond de la mine. Une communication téléphonique est à recommander et rendra des services, dans le cas notamment d'un déraillement de la cage au milieu du puits.

CHAPITRE IX

—

AMÉNAGEMENT DES EAUX

Origine des eaux. — L'origine des eaux est de deux natures dans les mines. Ce sont d'abord des eaux de la surface qui pénètrent en profondeur par infiltration. Ce sont, en second lieu, des venues aquifères souterraines qui proviennent parfois de poches plus ou moins longues à épuiser complètement.

Dans le premier cas, pour lutter contre l'invasion des eaux, il est bon d'étudier le système hydrologique de la contrée où se trouve le gisement, de connaître le régime des pluies de la région, de voir enfin quelles sont les couches perméables qui avoisinent les terrains à exploiter.

Dans le second cas, celui de venues d'eau souterraines, on sera moins armé au point de vue technique. Si on a des calcaires comme roche encaissante des filons, on pourra soupçonner

jusqu'à un certain point la spontanéité des venues aquifères. Il en sera de même si l'on a reconnu de nombreuses failles sur les affleurements, ce qui n'est pas toujours facile d'ailleurs. Ces failles donnent souvent des quantités considérables d'eau ; elles peuvent, au contraire, absorber les venues d'eau soupçonnées.

Le mieux sera d'être toujours prémuni contre une invasion brusque des eaux. On pratiquera alors à l'avance des *serrements* dans les galeries ou des *plates-cuves* dans les puits.

Serrements. — Les serrements droits sont les plus simples. Dans une partie bien solide de la galerie, on trace au pic une entaille rectangulaire qu'on a soin de couper sans employer aucun explosif pour ne pas fissurer la roche. On met alors les uns au-dessus des autres des madriers parfaitement équarris et présentant la largeur exacte de l'excavation faite. On garnit la galerie sur toute sa hauteur ; on réserve seulement un trou d'homme pour pouvoir passer derrière le serrement. Les parois latérales sont rendues soigneusement jointives avec de la mousse et on cloue par devant une lambourde entourée de toile goudronnée. Enfin on calfate les joints des madriers en y enfonçant, du côté d'où viennent les eaux, d'abord des coins en bois jusqu'à refus, puis de

l'étope goudronnée. Un clapet, formé de deux feuilles de cuir et placé du côté intérieur du serrement, ferme le trou d'homme et s'y appuie d'autant plus fort que la pression de l'eau est plus considérable.

Un tel serrement résiste mal à de grands efforts. On le soulage souvent en plaçant en amont un barrage, ou batardeau en argile, muni d'un tuyau en fonte qui laissera l'eau s'échapper naturellement et sans coup de pression.

Il vaut mieux créer des serrements sphériques en bois. Ceux-ci se composent d'une série de voussoirs qu'on établit en un point où la roche ne présente aucune fissure. Les voussoirs sont plus larges du côté où se donne la pression. L'épaisseur du serrement atteint 1^m,50 à 1^m,70. Les joints sont soigneusement picotés ; on ne laisse d'autres ouvertures que celle destinée au passage d'un tuyau en fer formant manomètre et de deux tuyaux en fonte servant à l'écoulement des eaux, quand la pression sur le manomètre semble trop forte.

Au lieu d'être en bois, ces serrements seront en maçonnerie. Leur construction et leur forme est assez analogue à celle qui vient d'être décrite. Ils sont moins élastiques que ceux en bois, mais ils peuvent être rendus plus facilement étanches ;

on les maçonna sur une plus grande longueur ; on leur donnera même la forme d'un double tronc de pyramide, afin qu'ils offrent une plus grande résistance.

Les serrements en maçonnerie ont aussi l'avantage de pouvoir être munis de portes en fer. Un châssis qui supporte les portes et où elles viennent s'appliquer bien exactement, est solidement fixé dans la maçonnerie. Ces portes peuvent être fermées rapidement en cas d'alerte. Elles seront ouvertes aisément à nouveau si, après disparition de la venue d'eau, l'exploitation peut être reprise.

Dans les puits, les plates-cuves se font presque toujours en maçonnerie, avec ou sans adjonction de portes en fer aisément manœuvrables.

Galerias d'écoulement. — Quelle que soit l'origine des eaux qui inondent la mine, quelle que soit aussi l'étanchéité des serrements ou des barrages qui ont été construits pour lutter contre la venue d'eau, il faut créer des galeries d'écoulement.

Quand la venue d'eau sera considérable, ce seront des galeries spéciales, où les eaux seules auront à circuler. On conduit le fleuve souterrain jusqu'à la galerie d'écoulement, en le faisant descendre le long d'anciens plans inclinés hors

d'usage. Dans la galerie d'écoulement, aucune circulation n'aura lieu, si ce n'est celle qui est nécessaire pour les réparations du boisage.

Dans des galeries d'écoulement où le débit des eaux était considérable, on a pu songer à faire le transport par bateaux. Les galeries servent plutôt en même temps au transport sur rails. On établira, sur le côté de la galerie, le caniveau pour les eaux ou bien on le placera au milieu de la galerie sous la ligne de rails.

Épuisement au moteur d'extraction. — Les eaux, en cas d'exploitation souterraine, viennent, au sortir des galeries d'écoulement, remplir le fond du puits ou puisard. On peut aussi les diriger dans un réservoir, où elles s'accumulent derrière un barrage au milieu de terrains non fissurés. Ce réservoir est vidé au moment même où le moteur d'extraction doit procéder à l'épuisement.

On se sert, pour cet épuisement, des paniers ou tonneaux qui sont employés à l'extraction dans certaines mines de peu d'importance. On attache aussi au câble des tonneaux d'une nature spéciale qui peuvent se vider par une soupape placée à leur partie inférieure.

Si l'extraction se fait par cages, on roule dans les cages des wagonnets-tonnes qui, munis

d'une soupape à l'extrémité d'un de leurs longs côtés, peuvent déverser dans un caniveau les eaux qu'ils ont puisées au fond du puits.

On peut enfin, en lieu et place de la cage, suspendre au câble d'extraction des récipients capables de plonger dans le puisard et de ramener à la surface les eaux dont ils se sont chargés, eaux qu'ils évacuent par une soupape automatique ou mue à la main.

Quel que soit le type d'appareil adopté, l'épuisement au moteur d'extraction ne peut pas se rendre maître de venues d'eau considérables et, si ces venues dépassent 100 000 litres par vingt-quatre heures, il faut avoir recours à une pompe souterraine ou à une machine d'épuisement.

Pompe souterraine d'épuisement. — Une pompe d'épuisement installée au fond d'une mine pourra remonter d'un seul jet toute la venue d'eau, si sa force est suffisante. On connaît des pompes puissantes installées à 400 mètres de profondeur et capables d'assécher toute une exploitation.

Ces pompes seront actionnées par la vapeur ou par l'air comprimé; plusieurs d'entre elles sont aussi mues par l'électricité.

Un premier système de pompe d'épuisement est la pompe centrifuge. Celle-ci est susceptible

d'un grand débit, mais sa hauteur de refoulement est limitée. Cette hauteur est de 40 mètres. On peut placer à différents niveaux des pompes centrifuges étagées. A l'Exposition de Dusseldorf de 1902 figurait une pompe centrifuge système Sulzer, à axe vertical, qui donnait 1 mètre cube et demi d'eau à 100 mètres de hauteur.

La pompe système Worthington est parfois employée, mais son mécanisme est délicat en raison du grand nombre d'articulations de ses organes. En outre, les clapets d'aspiration ou de refoulement arrivent à mal fonctionner ou à ne plus fonctionner, quand les eaux épuisées sont sales et boueuses.

Les pompes système Tangye et Audemar sont plus robustes. On a d'ailleurs fait diverses modifications de ces systèmes et ce sont les types Blake, Dumont, Dubois, etc., qui sont les plus universellement employés. Pour de grandes profondeurs, les pompes sont à cylindres conjugués et les forces dont on fait usage atteignent 400 et 500 chevaux, quand il s'agit de très grands épuisements.

L'emploi de la vapeur pour ces pompes est quelquefois une gêne, car la tuyauterie échauffe par rayonnement l'air qui circule dans le puits. Cette tuyauterie n'est pas toujours étanche. Il y

a condensation notable de la vapeur et introduction d'eau dans la mine. Enfin l'établissement en est quelquefois délicat, car il faut prévoir une certaine dilatation et avoir un système d'emboîtement tel que les tuyaux, en s'allongeant, rentrent les uns dans les autres, la longueur totale de la canalisation restant invariable.

On préfère aussi l'air comprimé à la vapeur. Pour les moteurs puissants, il faudra une tension assez élevée. L'air comprimé, lors de sa détente, transformera en glace l'eau d'injection qui, envoyée par les compresseurs, circule toujours avec lui dans la conduite. La glace obstruera l'échappement des cylindres, et la machine s'arrêtera. Il faut alors avoir soin de pratiquer sur la colonne de refoulement une prise d'eau qui arrose constamment les cylindres et qui les maintient, ainsi que l'air, à la température constante de la mine, c'est-à-dire au-dessus du point de congélation.

On emploie aussi des pompes à transmission hydraulique. Ces pompes sont du système Kaselowski. A la surface est une pompe comprimant de l'eau à 250 kilogrammes. Cette eau est transmise à la pompe du fond au moyen de deux tuyaux de 60 millimètres en acier sans soudure dont l'un amène l'eau sous pression à la pompe

d'épuisement, tandis que l'autre la ramène à la pompe de la surface. On additionne l'eau de vaseline pour combattre le frottement. Des accumulateurs placés sur la conduite empêchent les de bélier.

L'électricité actionne aujourd'hui beaucoup de pompes souterraines à grand et à petit débit. La pompe électrique n'échauffe pas l'atmosphère, et l'entretien des câbles de transmission de force est beaucoup plus facile que celui de conduites de vapeur, dont les enveloppes calorifuges nécessitent une surveillance continue. Une autre source de difficultés, inhérente à l'emploi des pompes à vapeur, est l'installation des condenseurs, qui sont indispensables, si l'on veut obtenir un bon rendement ; or la condensation est impossible à grande profondeur. Enfin les pompes électriques n'exigent que peu d'espace et peuvent, suivant les besoins, facilement se transcoups porter d'un étage à un autre.

On devra employer, dans le puits, des câbles conducteurs très bien isolés et armés, que l'on mettra à l'abri de l'eau. Les câbles seront formés d'une âme en fil de cuivre entourée de coton imprégné d'un vernis isolant et enfermée dans une enveloppe en plomb. Autour de cette enveloppe, on enroulera des bandes de papier goudronné

recouvertes de jute asphaltée ; le tout sera maintenu par une enveloppe en fil d'acier galvanisé protégée par une enveloppe de jute asphaltée. Les câbles seront fixés à 0^m,30 l'un de l'autre, le long de la paroi du puits, au moyen de colliers en acier. Les câbles placés en dehors du puits pourront être simplement isolés à la gutta-percha et seront reliés aux tronçons de câbles armés à l'intérieur d'une botte en fonte remplie de brai.

L'attelle de la pompe à la dynamo génératrice de force se fait de deux manières, soit par courroie, soit par une série d'engrenages ayant pour but de diminuer le nombre de tours. Il faut transformer le mouvement rapide d'une dynamo en mouvement lent nécessaire au bon fonctionnement d'une pompe. A l'Exposition universelle de Paris en 1900, on a vu une pompe allemande à distribution Rieder où la commande était prise sur l'arbre même de la dynamo. La distribution se faisait à l'aide de tiroirs dans le corps de pompe et la puissance du moteur était de plusieurs centaines de chevaux, l'eau pouvant être remontée d'une grande profondeur.

Machine d'épuisement. — La machine d'épuisement est installée en haut d'un puits, et a pour objet de commander, par un arbre qui existe tout le long de ce puits, une série de

pompes aspirantes ou foulantes qui se renvoient de l'une à l'autre l'eau à épuiser.

A la partie inférieure du puits est la pompe aspirante, dite *soulevante* ou *travaillante*. Il est bon d'avoir toujours à côté de cette pompe en service une pompe de rechange, car l'usure des clapets et le dérèglement de la pompe sont fréquents.

A la suite de la pompe aspirante viennent une série de pompes foulantes établies à 40 ou 50 mètres au dessus les unes des autres. On choisit souvent comme pompe foulante, une pompe genre Rittinger dont le piston creux porte la soupape de refoulement, de sorte que l'espace occupé par une pompe de ce système est beaucoup moins grand.

Une tige dite *maîtresse-tige* actionne en même temps toutes ces pompes. Cette tige est en bois. On la forme de plusieurs pièces solidement assemblées les unes aux autres, mais on a soin en même temps de réaliser une section décroissante depuis la partie supérieure du puits jusqu'au bas. On constitue en quelque sorte un solide d'égale résistance.

Le plus grand soin doit être apporté aux assemblages, car une rupture exposerait à des conséquences désastreuses. On presse les deux ex-

trémities des tiges à assembler entre deux éclisses en bois fortement boulonnées, que l'on rend solidaires en interposant entre l'éclisse et la tige des chevilles de bois.

On a songé à substituer au bois le fer ou plutôt l'acier. Toutefois le bois est préféré en raison de sa souplesse et quelquefois aussi de son poids, qui assure une stabilité plus grande. Les tiges en fer ne sont employées que pour des installations de peu d'importance. On leur donne alors une forme en treillis, ou bien on choisit une section carrée, mais creuse à l'intérieur en juxtaposant deux fers plats sur deux cornières.

L'installation d'une maîtresse-tige comporte l'établissement, en des points assez rapprochés, de guides qui maintiendront la verticalité. Ce sont des bois solidement encastrés dans les parois du puits et saisissant de chaque côté les faces de la tige. Ces bois peuvent servir de parachute en cas de rupture.

La maîtresse-tige doit être équilibrée à l'aide de contrepoids.

On emploie à cet effet des balanciers qui sont analogues au balancier de Watt, et qu'on charge à volonté de pièces de bois ou de pièces de fonte. On fait également usage d'un balancier à réaction hydraulique. On peut aussi avoir, sur le

côté de la tige, une petite pompe où l'air est comprimé et oppose une réaction, si la descente est trop brusque.

La machine motrice de tout cet attirail est à simple effet, en général ; l'emploi de la détente s'y impose, en raison de la quantité considérable de vapeur nécessaire pour mettre en mouvement des masses d'un poids élevé. Dans le but de réaliser une détente plus complète et d'obtenir un meilleur emploi de la vapeur, si cette vapeur est à haute tension, on fait usage de machines Woolf à cylindres superposés et juxtaposés.

La distribution de vapeur a lieu par un mécanisme particulier appelé *cataracte*. C'est une tige qui soulève successivement trois soupapes. La première est la soupape d'admission. La vapeur arrive sous la face inférieure du piston pendant la première partie de la course et soulève ce piston. Puis la soupape d'équilibre est ouverte. Il y a alors communication entre les deux faces du piston et égalité des efforts sur ces deux faces. Enfin la soupape d'échappement est actionnée par la cataracte, et la vapeur peut se rendre dans le condenseur. Ce mode de distribution a pour but de soulever tout d'un coup et brutalement l'attirail d'épuisement, maitresse-tige et pistons des pompes. L'effort s'annihile ensuite, en même

temps qu'une détente de vapeur se fait progressivement.

Le mouvement de la machine est très lent. Pour des machines très puissantes, qui ne reprendraient pas facilement leur marche, on emploie un balancier dit balancier Bockholtz, qui, au moyen de contrepoids très lourds, remet tout le système en mouvement.

La machine, au lieu d'être à traction directe sur les tiges, peut-être à balancier. C'est le type de machine dit de Cornouailles. Les fondations du moteur sont alors plus faciles à établir sur le côté du puits. Le mode de commande des pompes est exactement le même.

CHAPITRE X

—

CONDUITE DE L'AIR

Généralités. — Il est nécessaire d'envoyer, dans les travaux miniers, un courant d'air énergétique. Ce courant d'air emportera les gaz délétères qui existent à l'état naturel dans la mine, ainsi que ceux qui y naissent par la respiration des hommes, par la combustion des lampes, par le tir des coups de mine, ou par la décomposition de certaines roches de nature chimique, les roches mercurielles notamment.

Le courant d'air réagira aussi contre l'élévation de température qui se produit à mesure qu'on s'enfonce dans les entrailles de la terre. La loi physique dit que cette élévation de température correspond à un degré par 30 mètres de profondeur. Dans un chantier où plusieurs ouvriers se trouvent réunis, cette élévation est plus considérable qu'elle ne le seraient raison de

la profondeur. On a observé 35 et 40° dans les parties non aérées d'une exploitation. Il est inhumain de laisser des hommes travailler avec cette chaleur. Un courant d'air frais est dès lors indispensable, car il chasse les miasmes dont l'accumulation est une des causes de la chaleur du chantier.

Parmi ces miasmes, les gaz délétères propres à une mine tiennent la plus grande place. Que sont ces gaz ?

Gaz délétères d'une mine. — Au premier rang des gaz de l'atmosphère d'une mine se place l'acide carbonique.

Ce gaz existe toujours dans les exploitations souterraines, car il est le produit de la respiration des hommes, de celle des chevaux ou de la combustion des lampes. Mais il se trouve alors en petite quantité, et le courant d'air, même animé d'une faible vitesse, en aura facilement raison. Si le courant d'air n'existe pas, ce qui est le cas de chantiers en cul-de-sac ou de galeries abandonnées, il y aura accumulation progressive du gaz au point que son action pourra devenir nocive. Aussi doit-on toujours prendre la précaution d'installer un barrage à l'entrée d'une galerie abandonnée, afin que des ouvriers imprudents ne s'y aventurent pas maladroitement.

ment. Si l'on reprend plus tard la galerie, il faut avoir soin de l'aérer au préalable.

L'acide carbonique est surtout dangereux, quand il est le produit de soufflards. La pression sous laquelle le gaz est renfermé, est parfois considérable, et l'irruption dans les travaux sera brutale; les ouvriers seront asphyxiés sans être prévenus par aucun phénomène extérieur. L'odeur seule serait un indice; or cette odeur n'est pas toujours désagréable. A haute pression et en masses considérables, le gaz flatte plutôt l'odorat.

Une bonne ventilation peut avoir raison du dégagement d'acide carbonique, et, si des accidents sont survenus, c'est plutôt dans des mines métalliques où l'aérage n'était pas suffisamment établi. Dans un puits mal aéré, le dégagement d'acide carbonique est nocif, en raison de la grande densité du gaz qui l'empêche de remonter, s'il n'y est pas forcé mécaniquement. Dans une galerie en cul-de-sac, le gaz en séjournant peut devenir mortel.

A 1 % d'acide carbonique, les ouvriers peuvent travailler, mais sans que la proportion doive dépasser 2 %. A 10 %, l'atmosphère est déjà asphyxiante; à 15 % les lampes s'éteignent.

D'autres gaz délétères vicient l'atmosphère

d'une mine. Ces gaz proviennent de la décomposition des bois de mine. Sous l'influence d'une atmosphère humide, cette décomposition est assez active et donne des produits se rapprochant, comme nature, de ceux qu'on obtient dans la distillation du bois.

Une autre catégorie de gaz irrespirables est celle qui est fournie par les explosions des mines. La poudre donne surtout des fumées sulfureuses et sulfhydriques. La dynamite fournit une plus forte proportion de vapeurs azotiques. Quand le régime de la mine est quelque peu humide, ces gaz se dissolvent dans l'eau des galeries et ne s'évaporent que lentement dans l'atmosphère, si toutefois la galerie n'est parcourue que par un faible courant d'air.

Enfin, dans certaines mines métalliques, il peut y avoir production de gaz nuisibles à la santé de l'ouvrier par le choc des outils sur des minerais arsenicaux ou mercuriels. L'attention doit se porter sur un bon aérage du front de taille. Comment se réalise cet aérage ? C'est ce que nous allons dire.

Quantité d'air nécessaire. — On déterminera, suivant l'étendue de la mine et le nombre des ouvriers occupés dans la mine, la quantité d'air à introduire dans les travaux.

On admet que 10 à 15 litres d'air par homme et par seconde suffisent en général. S'il y a des chevaux dans la mine, on comptera chaque cheval comme équivalent à trois hommes. Quant à la vitesse du courant d'air, elle sera de 60 centimètres à 1 mètre par seconde.

La vitesse du courant et la quantité d'air qui passe dans une galerie peuvent se vérifier expérimentalement à l'aide d'un appareil appelé *anémomètre*. Du nombre de tours effectué par les ailettes de l'appareil et compté pendant une minute, on déduit par une formule spéciale à chaque appareil la quantité d'air qui passe dans la section mesurée de la galerie, la relation étant une équation linéaire avec constantes appropriées, où figurent : N, le nombre de tours de l'appareil, S, la section de la galerie, et Q, la quantité d'air.

Les appareils généralement employés sont les anémomètres Dickinson, Biram et Combes.

Distribution du courant d'air. — Il faut éviter de faire passer tout l'air dans un seul quartier d'une mine et d'envoyer ensuite cet air vicié dans un autre quartier. Chaque partie de la mine doit recevoir le contingent qui lui est nécessaire d'après le nombre d'ouvriers occupés.

Le réglage se fait à l'aide de portes doubles, de portes simples ou de portes à guichet qu'on

place dans les galeries inférieures de transport de la mine.

La porte double empêche l'accès d'air dans un quartier. Les deux portes qui la constituent seront suffisamment écartées pour qu'un cheval avec son train de wagonnets stationne entre les deux portes sans qu'on ouvre à la fois ces deux portes. On les ouvre successivement au contraire. Ces portes doubles sont souvent en fer.

Les portes simples sont en bois ou en fer. Elles s'ouvrent toujours en sens inverse du courant d'air. Le châssis de la porte est légèrement incliné pour faciliter la fermeture. Un guichet, guichet mobile parfois, est souvent ménagé dans les portes pleines simples afin de régler le courant d'air.

Le courant d'air qui arrive par la voie inférieure de transport doit venir jusqu'à l'avancement de cette voie et ne pas se perdre à travers les remblais ou les montages qui existent sur cette voie. Le muraillement de la galerie a l'avantage d'empêcher toute fuite à travers les remblais. Pour éviter les pertes dans un plan incliné, on place au bas du plan une voie à demi-pente où l'on scelle une porte. En bas d'une cheminée, on maintiendra toujours une certaine quantité de

produits en chargement pour empêcher les infiltrations d'air.

On dispose enfin, le plus souvent que ce sera nécessaire, des portes, ou même des toiles, pour bien diriger l'air et le forcer à lécher les fronts de taille afin de rafraîchir les ouvriers.

Canards et carnets d'aérage. — Il est pourtant des points de la mine où l'air n'ira pas directement et où il faudra le pousser. Ce sont les galeries ou les puits en cul-de-sac.

On constitue alors une voie artificielle qui pourra véhiculer l'air. A cet effet, on divise la galerie en deux parties au moyen d'une cloison réalisant un *carnet d'aérage*, ou bien on interpose un compartiment fait en bois ou en tôle. C'est le *canard d'aérage*.

Si la galerie est assez large, si elle a été ouverte pour y poser deux roulages, l'emploi de la cloison ou carnet d'aérage est la solution la plus simple et la plus rapide. La cloison se fera à l'aide de deux lignes de planches jointives clouées de chaque côté de montants en bois et bourrées intérieurement avec de l'argile. Des planches horizontales seront aussi placées, soit à la partie supérieure de la galerie, soit à la partie inférieure. Dans ce dernier cas, le compartiment pourra servir également à l'écoulement de l'eau ; il sera né-

cessaire alors que les deux fluides circulent dans le même sens, afin que la marche de l'eau n'entrave pas celle de l'air. L'aérage devra donc être aspirant, et non pas soufflant; c'est quelquefois un désavantage, la force du courant d'air étant moins considérable dans les fronts de la galerie avec le mode aspirant.

Si le carnet d'aérage doit durer quelque temps, il vaut mieux le faire en maçonnerie. La cloison est constituée d'une seule brique et on crépit du mortier pour empêcher toute fuite. Mais ce mortier se sèche parfois assez vite et se casse. Il est bon d'y mélanger une certaine quantité d'huile, ce qui le maintient toujours plastique et étanche aux fuites d'air.

Suivant l'importance que doit avoir l'aérage, la cloison s'établit sur toute la hauteur de la galerie, ou bien sur une partie de cette hauteur. Dans ce cas particulier, on forme une demi-voûte sur le côté de la galerie, de manière à laisser un espace libre où pourront passer des conduites d'air comprimé ou des fils électriques.

Dans les voies de moindre importance ou dans des travaux qu'on doit aérer pendant quelque temps seulement, on emploie des tuyaux en tôle, dit canards d'aérage. Ces tuyaux sont elliptiques et mesurent 35 centimètres sur 50

centimètres, pour une longueur de 2 mètres; on fait usage aussi de tuyaux cylindriques de 30 à 35 centimètres de diamètre. Les tuyaux s'emboîtent les uns dans les autres, et le joint est soigneusement calfaté avec de l'argile humide ou mélangée d'huile.

Dans ces tuyaux, le courant est soufflant ou bien aspirant. Le premier mode est préféré, en général, et, si l'on dispose d'air comprimé dans la mine, on peut augmenter la vitesse du courant en insufflant de l'air dans la colonne de tuyaux. On place un injecteur dans la conduite; mais la dépense en air comprimé est plutôt plus élevée qu'avec un ventilateur marchant à l'air comprimé, et l'effet utile beaucoup moindre.

Aérage naturel. — L'aérage naturel est celui des petites exploitations; c'est aussi celui de certains travaux à flanc de coteau.

L'aérage d'une galerie à flanc de coteau se pratique aisément au moyen de cheminées d'aérage analogues à celles employées par les chemins de fer pour le dégagement des fumées dans les tunnels d'une grande longueur. Mais, si la galerie a un certain développement et pénètre assez avant dans la montagne, il peut devenir onéreux de conduire sur une grande hauteur des cheminées d'aérage, cheminées

faites dans des terrains durs et stériles qui donnent des déblais encombrants ou qui sont longs et coûteux à traverser. Il vaut mieux alors creuser à un niveau supérieur la galerie ordinaire de retour d'air. Le courant s'y crée de lui-même ; l'air frais entre à la partie inférieure, s'élève à cause de son échauffement et sort par la galerie supérieure.

L'aérage peut aussi être naturel entre deux puits placés à une certaine distance. Toutefois le courant ne s'établira bien que si le puits de retour d'air est à un niveau plus élevé que le puits d'entrée d'air. La différence de cote doit être même assez notable, car, si elle est faible, il peut arriver qu'avec les changements de température et surtout avec les différences de pression du baromètre, le courant circule dans la mine tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre. Il se formera alors un tampon de gaz délétères, qui, ballotant dans les deux sens, gênera considérablement le travail des ouvriers en empêchant les lampes de brûler. Ces gaz ne pourront pas être évacués.

Aussi a-t-on songé depuis longtemps à activer la vitesse du courant de retour en chauffant l'air. On emploie, pour cela, des foyers qu'on installe à la partie inférieure du puits d'aérage. L'air est appelé de la mine sous la grille de ces

foyers et un courant s'établit dans le puits par suite de l'échauffement de la masse. Un courant d'air s'établit de même par aspiration dans les carnaux de chaudières installées à la surface. Enfin des injecteurs Kœrting fonctionnant à la vapeur et établis dans un puits peuvent activer l'aéragé naturel.

Aéragé par ventilateur. — Sitôt que la mine a une certaine importance, il faut renoncer à l'aéragé naturel et établir le courant d'air à l'aide de ventilateurs tirant sur une cloison ménagée dans le puits d'extraction ou mieux sur un puits spécial d'aéragé.

Les ventilateurs appartiennent à de nombreux types. Depuis longtemps, on les a classés en deux groupes qui sont :

1° Ventilateurs volumogènes.

2° Ventilateurs déprimogènes.

Chacun de ces groupes doit être subdivisé en deux sous-groupes.

Les ventilateurs volumogènes seront des ventilateurs fonctionnant à l'air libre, tels que les anciens systèmes Fabry, Roots, Lemielle, Waddle. Ils appartiendront aussi au type plus récent du ventilateur Mortier, où l'air passe par couches successives à travers l'appareil pendant sa rotation.

Les ventilateurs déprimogènes à leur tour se subdivisent en ventilateurs centrifuges et en ventilateurs hélicoïdes.

Le plus ancien des ventilateurs centrifuges est le ventilateur Guibal. Celui-ci, imaginé en Belgique, a été imité dans plusieurs autres pays et a donné naissance aux brevets Walker, Schiele, Pelzer, Winter. En France, on a créé sur un type légèrement modifié, le ventilateur Ser, puis le ventilateur Geneste et Herscher. Tous ces ventilateurs tournent dans une capacité entièrement fermée, sauf aux deux points d'arrivée et de sortie de l'air, et la dépression a lieu sous l'action de la force centrifuge. Dans les divers appareils, c'est la disposition des ailes qui varie.

Le seul représentant des ventilateurs hélicoïdes est le ventilateur Rateau. On a souvent appelé cet appareil un déplaceur d'air. Il se rapproche beaucoup d'une turbine au point de vue du fonctionnement. Sa forme est d'ailleurs celle d'une turbine en avant de laquelle est un appareil dit distributeur, muni ou non d'ailes directrices et en arrière de laquelle se trouve un diffuseur qui a pour but de transformer en pression utile la force vive du courant d'air sortant de la turbine. Le diffuseur, comme le

distributeur, sera constitué par un canal spiraloïde ou bien par un canal tronconique muni d'ailettes directrices ou enfin par un simple canal tronconique. Un tel ventilateur tient peu de place et s'installe sans grands frais, puisqu'on peut le placer directement dans une galerie de mines.

L'exploitant choisira entre ces divers types et cherchera, bien entendu, à avoir le meilleur rendement manométrique. Mais il devra surtout s'attacher à un appareil robuste ou, tout au moins, d'une réparation facile ; il est impossible, en effet, d'interrompre l'aérage dans certaines exploitations. C'est bien pour cela qu'on aura parfois un ventilateur de rechange fonctionnant pendant les réparations de l'autre.

PETIT LEXIQUE DU MINEUR

Nous donnerons sous forme de lexique quelques-uns des termes les plus ordinaires qui s'appliquent à l'exploitation des mines métalliques et dont la définition peut être nécessaire pour tous ceux qui ne sont pas des professionnels dans l'art de ces mines.

Affleurement. — On nomme ainsi les portions de couches ou de *flons* (voir ces mots) qui apparaissent à la surface du sol, quelquefois au milieu de roches formant pointement dans une plaine, le plus souvent plutôt dans un fossé, au fond d'une tranchée, sur la rive d'un fleuve, d'un lac ou d'une mer, partout enfin où a été faite naturellement ou artificiellement une cassure à travers les formations géologiques d'une contrée. La science du prospecteur de mines consiste à bien reconnaître les affleurements et à les suivre aussi loin et aussi longtemps qu'il le peut.

Alluvion. — C'est un dépôt de sables laissé par les eaux soit à l'époque géologique actuelle, soit à une époque plus ancienne. On applique surtout ce terme aux sables qui renferment de l'or. Il y a pourtant aussi des alluvions de platine, de diamant, et de divers métaux lourds ou rares qu'on exploite également.

Anticlinal (pli). — C'est un plissement d'une ou de plusieurs couches tel que la matière déposée se dresse

verticalement pour descendre ensuite en sens inverse et reprendre sa première position horizontale de dépôt.

Amas. — On appelle ainsi le dépôt de la matière minérale quand il existe sur une grande épaisseur. Il arrive bien souvent que l'amas est limité dans sa longueur ou dans sa hauteur, tandis que la *couche* (voir ce mot) est illimitée en longueur et en hauteur.

Batée. — C'est un disque en bois ayant une forme légèrement concave et servant à laver les sables aurifères dans le but d'en connaître la teneur en or. C'est plutôt un instrument de prospection que d'exploitation proprement dite.

Bocard. — On nomme ainsi un appareil comportant un ou plusieurs pilons, qui, relevés par des comes, broient les minerais en tombant de toute la force de leur poids.

Cage. — Appareil servant à l'extraction et remontant verticalement le long du puits les wagonnets de minerai.

Chapeau de fer. — C'est la partie supérieure des gisements métalliques caractéristique de l'*affleurement* (voir ce mot) de ces gisements. Le nom vient de ce fait que, par l'action des agents atmosphériques, il y a eu oxydation du minerai et, comme le fer est toujours mélangé aux autres métaux, l'oxyde de fer est celui qui se reconnaît le plus aisément à sa couleur et dont les pointements subsistent le mieux après les érosions en raison de leur dureté.

Chapelet. — On caractérise ainsi une forme spéciale du dépôt de la matière minérale telle qu'il y a discontinuité dans le dépôt et manifestation de concentrations successives de la substance qui adoptent la forme des grains d'un chapelet.

Colonne riche. — C'est la partie verticale d'un dépôt minéralisé où la *teneur* (voir ce mot) est la plus

élevée. Les colonnes riches se trouvent aux points où deux *filons* (voir ce mot) se croisent en *direction* (voir ce mot).

Conglomérat. — On caractérise ainsi un dépôt géologique tel que des cailloux d'une grosseur variable sont réunis entre eux par un ciment argileux. Le terme s'applique surtout à certains dépôts alluvionnaires de minerai d'or.

Couche. — Dépôt de matière minérale se manifestant au milieu des terrains qui se sont déposés au fond des eaux, c'est-à-dire au milieu des *sédiments* de la géologie. L'épaisseur d'une couche, ce qu'on appelle sa *puissance*, peut varier dans de grandes limites. Toutefois, quand la puissance atteint 20 ou 25 mètres, on désigne plutôt la couche sous le nom d'*amas*.

Croiseur. — Se dit d'un *filon* (voir ce mot) qui vient en rencontrer un autre en le traversant ou non et qui produit de ce fait une *colonne riche* (voir ce mot) au point de rencontre.

Direction. — C'est l'angle que fait une *couche* ou un *filon* (voir ces mots) avec la ligne nord-sud magnétique, soit aux *affleurements* (voir ce mot) soit à l'intersection d'un plan horizontal avec le plan de la couche ou du filon. Les galeries de roulage d'une exploitation sont toujours menées suivant cette ligne de direction ; c'est, en effet, une ligne de niveau.

Ditch. — On appelle ainsi le fossé qui sert à amener l'eau pour l'exploitation hydraulique des sables aurifères.

Druse. — Inclusion au milieu d'un *filon* (voir ce mot) d'une substance étrangère à la nature minérale de la substance du filon.

Dyke — Se dit surtout des éruptions porphyriques qui se manifestent au milieu des autres terrains.

Épontes. — On désigne ainsi les terrains qui en-

serrent la veine minérale et à l'intérieur desquels la formation métallifère a pris naissance. L'un est le *toit* et l'autre le *mur* (voir ces mots).

Étançon. — Bois qu'on place verticalement sous un bloc de terrain dégagé de plusieurs côtés et qui a pour but de s'opposer à la chute du bloc.

Faille. — C'est une déchirure dans les terrains stratifiés qui provient d'un mouvement géologique et qui relève ou abaisse un gîte par rapport à la position primitive qu'il occupait. La faille est *directe* si le déplacement se fait au *toit* (voir ce mot) de la couche. Elle est *inverse* dans le cas contraire.

Filon. — Ce terme sert à désigner les gîtes métallifères qui ont été formés par une éruption volcanique ou par la venue d'eaux thermales. Ce sont presque toujours des gisements très redressés et voisins de la verticale. On appelle *filons couches* des formations métalliques qui sont dues à des infiltrations d'eaux thermales et qui sont contemporaines des dépôts géologiques voisins. Les filons n'ont pas la même stratification que les terrains sédimentaires où ils sont enclavés. Pour les filons couches, au contraire, la concordance est parfaite.

Flanc de coteau. — On dit qu'une exploitation se fait à flanc de coteau lorsqu'on pénètre sans puits dans le gîte et qu'on peut tracer des galeries le long des escarpements de la montagne.

Gangue. — Matière stérile qui se trouve mélangée à une venue métallifère et qui s'y présente, soit en amas, soit en lits nettement stratifiés. L'élimination de cette gangue fait l'objet de la préparation mécanique des minerais.

Géode. — Partie caverneuse d'un gisement où se trouvent des cristallisations de la matière métallique ou même d'une substance étrangère.

Halde. — Dépôt fait à la surface près du puits d'ex-

traction des minerais extraits ou des substances stériles devant être rejetées.

Heure. — Pour désigner l'angle que fait un filon avec la ligne nord-sud magnétique, on peut faire usage des heures au lieu des degrés.

Inclinaison ou *Pendage.* — Angle fait avec l'horizontale par la ligne de plus grande pente d'une *couche* ou d'un *filon* (voir ces mots). C'est suivant cette inclinaison qu'on mène les plans inclinés et les montages.

Monitor. — Appareil servant à envoyer l'eau sous pression dans différentes directions pour l'abatage des sables aurifères par la méthode hydraulique.

Mur. — C'est le dépôt sédimentaire sur lequel on marche, quand on suit la ligne de plus grande pente d'une *couche* ou d'un *filon* (voir ces mots).

Noria. — Chaîne à godets servant à remonter les produits dans un atelier de préparation mécanique.

Orpailleur. — Ouvrier dont le gain consiste à laver les sables aurifères d'une rivière.

Pan. — Marmite à fond plat servant au lavage des sables aurifères pour déterminer leur teneur en or. Le pan est l'appareil ordinaire d'essai des chercheurs d'or de l'Amérique du Nord, tandis que la *butée* (voir ce mot) est employée dans presque tous les autres pays producteurs d'or.

Puissance. — C'est l'épaisseur de la *couche* ou du *filon* (voir ces mots) mesurée normalement au plan du gîte.

Refus. — Morceaux de minerai qui, dans un atelier de préparation mécanique, restent sur une grille ou sur une tôle perforée sans traverser les vides de cette grille ou les trous de cette tôle.

Rejet. — Le terme est synonyme de *faïlle* (voir ce mot). Le rejet ne comporte pas un déplacement des couches aussi important que la faïlle. Le rejet sera

de quelques mètres seulement, tandis que certaines failles portent sur plusieurs kilomètres.

Remplissage. — Ce terme sert à désigner les parties stériles ou *gangues* (voir ce mot) qui sont mélangées à la venue métallifère. Ce remplissage est plus ou moins caractéristique pour chaque espèce de minerai. Il est quelquefois constitué par un autre minerai présentant une valeur moindre que le minerai principal.

Salebande. — Lit de matériaux stériles qui constituent le remplissage d'un filon (voir ces mots).

Scheidage. — C'est une opération de la préparation mécanique des minerais qui consiste à séparer la substance utile des impuretés auxquelles elle est mélangée.

Schlamm. — On appelle ainsi une boue impalpable contenant encore une certaine quantité de matière utile. Les schlamms sont emportés par les eaux de lavage des minerais et ne se déposent que par une longue décantation de ces eaux.

Sluice. — Canal où passent les eaux de lavage des minerais aurifères et où l'or se dépose, soit naturellement par la pesanteur, soit au moyen de l'amalgamation.

Spitzkasten. — C'est une caisse pointue vers le bas au fond de laquelle les eaux de lavage peuvent, à leur passage, laisser déposer les matières minérales qu'elles contiennent à l'état de menu.

Stockwerk. — Réunion de plusieurs filons qui convergent pour donner un amas d'une grande richesse minérale.

Synclinal (pli). — On appelle ainsi le plissement d'une ou plusieurs couches, tel qu'une des branches du pli descend verticalement d'abord pour remonter ensuite en sens inverse.

Teneur. — On désigne ainsi la proportion des divers métaux contenus dans les minerais. Pour un minerai donné, la teneur, sans autre spécification, sera

la quantité du métal qui forme sa substance principale.

Toit. — C'est la partie du terrain sédimentaire qui s'est déposée au-dessus de la substance minérale et sous laquelle on marche quand on remonte une ligne de plus grande pente du gisement. Le toit est l'une des *épontes* (voir ce mot).

Trépan. — Outil de sondage attaquant directement le terrain et le découpant par choc et par rodage pour forer le trou de sonde.

Voisin. — Lit sédimentaire ou filon parallèle qui indique aux mineurs l'existence de la couche ou du filon principal. Ce voisin sera un dépôt de minerai ou simplement une roche, une manifestation quelconque de matière stérile.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE	5

CHAPITRE PREMIER

Définition du gîte

Prospection.	7
Travaux de recherche à la surface	8
Sondage	11
Profondeur des sondages.	12
Prise des échantillons	14
Coût d'un sondage	18
Emploi particulier du sondage.	21

CHAPITRE II

Accès au gîte

Puits	22
Travers-bancs	24
Galeries de roulage et d'exploitation	25
Percement des galeries	26
Fonçage des puits	28
Fonçage montant.	31
Conservation du vide créé	33

182 MISE EN VALEUR DES GÎTES MINÉRAUX

	Pages
Boisage	33
Blindage.	38
Muraillement	39

CHAPITRE III

Mode d'exploitation

Substances de faible valeur	42
Cas d'une couche.	43
Cas d'un filon couche	45
Cas d'un filon.	45
Exploitation à ciel ouvert	47
Exploitation à ciel ouvert et à flanc de coteau .	48
Exploitation hydraulique.	48
Exploitation à ciel ouvert avec excavation. . .	52
Emplacement des déblais.	53
Évacuation des eaux.	54
Remonte des produits.	55
Profondeur limite des exploitations à ciel ouvert.	57

CHAPITRE IV

Abatage du minéral

Classification des terrains.	59
Travail au chantier.	60
Abatage à la main sans explosifs.	62
Abatage à la main avec explosifs.	64
Abatage à la machine sans explosifs.	66
Abatage à la machine avec explosifs	68

CHAPITRE V

Perforatrices de mine

Perforatrices à main	70
Perforatrices à main sans affût.	71
Perforatrices à main avec affût	72

	Pages
Perforatrices à diamants	75
Perforatrices à main à percussion.	77
Perforatrices mécaniques.	77
Perforatrices rotatives	78
Perforatrices percutantes.	81
Perforatrice Dubois et François	82
Perforatrice Burton.	85
Perforatrices diverses	86
Perforatrices électriques percutantes	89

CHAPITRE VI

Explosifs de mine

Généralités	93
Poudre de mine	94
Dynamite	97
Explosifs nitrés	100
Explosifs chloratés	102
Tir électrique	103
Charge d'un trou de mine	104

CHAPITRE VII

Transport

Généralités	106
Description du wagonnet.	108
Établissement de la voie	111
Classification des modes de transport	113
Plan incliné	113
Descenderie	117
Cheminée	117
Balance	118
Transport par chevaux.	118
Transport mécanique	121
Transport par câble.	121
Chaîne flottante	123
Porteur aérien	124

CHAPITRE VIII

Remonte du minerai

	Pages
Engin d'extraction	127
Guidage	130
Câble d'extraction	133
Moteur d'extraction.	137
Organisation des manœuvres	143

CHAPITRE IX

Aménagement des eaux

Origine des eaux.	146
Serremments.	147
Galeries d'écoulement.	149
Épuisement au moteur d'extraction	150
Pompe souterraine d'épuisement	151
Machine d'épuisement.	155

CHAPITRE X

Conduite de l'air

Généralités	160
Gaz délétères d'une mine.	161
Quantité d'air nécessaire.	163
Distribution du courant d'air	164
Canards et carnets d'aérage.	166
Aérage naturel	168
Aérage par ventilateur	170
PETIT LEXIQUE DU MINEUR.	173

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS (6°).

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

TRAITÉ DE MÉCANIQUE RATIONNELLE

Par Paul APPELL,

Membre de l'Institut.

TOME I. — *Statique. Dynamique du point*, avec 178 figures; 2^e édition entièrement refondue : 1902..... 18 fr.

TOME II. — *Dynamique des systèmes. Mécanique analytique*, avec figures. (Sous presse.)

TOME III. — *Equilibre et mouvement des milieux continus*, avec 70 figures; 1903..... 17 fr.

LEÇONS

DE

MÉCANIQUE ÉLÉMENTAIRE

A L'USAGE DES ÉLÈVES DES CLASSES DE PREMIÈRE

(LATIN-SCIENCES OU SCIENCES-LANGUES VIVANTES)

Conformément aux programmes du 31 mai 1902.

PAR

P. APPELL,

Membre de l'Institut,
Professeur à la Faculté des Sciences.

J. CHAPPUIS,

Docteur ès Sciences,
Professeur à l'École Centrale.

Volume in-18 jésus avec figures; 1902..... 2 fr. 75 c.

COURS DE MÉCANIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS

A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES,

Par **P. APPELL,**

Membre de l'Institut, Professeur à l'École Centrale,
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Un volume in-8 de 272 pages, avec 143 figures; 1902.. 7 fr. 50 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
annexé à l'Université de Liège,

Par **Eric GÉRARD**,
Directeur de cet Institut.

6^e ÉDITION, DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques*; avec 388 figures; 1900..... 12 fr.

TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Applications de l'Électricité à la téléphonie, à la télégraphie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage, à la métallurgie et à la chimie industrielle*; avec 387 figures; 1900..... 12 fr.

TRACTION ÉLECTRIQUE,

Par **Eric GÉRARD**.

(Extrait des *Leçons sur l'Électricité* du même Auteur.)

Volume grand in-8 de vi-136 pages, avec 92 figures; 1900..... 3 fr. 50 c.

MESURES ÉLECTRIQUES,

Par **Eric GÉRARD**.

2^e édition, gr. in-8 de 532 p., avec 217 fig.; 1901. Cartonné toile anglaise.... 12 fr.

LE FROMENT ET SA MOUTURE

TRAITÉ DE MEUNERIE D'APRÈS UN MANUSCRIT INACHEVÉ

De **Aimé GIRARD**,

Membre de l'Institut,

Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Institut national agronomique,

Par **L. LINDET**,

Docteur ès Sciences, Professeur à l'Institut national agronomique.

Un beau volume grand in-8, avec 85 figures et 3 planches; 1903..... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS D'ANALYSE

PROFESSÉ A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Par **G. HUMBERT**,

Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique.

TOME I : *Calcul différentiel. Principes du calcul intégral. Applications géométriques.* Avec 111 figures; 1903. 16 fr.
TOME II..... (Sous presse.)

COURS D'ANALYSE INFINITÉSIMALE

Par **Ch.-J. de la VALLÉE-POUSSIN**,

Professeur à l'Université de Louvain.

Un volume grand in-8 de xiv-372 pages; 1903..... 12 fr.

LEÇONS

SUR LA THÉORIE DES FONCTIONS

Par **Émile BOREL**,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

Exposé de la théorie des ensembles et applications; 1898..... 3 fr. 50 c.
Leçons sur les fonctions entières; 1900..... 3 fr. 50 c.
Leçons sur les séries divergentes; 1901..... 4 fr. 50 c.
Leçons sur les séries à termes positifs; 1902..... 3 fr. 50 c.
Leçons sur les fonctions méromorphes; 1903..... 3 fr. 50 c.
Leçons sur les séries de polynomes..... (Sous presse.)

COURS D'ANALYSE MATHÉMATIQUE

Par **E. GOURSAT**,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

TOME I : *Dérivées et différentielles. Intégrales définies. Développements en séries. Applications géométriques.* Grand in-8; 1902..... 20 fr.
TOME II : (Sous presse.)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE
DES
FONCTIONS ELLIPTIQUES

PAR

Jules TANNERY et Jules MOLK.

TOME I : Introduction. Calcul différentiel (I ^e Partie); 1893.....	7 fr. 50 c.
TOME II : Calcul différentiel (II ^e Partie); 1896.....	9 fr. "
TOME III : Calcul intégral (I ^e Partie); 1898.....	8 fr. 50 c.
TOME IV : Calcul intégral (II ^e Partie) et Applications; 1902.....	9 fr. "

LEÇONS SUR LA THÉORIE DES GAZ

Par L. BOLTZMANN,

Professeur à l'Université de Leipzig,

TRADUITES PAR A. GALLOTTI, ancien Élève de l'École Normale;

AVEC UNE Introduction ET DES Notes

PAR M. BRILLOUIN, Professeur au Collège de France.

1^{re} PARTIE. GRAND IN-8 DE XIX-204 PAGES AVEC FIGURES; 1902. 8 fr.

NOTIONS FONDAMENTALES

DE

CHIMIE ORGANIQUE,

Par Ch. MOUREU,

Professeur agrégé à l'École supérieure de Pharmacie de l'Université de Paris.

UN VOLUME IN-8 DE VI-292 PAGES; 1902.

BROCHÉ 7 FR. 50 C. | CARTONNÉ 8 FR. 50 C.

LA TRACTION ÉLECTRIQUE

PAR CONTACTS SUPERFICIELS DU SYSTÈME DIATTO,

Par Ch. JULIUS, Ingénieur.

GRAND IN-8 DE 66 P., AVEC 12 FIG. OU PLANCHES; 1902. 2 FR. 75 C.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAVAUX
DU
CONGRÈS DE PHYSIQUE

RÉUNI A PARIS EN 1900, SOUS LES AUSPICES DE LA SOCIÉTÉ
FRANÇAISE DE PHYSIQUE,

Rassemblés et publiés par

Ch.-Éd. GUILLAUME et L. POINCARÉ,
Secrétaires généraux du Congrès.

QUATRE VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES.

TOMES I, II et III. *Rapports présentés au Congrès.* 3 volumes se vendant ensemble..... 50 fr.

On vend séparément :

TOME I : *Questions générales. Métrologie. Physique mécanique. Physique moléculaire*..... 18 fr.

TOME II : *Optique. Électricité. Magnétisme*..... 18 fr.

TOME III : *Électro-optique et ionisation. Applications. Physique cosmique. Physique biologique*..... 18 fr.

TOME IV : *Procès-verbaux. Annexes. Liste des membres; 1901*..... 6 fr.

ABRÉGÉ

DES

INSTRUCTIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Par Alfred ANGOT,

Météorologiste titulaire au Bureau central météorologique,
Professeur à l'Institut national agronomique.

Brochure in-8 de VIII-44 pages avec figures; 1902.... 1 fr. 50 c.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE

MÉTÉOROLOGIE

Par Alfred ANGOT,

Météorologiste titulaire au Bureau Central météorologique,
Professeur à l'Institut national agronomique et à l'École supérieure
de Marine.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 103 FIG. ET 4 PL.; 1899. 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS SUR LA THÉORIE DES FORMES

ET LA GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE SUPÉRIEURE,

à l'usage des Étudiants des Facultés des Sciences,

Par **H. ANDOYER**,

Maitre de Conférences à l'École Normale supérieure.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Volume de vi-508 pages; 1900..... 15 fr.

TOME II..... (En préparation.)

COURS D'ÉLECTRICITÉ

Par **H. PELLAT**,

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

3 volumes grand in-8, se vendant séparément :

TOME I : *Électrostatique. Loi d'Ohm. Thermo-électricité*, avec 145 figures; 1901..... 10 fr.

TOME II : (*Sous presse.*) — TOME III : (*En préparation.*)

ESSAI SUR LES FONDEMENTS DE LA GÉOMÉTRIE

Par **B.-A.-W. RUSSELL**,

Traduction par **C. CADENAT**, revue et annotée par l'Auteur
et par **Louis COUTURAT**.

Grand in-8, avec 11 figures; 1901..... 9 fr.

GUIDE PRATIQUE

POUR LES

CALCULS DE RÉSISTANCE

DES

CHAUDIÈRES A VAPEUR ET L'ESSAI DES MATÉRIAUX EMPLOYÉS,

Publié par l'Union Internationale des Associations de surveillance d'Appareils à vapeur,

TRADUIT SUR LA 7^e ÉDITION ALLEMANDE,

Par **G. HUIN**, Ancien Élève de l'École Polytechnique, Capitaine d'Artillerie.

E. MAIRE, Ingénieur E. C. P., Directeur de l'Association des
Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord-Est,

Avec la collaboration de **H. WALTHER MEUNIER**, Ingénieur E. C. P.,
Ingénieur en chef de l'Association alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur.

Un volume in-12 raisin avec 10 figures; 1901..... 2 fr. 75 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE PHYSIQUE MATHÉMATIQUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES.

THÉORIE ANALYTIQUE DE LA CHALEUR
MISE EN HARMONIE AVEC LA THERMODYNAMIQUE
ET AVEC LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA LUMIÈRE,

Par **J. BOUSSINESQ**,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

Deux volumes grand in-8 se vendant séparément :

TOME I : *Problèmes généraux*. Vol. de xxvii-333 p.; av. 14 fig.; 1901. **10 fr.**

TOME II : *Échauffement par contact et échauffement par rayonnement. Conductibilité des aiguilles, lames et masses cristallines. Courants de convection. Théorie mécanique de la lumière*..... (Sous presse.)

LES CARBURES D'HYDROGÈNE (1851-1901)

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

Par **M. BERTHELOT**,

Sénateur, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

3 volumes grand in-8, se vendant ensemble..... **45 fr.**

TOME I : *L'Acétylène : synthèse totale des carbures d'hydrogène*. Volume de x-414 pages. — TOME II : *Les Carbures pyrogénés. Séries diverses*. Volume de iv-558 pages. — TOME III : *Combinaison des carbures d'hydrogène avec l'hydrogène, l'oxygène, les éléments de l'eau*. Vol. de iv-459 pages.

COMPTE RENDU DU

Deuxième Congrès international des Mathématiciens

TENU A PARIS DU 6 AU 12 AOUT 1900.

PROCÈS-VERBAUX ET COMMUNICATIONS

PUBLIÉS PAR

E. DUPORCQ,

Ingénieur des Télégraphes, Secrétaire général du Congrès.

UN BEAU VOLUME GRAND IN-8 DE 436 P., AVEC FIGURES; 1902. **16 FR.**

L'ANNÉE TECHNIQUE (1901-1902)

TRAMWAYS. CYCLES. TRAVAUX PUBLICS. CONSTRUCTIONS MARITIMES
ET NAVALES. ARMEMENTS. NAVIGATION AÉRIENNE,

Par **A. DA CUNHA**, Ingénieur des Arts et Manufactures;

Avec Préface de **M. Émile Trélat**, Directeur de l'École spéciale d'Architecture.

UN BEAU VOL. GR. IN-8 DE VIII-271 P. AVEC 114 FIG.; 1902. **3 FR. 50 c.**

L'année 1901-1902 est en vente au même prix.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par J. JAMIN et E. BOUTY.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET)..... 72 fr.

TOME I. — 9 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures..... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 figures. 5 fr.
2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches..... 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures..... 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.
2^e fascicule. — *Optique géométrique*; 139 fig. et 3 planches. 4 fr.
3^e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.
2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

- 3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.
4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES des quatre volumes. In-8; 1891..... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

2^e SUPPLÉMENT. — *Électricité. Ondes hertziennes. Rayons X*; par E. BOUTY. In-8, avec 48 figures et 2 planches; 1899. 3 fr. 50 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS

ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

CONFORME AU PROGRAMME DU COURS DE L'ÉCOLE CENTRALE (E. I.)

Par **ALHEILIG** et **C. ROCHE**, Ingénieurs de la Marine.

TOME I (412 fig.); 1895 20 fr. | TOME II (281 fig.); 1895 18 fr.

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

E. DEHARME,

PAR

A. PULIN,

Ing^r principal à la Compagnie du Midi.

Ing^r Insp^r p^{al} aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). 15 fr.

CHEMINS DE FER.

ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. — LA CHAUDIÈRE.

E. DEHARME.

PAR

A. PULIN.

Un volume grand in-8 de vi-608 p. avec 131 fig. et 2 pl.; 1900 (E. I.). 15 fr.

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL TRAMWAYS

Par **Pierre GUÉDON**, Ingénieur.

Un beau volume grand in-8, de 393 pages et 141 figures (E. I.); 1904 11 fr.

LA BETTERAVE AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

Par **L. GESCHWIND** et **E. SELLIER**, Chimistes.

Grand in-8 de iv-668 pages avec 130 figures; 1902 (E. I.) 20 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

INDUSTRIES DU SULFATE D'ALUMINIUM, DES ALUNS ET DES SULFATES DE FER,

Par Lucien GESCHWIND, Ingénieur-Chimiste.

Un volume grand in-8, de VIII-364 pages, avec 195 figures; 1899 (E. I.). 10 fr.

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par C. BRICKA,

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I: avec 326 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II: avec 177 fig.; 1894.. 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par J. DENFER,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par J. DENFER,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I: avec 479 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II: avec 571 fig.; 1894.. 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par Al. GOUILLY,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 436 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.)... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

MÉTALLURGIE GÉNÉRALE

PROCÉDÉS DE CHAUFFAGE

Par **U. LE VERRIER**,

Ingénieur en chef des Mines, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Grand in-8, de 367 pages, avec 171 figures; 1902 (E. I.) 12 fr.

VERRE ET VERRERIE

Par **Léon APPERT** et **Jules HENRIVAUX**, Ingénieurs.

Grand in-8 avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.)..... 20 fr.

BLANCHIMENT ET APPRÊTS

TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,

Directeur des teintures aux Manufac-
tures nationales
des Gobelins et de Beauvais,

F. DOMMER,

Professeur à l'École de Physique
et de Chimie industrielles
de la Ville de Paris,

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien Préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

R. IN-8, AVEC 368 FIG., ET ÉCH. DE TISSUS IMPRIMÉS; 1893 (E. I.). 30 FR.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

Par **Aug. FÖPPL**, Professeur à l'Université technique de Munich.

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR **E. HAHN**, Ing. de l'École Polytechnique de Zurich.

Grand in-8, de 489 pages, avec 74 fig.: 1901 (E. I.)... 15 fr.

INSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **A. CRONEAU**,

Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

I : avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4°; 1894..... 18 fr.

II : avec 59 fig.; 1894..... 15 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY**,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.). 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le contrôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique (économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

CHEMINS DE FER.

EXPLOITATION TECHNIQUE

PAR MM.

SCHELLER,

Chef adjoint des Services commerciaux
à la Compagnie du Nord.

FLEURQUIN,

Inspecteur des Services commerciaux
à la même Compagnie.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES: 1901 (E. I.)..... 12 FR.

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.

PRODUITS RÉFRACAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par **E. BOURRY**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 755 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

RÉSUMÉ DU COURS

DE

MACHINES A VAPEUR ET LOCOMOTIVES

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **J. HIRSCH**,

Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

2^e édition. Gr. in-8 de 510 p. avec 314 fig.; 1898 (E. T. P.). 18 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **Henri DE LAPPARENT**,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, CLIMATS, SOLS, ETC., SUR LE VIN; VINIFICATION,
CUVERIE, CHAIS, VIN APRÈS LE DÉCUVAGE. ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

GR. IN-8 DE XII-533 P., AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES; 1895 (E. I.) 12 FR.

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par **A. JOANNIS**, Prof^r à la Faculté de Bordeaux,

TOME I: 688 p., avec fig.; 1896. 20 fr. | TOME II: 718 p., avec fig. 1896. 15 fr.

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

Par **G. LECHALAS**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

TOME I; 1889; 20 fr. — TOME II: 1^{re} partie; 1893; 10 fr. 2^e partie; 1898; 10 fr.

MACHINES FRIGORIFIQUES

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

Par **H. LORENZ**, Professeur à l'Université de Halle.

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR **P. PETIT**, et **J. JAQUET**.

Grand in-8 de ix-186 pages, avec 131 figures; 1898 (E. I.)... 7 fr.

COURS DE CHEMINS DE FER

(ÉCOLE SUPÉRIEURE DES MINES),

Par **E. VICAIRE**, Inspecteur général des Mines,

rédigé et terminé par **F. MAISON**, Ingénieur des Mines.

Gr. in-8 de 581 pages avec nombreuses fig.; 1903 (E. I.)... 20 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par **Maurice D'OCAGNE**,

Ing^r et Prof^r à l'École des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'École Polytechnique.

GR. IN-8, DE XI-428 P., AVEC 340 FIG.; 1896 (E. T. P.)... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LES ASSOCIATIONS OUVRIÈRES
ET LES ASSOCIATIONS PATRONALES,

Par P. HUBERT-VALLEROUX, Docteur en Droit.

GRAND IN-8 DE 361 PAGES; 1899 (E. I.)..... 10 FR.

TRAITÉ DES FOURS A GAZ
A CHALEUR RÉGÉNÉRÉE. DÉTERMINATION DE LEURS DIMENSIONS,

Par Friedrich TOLDT, Ingénieur,

TRADUIT DE L'ALLEMAND par F. DOMMER, Ingénieur des Arts
et Manufactures.

Un volume grand in-8 de 392 pages, avec 68 figures; 1900 (E. I.). 11 fr.

BETTERAVE AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

Par L. GESCHWIND, Ingénieur chimiste,
et E. SELLIER, Chimiste.

ANALYSE INFINITÉSIMALE
A L'USAGE DES INGÉNIEURS,

Par E. ROUCHÉ et L. LÉVY,

TOME I : *Calcul différentiel*. VIII-557 pages, avec 45 figures; 1900..... 15 fr.

TOME II : *Calcul intégral*. 829 pages, avec 50 figures; 1903..... 15 fr.

COURS D'ÉCONOMIE POLITIQUE

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par G. COLSON, Conseiller d'État.

TOME I : *Exposé général des Phénomènes économiques. Le travail et les ques-
tions ouvrières*. Volume de 600 pages; 1901..... 10 fr.

TOMES II et III..... (Sous presse.)

Envoi franco dans l'Union postale contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la Science, de l'Art et des applications pratiques.

DERNIERS OUVRAGES PARUS :

LES PHOTOTYPES SUR PAPIER AU GÉLATINOBROMURE,

Par F. QUÉNISSET.

In-18 jésus, avec figures et 1 planche spécimen; 1901..... 1 fr. 25 c.

LES AGRANDISSEMENTS,

Par G. GUILLON.

In-18 jésus, avec figures; 1901..... 2 fr. 75 c.

A B C DE LA PHOTOGRAPHIE MODERNE,

Par W.-K. BURTON.

5^e édition. Traduction sur la 12^e édition anglaise, par G. HUBERSON.

In-18 jésus, avec figures; 1901..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE AU CHARBON,

Par Paul DARBY.

Brochure in-18 de 36 pages..... 1 fr.

REPRODUCTION DES GRAVURES, DESSINS, PLANS, MANUSCRITS,

Par A. COURRÈGES, Praticien.

In-18 jésus, avec figures; 1900..... 2 fr.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE,

Par A. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens ... 32 fr.
Chaque volume se vend séparément..... 16 fr.

LES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES,

Par A. COURRÈGES, Praticien.

In-18 jésus, avec 12 figures; 1901..... 2 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS.

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... 48 fr.

Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. 14 fr.

2^e Supplément (B). Un beau vol. gr. in-8 de 424 p. avec 221 fig.; 1897. 14 fr.

3^e Supplément (C). Un beau vol. gr. in-8 de 400 pages; 1903..... 14 fr.

Les 7 volumes se vendent ensemble..... 84 fr.

LA PHOTOGRAPHIE D'ART

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900,

Par C. KLARY.

Grand in-8 de 88 pages, avec nombreuses illustrations et planches; 1901..... 6 fr. 50 c.

COMMENT ON OBTIENT UN CLICHÉ PHOTOGRAPHIQUE,

Par Marcel MOLINIÉ.

Petit in-8 de 188 pages..... 2 fr.

MANUEL DU PHOTOGRAPHE AMATEUR,

Par F. PANAJOU,

Chef du Service photographique à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

3^e ÉDITION COMPLÈTEMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

Petit in-8, avec 63 figures; 1899..... 2 fr. 75 c.

TRAITÉ PRATIQUE DES TIRAGES PHOTOGRAPHIQUES,

Par Ch. SOLLET.

Volume in-16 raisin de vi-240 pages; 1902..... 4 fr.

LA PHOTOGRAPHIE ANIMÉE,

Par E. TRUTAT,

Avec une Préface de M. MAREY.

Un volume grand in-8, avec 146 figures et 1 planche; 1899..... 5 fr.

ESTHÉTIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE.

Un volume de grand luxe in-4 raisin, avec 14 planches et 150 figures. 16 fr.

**TRAITÉ PRATIQUE
DE PHOTOGRAVURE EN RELIEF ET EN CREUX,**

Par Léon VIDAL.

In-18 jésus de xiv-445 p. avec 65 figures et 6 planches; 1900..... 6 fr. 50 c.

33024. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.

MASSON & C^{ie}, Éditeurs

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain, Paris (6^e)

P. n^o 320.

COLLECTION LÉAUTÉ

EXTRAIT DU CATALOGUE (1)

(Février 1903)

La Pratique Dermatologique

Traité de Dermatologie appliquée

Publié sous la direction de MM.

ERNEST BESNIER, L. BROCCQ, L. JACQUET

Par MM. AUDRY, BALZER, BARBE, BAROZZI, BARTHÉLEMY, BENARD, ERNEST BESNIER
BODIN, BRAULT, BROCCQ, DE BRUN, DU CASTEL, COURTOIS-SUFFIT

J. DARIER, DEHU, DOMINICI, W. DUBREUILH, HUDELO, L. JACQUET, JEANSELME
J.-B. LAFFITTE, LENGLET, LEREDDE, MERKLEN, PERRIN

RAYNAUD, RIST, SABOURAUD, MARCEL SÉE, GEORGES THIBIERGE, VEYRIÈRES

4 forts volumes richement cartonnés toile, très largement illustrés de
figures en noir et de planches en couleurs. En souscription jusqu'à la
publication du tome IV 150 fr.

TOME I. 1 fort vol. gr. in-8^o avec 230 fig. en noir et 24 pl. en coul. 36 fr.
Anatomie et Physiologie de la Peau. — Pathologie générale de la
Peau. — Symptomatologie générale des Dermatoses. — Acan-
thosis Nigricans. — Acnés. — Actinomycose. — Adénomes. —
Alopécies. — Anesthésie locale. — Balanites. — Bouton d'Orient
— Brûlures. — Charbon. — Classifications dermatologiques. —
Dermatites polymorphes douloureuses. — Dermatophytes. —
Dermatozoaires. — Dermites infantiles simples. — Ecthyma.

TOME II. 1 fort vol. gr. in-8^o avec 168 fig. en noir et 21 pl. en coul. 40 fr.
Eczéma. — Electricité. — Eléphantiasis. — Epithélioma. — Eruptions
artificielles. — Erythème. — Erythrasma. — Erythrodermes. —
Esthiomène. — Favus. — Folliculites. — Furunculose. — Gale. —
Gangrène cutanée. — Gerçures. — Greffe. — Hématodermite. —
Herpès. — Hydroa vacciniiforme. — Ichtyose. — Impétigo. —
Kératodermie. — Kératose pileaire. — Langue.

TOME III. 1 fort vol. gr. in-8^o avec 201 fig. en noir et 19 pl. en coul. 40 fr.
Lèpre. — Lichen. — Lupus. — Lymphadénie cutanée. — Lymphan-
giome. — Madura (pied de). — Mélanodermies. — Miliium et pseudo-
Miliium. — Molluscum contagiosum. — Morve et Farcin. — Mycosis
fongoïde. — Nævi. — Nodosités cutanées. — Œdème. — Ongles. —
Maladie de Paget. — Papillomes. — Pelade. — Pellagre. — Pem-
phigus. — Perlèche. — Phtiriase. — Pian. — Pityriasis, etc.

Sous presse : TOME IV

(1) La librairie envoie gratuitement et franco de port les catalogues suivants à toutes
les personnes qui lui en font la demande. — Catalogue général. — Catalogues
de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire : I. Section de l'ingé-
nieur. II. Section du biologiste. — Catalogue des ouvrages d'enseignement.

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur à la Faculté de médecine
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Chirurgien des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, PIERRE DELBET, DELENS, DEMOULIN, J.-L. FAURE
FORGUE, GÉRARD MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER
KIRMISSON, LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON, PEYROT
PONCET, QUÉNU, RICARD, RIEFFEL, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

Ouvrage complet

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUDUE

8 vol. gr. in-8° avec nombreuses figures dans le texte. 150 fr.

TOME I. — 1 vol. grand in-8° de 912 pages avec 218 figures 18 fr.

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.
BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.

QUÉNU. — Des tumeurs.
LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.

TOME II. — 1 vol. grand in-8° de 996 pages avec 361 figures 18 fr.

LEJARS. — Nerfs.

RICARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.

MICHAUX. — Artères.

PONCET. — Affections non traumatiques des os.

QUÉNU. — Maladies des veines.

TOME III. — 1 vol. grand in-8° de 940 pages avec 285 figures 18 fr.

NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.

LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.

QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.

GÉRARD MARCHANT. — Crâne.

KIRMISSON. — Rachis.

S. DUPLAY. — Oreilles et annexes.

TOME IV. — 1 vol. grand in-8° de 896 pages avec 354 figures 18 fr.

DELENS. — L'œil et ses annexes.

nasales, pharynx nasal et sinus.

GÉRARD MARCHANT. — Nez, fosses

HEYDENREICH. — Mâchoires.

TOME V. — 1 vol. grand in-8° de 948 pages avec 187 figures 20 fr.

BROCA. — Face et cou. Lèvres, cavité buccale, gencives, palais, langue, larynx, corps thyroïde.

des salivaires, œsophage et pharynx.

WALTHER. — Maladies du cou.

HARTMANN. — Plancher buccal, glan-

PEYROT. — Poitrine.

PIERRE DELBET. — Mamelle.

TOME VI. — 1 vol. grand in-8° de 1127 pages avec 218 figures 20 fr.

MICHAUX. — Parois de l'abdomen.

HARTMANN. — Estomac.

BERGER. — Hernies.

FAURE et RIEFFEL. — Rectum et anus.

JALAGUIER. — Contusions et plaies de l'abdomen, lésions traumatiques et corps étrangers de l'estomac et de l'intestin. Occlusion intestinale, péritonites, appendicite.

HARTMANN et GOSSET. — Anus contre nature. Fistules stercorales.

QUÉNU. — Mésentère. Rate. Pancréas.

SEGOND. — Foie.

TOME VII. — 1 fort vol. gr. in-8° de 1272 pages, 291 fig. dans le texte 25 fr.

WALTHER. — Bassin.

RIEFFEL. — Affections congénitales de la région sacro-coccygienne.

FORGUE. — Urètre et prostate.

TUFFIER. — Rein. Vessie. Urètres.

RECLUS. — Organes génitaux de l'homme.

Capsules surrénales.

TOME VIII. 1 fort vol. gr. in-8° de 971 pages, 163 fig. dans le texte 20 fr.

MICHAUX. — Vulve et vagin.

ovaires, trompes, ligaments larges, péritoine pelvien.

PIERRE DELBET. — Maladies de l'utérus.

KIRMISSON. — Maladies des membres.

SEGOND. — Annexes de l'utérus,

Traité d'Anatomie Humaine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

P. POIRIER

Professeur agrégé
à la Faculté de Médecine de Paris
Chirurgien des Hôpitaux.

A. CHARPY

Professeur d'anatomie
à la Faculté de Médecine
de Toulouse.

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

O. Amoëdo — A. Branca — Cannieu — B. Cunéo — G. Delamare
Paul Delbet — P. Fredet — Glantenay — Gosset
P. Jacques — Th. Jonnesco — E. Laguesse — L. Manouvrier — A. Nicolas
P. Nobécourt — O. Pasteau — M. Picou
A. Prenant — H. Rieffel — Ch. Simon — A. Soulié

5 volumes grand in-8°. En souscription : 150 fr.

Chaque volume est illustré de nombreuses figures en noir et en couleurs.

ÉTAT DE LA PUBLICATION (FÉVRIER 1903)

- TOME PREMIER** (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — **Embryologie.** Notions d'embryologie. — **Ostéologie.** Considérations générales, des membres, squelette du tronc, squelette de la tête. — **Arthrologie.** Développement des articulations, structure, articulations des membres, articulations du tronc, articulations de la tête. 1 vol. gr. in-8° avec 807 figures. 20 fr.
- TOME II** (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — 1^{er} Fascicule : **Myologie.** Embryologie, histologie, peauciers et aponévroses. 1 vol. gr. in-8° avec 331 figures. 12 fr.
2^e Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Angéiologie.** Cœur et Artères. Histologie. 1 vol. gr. in-8° avec 150 figures. 8 fr.
3^e Fascicule (*Deuxième édition, revue*) : **Angéiologie** (*Capillaires, Veines*). 1 vol. gr. in-8° avec 75 figures. 6 fr.
4^e Fascicule : **Les Lympatiques.** 1 vol. gr. in-8° avec 147 fig. 8 fr.
- TOME III** (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — 1^{er} Fascicule : **Système nerveux.** Méninges, moelle, encéphale, embryologie, histologie. 1 vol. gr. in-8° avec 265 figures. 10 fr.
2^e Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Système nerveux.** Encéphale. 1 vol. grand in-8° avec 131 figures. 10 fr.
3^e Fascicule : **Système nerveux.** Les nerfs, nerfs craniens, nerfs rachidiens. 1 vol. gr. in-8° avec 205 figures. 12 fr.
- TOME IV.** — 1^{er} Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Tube digestif.** Développement, bouche, pharynx, œsophage, estomac, intestins. 1 vol. gr. in-8°, avec 205 figures. 12 fr.
2^e Fascicule (*Deuxième édition, revue*) : **Appareil respiratoire.** Larynx, trachée, poumons, plèvre, thyroïde, thymus. 1 vol. gr. in-8°, avec 124 figures. 6 fr.
3^e Fascicule : **Annexes du tube digestif.** Dents, glandes salivaires, foie, voies biliaires; pancréas, rate, Péritoine. 1 vol. gr. in-8° avec 364 fig. en noir et en couleurs. 16 fr.
- TOME V.** — 1^{er} Fascicule : **Organes génito-urinaires.** Reins, urètre, vessie, urètre, prostate, verge, périnée, appareil génital de l'homme, appareil génital de la femme. 1 vol. gr. in-8° avec 431 figures. 20 fr.
2^e Fascicule : **Les Organes des Sens** (sous presse).

CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD

BABINSKI, BALLEZ, P. BLOCQ, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD, L. GUINON, G. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, CÉTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT, SOUQUES, THIBERGE, THOINOT, TOLLEMER, FERNAND WIDAL.

Traité de Médecine

DEUXIÈME ÉDITION

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

BOUCHARD

Professeur à la Faculté de médecine
de Paris,
Membre de l'Institut.

BRISSAUD

Professeur à la Faculté de médecine
de Paris,
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

10 vol. gr. in-8°, av. fig. dans le texte. *En souscription.* 150 fr.

TOME I^{er}

1 vol. gr. in-8° de 845 pages, avec figures dans le texte. 16 fr.

Les Bactéries, par L. GUIGNARD, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur à l'École de Pharmacie de Paris. — **Pathologie générale infectieuse**, par A. CHARRIN, professeur remplaçant au Collège de France, directeur du laboratoire de médecine expérimentale, médecin des hôpitaux. — **Troubles et maladies de la Nutrition**, par PAUL LE GENDRE, médecin de l'hôpital Tenon. — **Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 894 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Fièvre typhoïde, par A. CHANTEMESSE, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies infectieuses**, par F. WIDAL, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Typhus exanthématique**, par L.-H. THOINOT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Fièvres éruptives**, par L. GUINON, médecin des hôpitaux de Paris. — **Erysipèle**, par E. BOIX, chef de laboratoire à la Faculté. — **Diphthérie**, par A. RUAULT. — **Rhumatisme**, par CÉTINGER, médecin des hôpitaux de Paris. — **Scorbut**, par TOLLEMER, ancien interne des hôpitaux.

TOME III

1 vol. grand in-8° de 702 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Maladies cutanées, par G. THIBERGE, médecin de l'hôpital de la Pitié. — **Maladies vénériennes**, par G. THIBERGE. — **Maladies du sang**, par A. GILBERT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Intoxications**, par A. RICHARDIÈRE, médecin des hôpitaux de Paris.

TOME IV

1 vol. grand in-8° de 680 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Maladies de la bouche et du pharynx, par A. RUAULT. — **Maladies de l'estomac**, par A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral. — **Maladies du pancréas**, par A. MATHIEU. — **Maladies de l'intestin**, par COURTOIS-SUFFIT, médecin des hôpitaux. — **Maladies du péritoine**, par COURTOIS-SUFFIT.

TOME V

1 vol. gr. in-8° avec fig. en noir et en coul. dans le texte. 18 fr.

Maladies du foie et des voies biliaires, par A. CHAUFFARD, professeur agrégé, médecin des hôpitaux. — **Maladies du rein et des capsules surrénales**, par A. BRAULT, médecin des hôpitaux. — **Pathologie des organes hématopoiétiques et des glandes vasculaires sanguines**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers.

TOME VI

1 vol. grand in-8° de 612 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

Maladies du nez et du larynx, par A. RUAULT. — **Asthme**, par E. BRISAUD, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Saint-Antoine. — **Coqueluche**, par P. LE GENDRE, médecin des hôpitaux. — **Maladies des bronches**, par A.-B. MARFAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Troubles de la circulation pulmonaire**, par A.-B. MARFAN. — **Maladies aiguës du poumon**, par NETTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux.

TOME VII

1 vol. grand in-8° de 550 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

Maladies chroniques du poumon, par A.-B. MARFAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Phthisie pulmonaire**, par A.-B. MARFAN. — **Maladies de la plèvre**, par NETTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies du médiastin**, par A.-B. MARFAN.

TOME VIII

1 vol. grand in-8° de 580 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

Maladies du cœur, par ANDRÉ PETIT, médecin des hôpitaux. — **Maladies des vaisseaux sanguins**, par W. QÜTTINGER, médecin des hôpitaux.

Sous presse : TOMES IX et X. — Maladies du Système nerveux.

Traité de Physiologie

PAR

J.-P. MORAT

Professeur à l'Université de Lyon.

Maurice DOYON

Professeur agrégé
à la Faculté de médecine de Lyon

5 vol. gr. in-8° avec fig. en noir et en couleurs. En souscription. 55 fr.

- I. — **Fonctions d'innervation**, par J.-P. MORAT. 1 vol. gr. in-8°, avec 263 figures noires et en couleurs. 15 fr.
- II. — **Fonctions de nutrition : Circulation**, par M. DOYON; **Calorification**, par P. MORAT. 1 vol. gr. in-8° avec 173 figures en noir et en couleurs. 12 fr.
- III. — **Fonctions de nutrition (suite et fin) : Respiration, excrétion**, par J.-P. MORAT; **Digestion, Absorption**, par M. DOYON. 1 vol. gr. in-8°, avec 167 figures en noir et en couleurs. 12 fr.

COLLECTION DE PLANCHES MURALES

DESTINÉES A

L'Enseignement de la Bactériologie

PUBLIÉES PAR

L'INSTITUT PASTEUR DE PARIS

65 planches du format 80 × 62 c/m, tirées en couleurs sur papier toile très fort, munies d'œillets permettant de les suspendre et réunies dans un carton, avec un *texte explicatif rédigé en français, allemand et anglais.*

Prix : 250 francs (port en sus). (*Les planches ne sont pas vendues séparément.*)

Traité de Pathologie générale

Publié par Ch. BOUCHARD

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris.

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : G.-H. ROGER

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

COLLABORATEURS :

MM. ARNOZAN, D'ARSONVAL, BENNI, F. BEZANÇON, R. BLANCHARD, BOINET, BOULAY, BOURCY, BRUN, CADIOT, CHABRIÉ, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, J. COURMONT, DEJERINE, PIERRE DELBET, DEVIC, DUCAMP, MATHIAS DUVAL, FÉRÉ, GAUCHER, GILBERT, GLEY, GOUGET, GUIGNARD, LOUIS GUINON, J.-F. GUYON, HALLÉ, HÉNOCCQUE, HUGOUNENQ, LAMBLING, LANDOUZY, LAVERAN, LEBRETON, LE GENDRE, LEJARS, LE NOIR, LERMOYER, LESNÉ, LETULLE, LUBET-BARBON, MARFAN, MAYOR, MENETRIER, MORAX, NETTER, PIERRET, RAVAUT, G.-H. ROGER, GABRIEL ROUX, RUFFER, SICARD, RAYMOND TRIPIER, VUILLEMIN, FERNAND WIDAL.

6 volumes grand in-8° avec figures dans le texte. . . . 126 fr.

TOME I

1 vol. grand in-8° de 1018 pages avec figures dans le texte : 18 fr.

Introduction à l'étude de la pathologie générale. — Pathologie comparée de l'homme et des animaux. — Considérations générales sur les maladies des végétaux. — Pathologie générale de l'embryon. Tératogénie. — L'hérédité et la pathologie générale. — Prédilection et immunité. — La fatigue et le surmenage. — Les Agents mécaniques. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante. — Les Agents chimiques : les caustiques. — Les intoxications.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 940 pages avec figures dans le texte : 18 fr.

L'infection. — Notions générales de morphologie bactériologique. — Notions de chimie bactériologique. — Les microbes pathogènes. — Le sol, l'eau et l'air, agents des maladies infectieuses. — Des maladies épidémiques. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes. — Les parasites.

TOME III

1 vol. in-8° de 1400 pages, avec figures dans le texte, publié en deux fascicules : 28 fr.

Fasc. I. — Notions générales sur la nutrition à l'état normal. — Les troubles préalables de la nutrition. — Les réactions nerveuses. — Les processus pathologiques de deuxième ordre.

Fasc. II. — Considérations préliminaires sur la physiologie et l'anatomie pathologiques. — De la fièvre. — L'hypothermie. — Mécanisme physiologique des troubles vasculaires. — Les désordres de la circulation dans les maladies. — Thrombose et embolie. — De l'inflammation — Anatomie pathologique générale des lésions inflammatoires. — Les altérations anatomiques non inflammatoires. — Les tumeurs.

TOME IV

1 vol. in-8° de 719 pages avec figures dans le texte : 16 fr.

Evolution des maladies. — Sémiologie du sang. — Spectroscopie du sang. Sémiologie. — Sémiologie du cœur et des vaisseaux. — Sémiologie du nez et du pharynx nasal. — Sémiologie du larynx. — Sémiologie des voies respiratoires. — Sémiologie générale du tube digestif.

TOME V

1 fort vol. in-8° de 1180 pages avec nombr. figures dans le texte : 28 fr.

Sémiologie du foie. — Pancréas. — Analyse chimique des urines. — Analyse microscopique des urines (Histo-bactériologique). — Le rein, l'urine et l'organisme. — Sémiologie des organes génitaux. — Sémiologie du système nerveux.

TOME VI

1 vol. grand in-8° avec figures dans le texte. . . . 18 fr.

Les troubles de l'intelligence. — Sémiologie de la peau. — Sémiologie de l'appareil visuel. — Sémiologie de l'appareil auditif. — Considérations générales sur le diagnostic et le pronostic. — Diagnostic des maladies infectieuses par les méthodes de laboratoire. — La diazoreaction d'Ehrlich. — Valeur de la formule hémoleucocytaire dans les maladies infectieuses. — Cyto-diagnostic des épanchements séro-fibrineux et du liquide céphalo-rachidien. — Ponction lombaire. — Applications cliniques de la cryoscopie. — De l'élimination provoquée comme méthode du diagnostic. — Les rayons de Röntgen et leurs applications médicales. — Théraputique générale. — Hygiène.

Traité de Physique Biologique

publié sous la direction de M.M.

D'ARSONVAL

Professeur au Collège de France
Membre de l'Institut et de l'Académie
de médecine.

GARIEL

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées
Prof. à la Faculté de médecine de Paris
Membre de l'Académie de médecine.

CHAUVEAU

Profes. au Muséum d'histoire naturelle
Membre de l'Institut
et de l'Académie de médecine.

MAREY

Professeur au Collège de France
Membre de l'Institut
et de l'Académie de médecine.

Secrétaire de la rédaction : M. WEISS

Ingénieur des Ponts et Chaussées
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris

3 vol. in-8°. En souscription 60 fr.

TOME PREMIER. 1 fort vol. in-8°, avec 591 figures dans le texte. . 25 fr.

Sous Presse : Tome II

L'ŒUVRE MÉDICO-CHIRURGICAL

D^r CRITZMAN, directeur

Suite de Monographies cliniques

SUR LES QUESTIONS NOUVELLES
en Médecine, en Chirurgie et en Biologie

Chaque monographie est vendue séparément. 1 fr. 25

Il est accepté des abonnements pour une série de 10 Monographies au prix payable d'avance de 10 fr. pour la France et 12 fr. pour l'étranger (port compris).

DERNIÈRES MONOGRAPHIES PUBLIÉES

- N° 29. **Les Ponctions rachidiennes accidentelles** et les complications des plaies pénétrantes du rachis par armes blanches sans lésions de la moelle, par le D^r E. MATHIEU, médecin inspecteur de l'armée, ancien directeur et professeur au Val-de-Grâce.
- N° 30. **Le Ganglion Lymphatique**, par HENRI DOMINICI.
- N° 31. **Les Leucocytes.** Technique (Hématologie, cytologie), par le professeur COURMONT et F. MONTAGNARD.
- N° 32. **La Médication hémostatique.** par P. CARNOT, docteur ès sciences, chef du laboratoire de Thérapeutique à la Faculté de médecine.

Traité de Technique opératoire

CH. MONOD

Professeur agrégé à la Faculté
de médecine de Paris
Chirurgien de l'Hôpital Saint-Antoine
Membre de l'Académie de médecine

PAR

J. VANVERTS

Ancien interno lauréat des Hôpitaux
de Paris
Chef de clinique à la Faculté
de médecine de Lille

2 vol. gr. in-8° formant ensemble 1960 pages, avec 1908 figures
dans le texte 40 fr.

Les Difformités acquises de l'Appareil locomoteur

PENDANT L'ENFANCE ET L'ADOLESCENCE

Par le Dr E. KIRMISSON

Professeur de Clinique chirurgicale infantile à la Faculté de médecine
Chirurgien de l'hôpital Trousseau

1 vol. in-8° avec 130 figures dans le texte. . . 15 fr.

Ce volume fait suite au **Traité des Maladies chirurgicales d'origine
congénitale** (312 figures et 2 planches en couleurs). *Publié en 1898* . . 15 fr.
Ces deux ouvrages constituent un véritable traité de Chirurgie orthopédique.

Traité d'Hygiène

Par A. PROUST

Professeur d'Hygiène à la Faculté de Paris, Membre de l'Académie de médecine
Inspecteur général des Services sanitaires.

Troisième édition revue et considérablement augmentée

AVEC LA COLLABORATION DE

A. NETTER

et

H. BOURGES

Agrégé
Médecin de l'hôpital Trousseau

Chef du laboratoire d'hygiène
à la Faculté de médecine

Ouvrage couronné par l'Institut et la Faculté de médecine

1 vol. in-8°, avec fig. et cartes pub. en 2 fasc. En souscription.. 18 fr.

Traité de Chirurgie d'urgence

Par Félix LEJARS

Professeur agrégé, Chirurgien de l'hôpital Tonon.

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. gr. in-8° de 1005 pages, avec 751 fig. dont 351 dessinées d'après
nature, par le Dr DALEINE, et 172 photogr. origin. Relié toile. 25 fr.

- Manuel de Pathologie externe**, par MM. RECLUS, KIR-
MISSON, PEYROT, BOUILLY, professeurs agrégés à la Faculté de
médecine de Paris, chirurgiens des hôpitaux. 7^e Édition entière-
ment revue, illustrée. 4 volumes in-8° 40 fr.
Chaque volume est vendu séparément. 10 fr.
- Les Maladies infectieuses**, par G.-H. ROGER, professeur
agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers. 1 vol. in-8°
de 1520 pages publié en 2 fascicules avec figures 28 fr.
- Précis d'Histologie**, par Mathias DUVAL, professeur à la
Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine.
Deuxième édition, revue et augmentée, illustrée de 427 figures dans
le texte. 1 vol. gr. in-8° de 1020 pages 18 fr.
- Les Maladies du Cuir chevelu.** — I. Maladies sébor-
rhéiques : **Séborrhée, Acnés, Calvitie**, par le Dr R. SA-
BOURAUD, chef du laboratoire de la Ville de Paris à l'hôpital Saint-
Louis, membre de la Société de Dermatologie. 1 volume in-8°, avec
91 figures dans le texte dont 40 aquarelles en couleurs . . . 10 fr.
- Les Tics et leur Traitement**, par Henry MEIGE et E. FEIN-
DEL. Préface de M. le Professeur BRISSAUD. 1 vol. in-8° de
640 pages 6 fr.
- Les Maladies microbiennes des Animaux**, par
Ed. NOCARD, professeur à l'École d'Alfort, membre de l'Académie
de médecine, et E. LECLAINCHE, professeur à l'École vétérinaire
de Toulouse. Ouvrage couronné par l'Académie des sciences (Prix
Monthyon 1898). *Troisième édition, entièrement refondue et considé-
rablement augmenté.* 2 volumes grand in-8°, formant ensemble
1312 pages 22 fr.
- Syphilis et Déontologie : secret médical ; responsabilité
civile ; énoncé du diagnostic ; jeunes gens syphilitiques ; la syphi-
lis avant et pendant le mariage ; divorce ; nourrissons syphili-
tiques ; nourrices syphilitiques ; domestiques et ouvriers syphili-
tiques ; syphilitiques dans les hôpitaux ; transmission de la syphilis
par les instruments ; médecins syphilitiques ; sages-femmes et
syphilis**, par GEORGES THIBIERGE, médecin de l'hôpital Broca.
1 vol. in-8° 5 fr.

Bibliothèque Diamant

des Sciences médicales et biologiques

Cette collection est publiée dans le format in-16 raisin, avec nombreuses figures dans le texte, cartonnage à l'anglaise, tranches rouges.

- Éléments de Physiologie**, par Maurice ARTHUS, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille. 1 vol., avec figures. 8 fr.
- Éléments de Chimie physiologique**, par Maurice ARTHUS, professeur à l'Université de Fribourg (Suisse). *Quatrième édition revue et corrigée.* 1 volume, avec figures 5 fr.
- Précis d'Anatomie pathologique**, par M. L. BARD, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. *Deuxième édition revue et augmentée.* 1 volume, avec 125 figures 7 fr. 50
- Manuel de Thérapeutique**, par le Dr BERLIOZ, professeur à l'Université de Grenoble, avec préface du Professeur BOUCHARD. *Quatrième édition revue et augmentée.* 1 vol. . 6 fr.
- Manuel de Bactériologie médicale**, par le Dr BERLIOZ, avec préface de M. le professeur LANDOUZY. 1 vol. avec fig. 6 fr.
- Manuel de Pathologie interne**, par G. DIEULAFOY, professeur à la Faculté de médecine de Paris. *Treizième édition entièrement refondue et augmentée.* 4 vol. avec fig. en n. et en coul. 28 fr.
- Manuel d'Anatomie microscopique et d'Histologie**, par M. P.-E. LAUNOIS, professeur agrégé à la Faculté de médecine. Préface de M. le Professeur Mathias DUVAL. *Deuxième édition entièrement refondue.* 1 volume avec 261 figures 8 fr.
- Précis élémentaire d'Anatomie, de Physiologie et de Pathologie**, par P. RUDAUX, ancien chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, avec préface, par M. RIBEMONT-DESSAIGNES, professeur agrégé à la Faculté de Paris. 1 vol.; avec 462 figures 8 fr.
- Manuel de Diagnostic médical et d'Exploration clinique**, par P. SPILLMANN, professeur à la Faculté de médecine de Nancy, et P. HAUSHALTER, professeur agrégé. *Quatrième édition entièrement refondue.* 1 vol. avec 89 figures. 6 fr.
- Précis de Microbie. Technique et microbes pathogènes**, par M. le Dr L.-H. THOINOT, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, et E.-J. MASSELIN, médecin-vétérinaire. Ouvrage couronné par la Faculté de médecine. *Quatrième édition entièrement refondue.* 1 volume, avec figures en noir et en couleurs. . . 8 fr.
- Précis de Bactériologie clinique**, par le Dr R. WURTZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. *Deuxième édition revue et augmentée.* 1 volume, avec tableaux et figures. 6 fr.

Bibliothèque

d'Hygiène thérapeutique

DIRIGÉE PAR

Le Professeur PROUST

Membre de l'Académie de médecine, Médecin de l'Hôtel-Dieu,
Inspecteur général des Services sanitaires.

*Chaque ouvrage forme un volume in-16, cartonné toile, tranches rouges,
et est vendu séparément : 4 fr.*

Chacun des volumes de cette collection n'est consacré qu'à une seule maladie ou à un seul groupe de maladies. Grâce à leur format, ils sont d'un maniement commode. D'un autre côté, en accordant un volume spécial à chacun des grands sujets d'hygiène thérapeutique, il a été facile de donner à leur développement toute l'étendue nécessaire.

VOLUMES PARUS

- L'Hygiène du Goutteux**, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.
- L'Hygiène de l'Obèse**, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.
- L'Hygiène des Asthmatiques**, par E. BRISSAUD, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.
- L'Hygiène du Syphilitique**, par H. BOURGES, préparateur au laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine.
- Hygiène et thérapeutique thermales**, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.
- Les Cures thermales**, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.
- L'Hygiène du Neurasthénique**, par le professeur PROUST et G. BALLEZ, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. (*Deuxième édition.*)
- L'Hygiène des Albuminuriques**, par le Dr SPRINGER, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef de laboratoire de la Faculté de médecine à la Clinique médicale de l'hôpital de la Charité.
- L'Hygiène du Tuberculeux**, par le Dr CHUQUET, ancien interne des hôpitaux de Paris, avec une introduction du Dr DAREMBERG, membre correspondant de l'Académie de médecine.
- Hygiène et thérapeutique des maladies de la Bouche**, par le Dr CRUET, dentiste des hôpitaux de Paris, avec une préface de M. le professeur LANNELONGUE, membre de l'Institut.
- Hygiène des maladies du Cœur**, par le Dr VAQUEZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, avec une préface du professeur POTAIN.
- Hygiène du Diabétique**, par A. PROUST et A. MATHIEU.
- L'Hygiène du Dyspeptique**, par le Dr LINOSSIER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, membre correspondant de l'Académie de médecine, médecin à Vichy.

Sous presse :

Hygiène du Larynx, du Nez et des Oreilles, par M. le Dr LUBET BARBON.

Traité

DE

Chimie industrielle

Par R. WAGNER et F. FISCHER

QUATRIÈME ÉDITION FRANÇAISE ENTIÈREMENT REFOUDUE

Rédigée d'après la quinzième édition allemande

par le D^r L. GAUTIER

2 vol. grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte

En souscription. 30 fr.

A l'apparition du Tome II, le prix de l'ouvrage sera porté à 35 francs.

Le Constructeur, principes, formules, tracés, tables et renseignements pour l'établissement des *projets de machines* à l'usage des ingénieurs, constructeurs, architectes, mécaniciens, etc., par F. Reuleaux. *Troisième édition française*, par A. Debize, ingénieur des manufactures de l'Etat. 1 volume in-8° avec 184 figures. 30 fr.

Traité d'analyse chimique qualitative, par R. Frésenius. Traité des opérations chimiques, des réactifs et de leur action sur les corps les plus répandus, essais au chalumeau, analyse des eaux potables, des eaux minérales, du sol, des engrais, etc. Recherches chimico-légales, analyse spectrale. *Dixième édition française* d'après la 16^e édition allemande, par L. Gautier. 1 vol. in-8° avec grav. et un tableau chromolithographique 7 fr.

Traité d'analyse chimique quantitative, par R. Frésenius. Traité du dosage et de la séparation des corps simples et composés les plus usités en pharmacie, dans les arts et en agriculture, analyse par les liqueurs tirées, analyse des eaux minérales, des cendres végétales, des sols, des engrais, des minerais métalliques, des fontes, dosage des sucres, alcalimétrie, chlorométrie, etc. *Septième édition française*, traduite sur la 6^e édition allemande, par L. Gautier. 1 vol. in-8° avec 251 grav. dans le texte . . . 16 fr.

Traité d'Analyse chimique quantitative par Electrolyse, par J. RIBAN, professeur chargé du cours d'Analyse chimique et maître de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. 1 volume grand in-8°, avec 96 figures dans le texte. 9 fr.

Manuel pratique de l'Analyse des Alcools et des Spiritueux, par Charles GIRARD, directeur du Laboratoire municipal de la Ville de Paris, et Lucien CUNIASSE, chimiste-expert de la Ville de Paris. 1 vol. in-8° avec figures et tableaux dans le texte. Relié toile. 7 fr.

Chimie Végétale et Agricole (*Station de Chimie végétale de Meudon, 1883-1889*), par M. BERTHELOT, sénateur, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, professeur au Collège de France. 4 volumes in-8° avec figures dans le texte 36 fr.

Précis de Chimie analytique, Analyse qualitative, Analyse quantitative par liqueurs titrées, Analyse des gaz, Analyse organique élémentaire, Analyses et Dosages relatifs à la Chimie agricole, Analyse des vins, Essais des principaux minerais, par J.-A. MULLER, docteur ès sciences, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger. 1 volume in-12, broché 8 fr.

Précis de Géographie économique

PAR MM.

MARCEL DUBOISProfesseur de Géographie coloniale
à la Faculté des Lettres de Paris**J.-G. KERGOMARD**Professeur agrégé d'Histoire
et Géographie au Lycée de Nantes**DEUXIÈME ÉDITION**

entièrement refondue et mise au courant des dernières statistiques

AVEC LA COLLABORATION DE

M. Louis LAFFITTE

Professeur à l'École de Commerce de Nantes

1 vol. in-8°. 8 fr.

On vend séparément :La France, l'Europe. 1 vol. 6 fr.
L'Asie, l'Océanie, l'Afrique et les Colonies. 1 vol. 4 fr.

Cette œuvre fera époque dans l'enseignement de la Géographie. Elle est la seule, à notre connaissance, en dehors des travaux suscités par la Société de Géographie commerciale, qui traite d'une façon principale cette branche de la géographie.
(Bulletin de la Chambre de Commerce de Paris.)

Géographie agricole de la France et du Monde

par **J. DU PLESSIS DE GRENÉDAN**

Professeur à l'École supérieure d'Agriculture d'Angers.

AVEC UNE PRÉFACE DE

M. le Marquis DE VOGÜÉMembre de l'Académie française, président de la Société des Agriculteurs
de France.

1 vol. in-8° avec 118 cartes et figures dans le texte. 7 fr.

Éléments**de Commerce et de Comptabilité**par **Gabriel FAURE**Professeur à l'École des Hautes-Études commerciales et à l'École commerciale,
Expert-comptable au Tribunal civil de la Seine.

CINQUIÈME ÉDITION REVUE ET MODIFIÉE

1 vol. petit in-8°, cartonné toile anglaise. 4 fr.

OUVRAGES DE M. A. DE LAPPARENT

Membre de l'Institut, professeur à l'École libre des Hautes-Études.

TRAITÉ DE GÉOLOGIE

QUATRIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE

3 vol. grand in-8°, avec nomb. fig. cartes et croquis . . . 35 fr.

- Abrégé de géologie.** *Cinquième édition, entièrement refondue.* 1 vol. Gravures et une carte géologique de la France en chromolithographie, cartonné toile (Sous presse).
- Notions générales sur l'écorce terrestre.** 1 vol. in-16 de 156 pages avec 33 figures, broché. 1 fr. 20
- La géologie en chemin de fer.** Description géologique du Bassin parisien et des régions adjacentes. 1 vol. in-18 de 608 pages, avec 3 cartes chromolithographiées, cartonné toile. 7 fr. 50
- Cours de minéralogie.** *Troisième édition, revue et augmentée.* 1 vol. grand in-8° de xx-703 pages avec 619 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée. 15 fr.
- Précis de minéralogie.** *Troisième édition, revue et augmentée.* 1 vol. in-16 de xii-398 pages avec 235 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée, cartonné toile. 5 fr.
- Leçons de géographie physique.** *Deuxième édition, revue et augmentée.* 1 vol. grand in-8° de xvi-718 pages avec 162 figures dans le texte et une planche en couleurs. 12 fr.
- Le siècle du Fer.** 1 vol. in-18 de 360 pages, broché 2 fr. 50

Guides du Touriste, du Naturaliste et de l'Archéologue

publiés sous la direction de M. Marcellin BOULE

VOLUMES PUBLIÉS

- Le Cantal,** par M. BOULE, docteur ès sciences, et L. FARGES, archi-
viste-paléographe. 1 vol. avec 85 fig. et 2 cartes en coul.
- La Lozère,** par E. CORD, ingénieur-agronome, G. CORD, docteur en
droit, avec la collaboration de M. A. VIRÉ, docteur ès sciences.
1 vol. in-16 avec 87 fig. et 4 cartes en coul.
- Le Puy-de-Dôme et Vichy,** par M. BOULE, docteur ès
sciences, Ph. GLANGEAUD, maître de conférences à l'Université de
Clermont, G. ROUCHON, archiviste du Puy-de-Dôme, A. VERNIÈRE,
ancien président de l'Académie de Clermont. 1 vol. avec 109 figures
et 3 cartes en coul.
- La Haute-Savoie,** par MARC LE ROUX, conservateur du Musée
d'Annecy. 1 vol. avec 105 fig. et 3 cartes en couleurs.
- Chaque volume in-16, relié toile anglaise 4 fr. 50

~~~~~  
Pour paraître en mai 1903 : LA SAVOIE, par MM. RÉVIL  
et CORCELLE.

MISSION SAHARIENNE FOUREAU-LAMY

# D'Alger au Congo par le Tchad

Par F. FOUREAU

Lauréat de l'Institut.

1 fort volume in-8°, avec 170 figures reproduites directement d'après les photographies de l'auteur, et une carte en couleurs des régions explorées par la Mission.

Broché : 12 francs. — Richement cartonné : 15 francs.

## Traité de Zoologie

Par Edmond PERRIER

Membre de l'Institut et de l'Académie de médecine,  
Directeur du Muséum d'Histoire Naturelle.

- FASCICULE I : Zoologie générale. 1 vol. gr. in-8° de 412 p. avec 458 figures dans le texte. 12 fr.
- FASCICULE II : Protozoaires et Phytozoaires. 1 vol. gr. in-8° de 452 p., avec 243 figures. 10 fr.
- FASCICULE III : Arthropodes. 1 vol. gr. in-8° de 480 pages, avec 278 figures. 8 fr.
- Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol. in-8° de 1344 pages, avec 980 figures. 30 fr.
- FASCICULE IV : Vers et Mollusques. 1 vol. gr. in-8° de 792 pages, avec 566 figures dans le texte. 16 fr.
- FASCICULE V : Amphioxus, Tuniciers. 1 vol. gr. in-8° de 221 pages, avec 97 figures dans le texte. 6 fr.
- FASCICULE VI : Poissons. 1 vol. gr. in-8° de 366 pages avec 190 figures dans le texte.
- FASCICULE VII : Vertébrés marcheurs (*En préparation*).

### PETITE BIBLIOTHÈQUE DE " LA NATURE "

Recettes et Procédés utiles, recueillis par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. Dixième édition.

Recettes et Procédés utiles. Deuxième série : La Science pratique, par Gaston TISSANDIER. Cinquième édition, avec figures dans le texte.

Nouvelles Recettes utiles et Appareils pratiques. Troisième série, par Gaston TISSANDIER. Quatrième édition, avec 91 figures dans le texte.

Recettes et Procédés utiles. Quatrième série, par Gaston TISSANDIER. Troisième édition, avec 38 figures dans le texte.

Recettes et Procédés utiles. Cinquième série, par J. LAFFARGUE, secrétaire de la rédaction de *la Nature*. Avec figures dans le texte.

Chacun de ces volumes in-18 est vendu séparément

Broché . . . . . 2 fr. 25 | Cartonné toile . . . . . 3 fr.

La Physique sans appareils et la Chimie sans laboratoire, par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. Septième édition des *Récréations scientifiques*. Ouvrage couronné par l'Académie (Prix Montyon). Un volume in-8° avec nombreuses figures dans le texte. Broché, 3 fr. Cartonné toile, 4 fr.

# LA GÉOGRAPHIE

BULLETIN

DE LA

**Société de Géographie**

PUBLIÉ TOUS LES MOIS PAR

LE BARON HULOT, Secrétaire général de la Société  
ET

M. CHARLES RABOT, Secrétaire de la Rédaction

---

**ABONNEMENT ANNUEL : PARIS : 24 fr. — DÉPARTEMENTS : 26 fr.**  
**ÉTRANGER : 28 fr. — Prix du numéro : 2 fr. 50**

Chaque numéro, du format grand in-8°, composé de 80 pages et accompagné de cartes et de gravures nombreuses, comprend des mémoires, une chronique, une bibliographie et le compte rendu des séances de la Société de Géographie. Cette publication n'est pas seulement un recueil de récits de voyages pittoresques, mais d'observations et de renseignements scientifiques.

La chronique, rédigée par des spécialistes pour chaque partie du monde, constitue un résumé complet du *mouvement géographique* pour chaque mois.

---

## La Nature

REVUE ILLUSTRÉE

*des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie*

DIRECTEUR : **Henri de PARVILLE**

---

**Abonnement annuel : Paris : 20 fr. — Départements : 25 fr. —**  
**Union postale : 26 fr.**

**Abonnement de six mois : Paris : 10 fr. — Départements : 12 fr. 50.**  
**— Union postale : 13 fr.**

Fondée en 1873 par GASTON TISSANDIER, la *Nature* est aujourd'hui le plus important des journaux de vulgarisation scientifique par le nombre de ses abonnés, par la valeur de sa rédaction et par la sûreté de ses informations. Elle doit ce succès à la façon dont elle présente la science à ses lecteurs en lui ôtant son côté aride tout en lui laissant son côté exact, à ce qu'elle intéresse les savants et les érudits aussi bien que les jeunes gens et les personnes peu familiarisées avec les ouvrages techniques; à ce qu'elle ne laisse, enfin, rien échapper de ce qui se fait ou se dit de neuf dans le domaine des découvertes qui modifient sans cesse les conditions de notre vie.

---

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 3821.