



Section de l'Ingénieur

L.-M. GRANDERYE

L'INDUSTRIE

DE L'OR

GAUTHIER-VILLARS

MASSON & C^{TE}

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDÉ-MÉMOIRE

PUBLIÉE

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

L.-M. GRANDERYE — L'industrie de l'Or

1

*Ce volume est une publication de l'En
Scientifique des Aide-Mémoire : L. ISLER,
Général, 20, boulevard de Courcelles, Paris*

N° 354 B

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

L'INDUSTRIE DE L'OR

PAR

L.-M. GRANDERYE

Ingénieur-Chimiste

Préparateur à l'Université de Nancy



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)

*OUVRAGES DE L'AUTEUR PARUS
DANS LA COLLECTION DE L'ENCYCLOP*

- I. Détermination des Espèces minérales.**
- II. L'Industrie de l'Or.**

PRÉFACE

Il ne faut pas s'attendre à trouver dans ce volume des détails complets sur la question de l'or ; nous avons avec intention négligé certaines parties pour donner toute notre attention à d'autres que nous avons considérées comme très importantes.

Ce qui regarde la partie mine et extraction est très écourté ; après avoir pris le minerai à pied d'œuvre, nous examinons les méthodes par lesquelles on en extrait l'or d'une façon immédiate. Nos soins se sont portés spécialement sur les deux grands procédés qui ont révolutionné, pour ainsi parler, l'Industrie de l'Or : la chloruration et la cyanuration.

L. M. GRANDERYE.

INTRODUCTION

La production de l'or devient de plus en plus forte. La prospection, l'exploitation des mines, l'invention et le perfectionnement des procédés d'extraction se multiplient de plus en plus.

Dans le cours de ce volume où nous avons exposé, avec toute la clarté que nous avons pu y mettre, l'*Industrie de l'or*, nous parlerons des progrès de cette production aurifère depuis la découverte du Nouveau-Monde, mais nous allons dès maintenant, pour fixer les idées, donner, par des courbes représentatives, un court aperçu de l'accroissement de la production du précieux métal (*fig. 1*).

En étudiant ces courbes, on voit nettement le fait suivant : depuis 1854 environ, la production de l'or pour l'Australie et les États-Unis,

qui avait été croissante jusque-là, décroît lentement, avec des alternatives de gains et de pertes jusqu'en 1892. A ce moment, elle est de 160 millions de francs. Le Transvaal, exploité

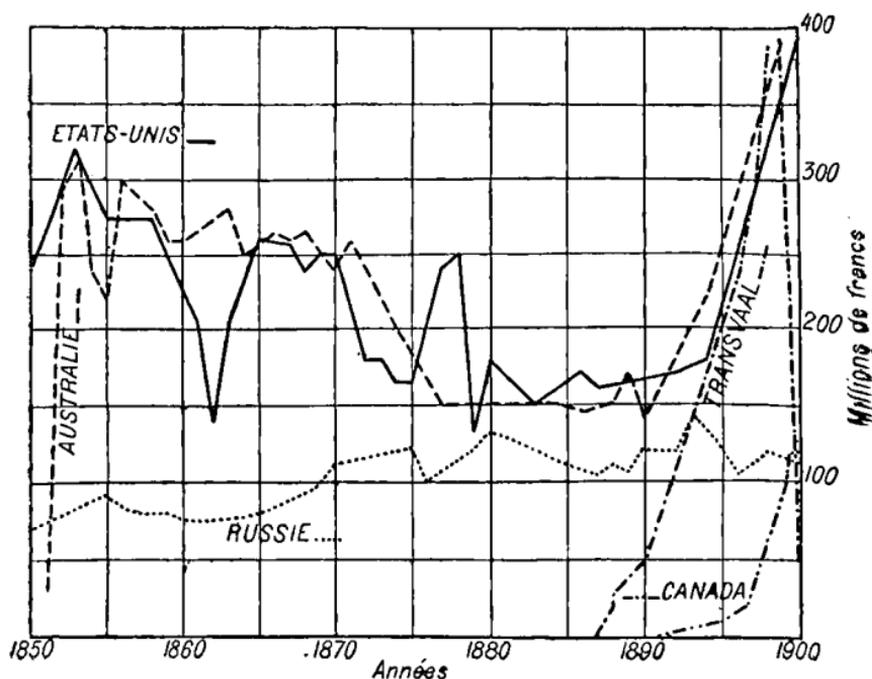


Fig. 1. — Production de l'Or de 1850 à 1900.

seulement depuis 1887, atteint à cette même époque une valeur égale, et ces trois pays, grâce à la vive impulsion que leur donne l'application du nouveau procédé au cyanure, marchent de

conserve jusqu'en 1899. A ce moment, chute rapide de la production du Transvaal (guerre sud-africaine), ascension continue de la production américaine, et léger arrêt de la production australienne. La Russie (Sibérie et Oural), de production moindre, suit une courbe légèrement ascendante; le Canada, qui commence son exploitation en 1891, la voit progresser très rapidement; elle atteint, en 1900, après neuf ans, le même chiffre que la Russie.

Nous pouvons dire en ce moment (1905) que tous les pays aurifères sont en progression. Aux anciennes contrées productrices sont venues s'adjoindre de nouvelles qui, depuis peu en exploitation, et dans des conditions défavorables de climat et de main-d'œuvre, n'ont pu encore donner des résultats comparables à ceux de leurs aînées. Les découvertes de gisements ont lieu continuellement et font espérer que l'Industrie de l'or pourra, encore pendant de longues années, appliquer ses méthodes récupératrices dont l'excellence sera en raison directe des difficultés d'extraction.

Nous donnons ci-après un planisphère dans lequel les champs d'or *actuellement* en exploitation sont figurés par des taches noires (*fig. 2*). A remarquer que l'Afrique, encore peu connue

et non pénétrée, est presque vierge de ces taches. Ce sera peut-être un jour la réserve d'or du Monde.

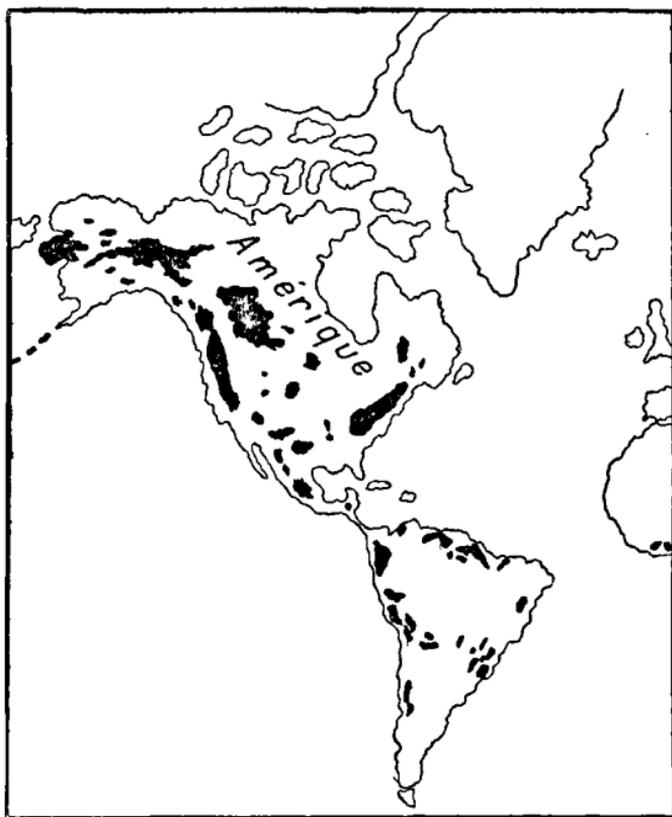


Fig. 2. — Régions aurifères

Nous avons divisé en trois chapitres cette

étude sur l'or ; le premier concerne les généralités sur cette question ; gisements, analyses d'or et choix de la méthode.



en exploitation.

Dans le deuxième, nous nous occupons de

l'extraction, de la préparation mécanique des minerais et appareils spéciaux employés à cette opération.

Le Chap. III concerne les méthodes d'extraction immédiate, procédés mécaniques, physiques et chimiques; c'est la partie la plus importante; nous l'avons traitée d'après les documents les plus récents publiés en Amérique.

Nous avons, à ces trois chapitres, joint quelques notes sur les analyses des minerais, etc.

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE GÉNÉRALE DES GISEMENTS.

PRODUCTION.

CHOIX DE LA MÉTHODE.

GISEMENTS AURIFÈRES

Historique de leur découverte. — L'or qui existe partout, dans tous les terrains, dans un état de dissémination plus ou moins grand, ne peut pas être partout exploité avec le même succès, les mêmes méthodes, et avec rémunération identique.

Les Anciens, qui ne pouvaient traiter que des minerais riches ou d'extraction facile, tiraient l'or de l'Italie du Sud, de l'Espagne, de l'Indus, et, surtout, de l'Illyrie.

Ces gisements furent les seules sources du précieux métal jusqu'à la découverte du Nouveau Monde dont la richesse aurifère fut la

cause de l'abandon des anciennes mines. On estime que, durant le Moyen Âge, il n'y avait guère en Europe que de 3 à 400 millions d'or. Quand furent révélées les richesses du Mexique, du Pérou, du Brésil, pays qui répandirent pendant longtemps une énorme quantité d'or sur le vieux continent, l'or diminua en valeur des deux tiers. Ce phénomène de baisse se renouvela chaque fois qu'un pays aurifère fut exploité, notamment en :

- 1842, pour les Mines de Sibérie ;
- 1847 " Mines de Californie ;
- 1851 " Mines d'Australie ;
- 1886 " Mines du Transvaal.

On a calculé que la production de l'or depuis 1493 (découverte de l'Amérique) jusqu'en 1848, a été de 4 621 tonnes, ayant une valeur approximative de 15 500 millions se répartissant ainsi :

Amérique	11 000
Afrique	2 500
Sibérie	1 100
Europe	500
Divers	400
	15 500

Depuis 1848, époque à laquelle la Californie mélangea son flot d'or à celui de l'Australie, jus-

qu'en 1893, apogée de la production aurifère du Witwatersrand, c'est-à-dire pendant une période de 55 ans, la quantité d'or produit a été de 7 743 tonnes, soit plus de 26 milliards de francs, quantité double de celle que les 355 années précédentes avaient vu extraire.

Pour fixer les idées, une année de la seconde période a donné plus d'or que dix ans de la première.

Cependant les gisements s'usent et s'appauvrissent ; ainsi en Californie, l'année 1848, la production de l'or était de 42 millions ; en 1853, de 336 millions ; en 1860, de 233 millions, tandis que les autres États, dans leur ensemble, arrivaient à produire péniblement pour 5 millions d'or.

Par contre, depuis 1891, les États du Colorado, du Dakota, de Montana et de Nevada ont donné 106 millions d'or, tandis que la Californie est descendue à 63 millions.

Certaines mines qui avaient été abandonnées ont été reprises et remises en exploitation depuis la découverte de l'extraction au cyanure ; les résidus des premières usines, renfermant encore jusqu'à 30 et 40 % de l'or total que les anciens procédés n'arrivaient pas à extraire, sont une source actuelle de bons rendements et de beaux

bénéfices. Nous en parlerons longuement plus loin.

En 1887, le Witwatersrand (1), champ d'or du Transvaal, produisait presque une tonne et demie d'or ; en 1892, la production, suivant graduellement et sans à-coup une courbe ascendante, était passée à 37 tonnes et demie. La guerre sud-africaine, en 1900, arrêta cet essor des mines du Rand, mais leur relèvement est à peu près terminé maintenant, et elles vont sans doute reprendre leur place prépondérante.

Nous devons citer encore, après ce court aperçu historique, les gisements non négligeables de Madagascar, dont le rendement augmente d'année en année (voir plus loin) ; et ceux du Klondike ou du Yukon, en Alaska, qui ont rappelé, à tous points de vue, les gisements de Californie et d'Australie.

Actuellement, sur environ 200 tonnes de production annuelle, l'Australie, les États-Unis, la Russie, le Transvaal et la Chine en jettent 85 % sur le marché, soit 176 tonnes représentant une valeur de 5 300 millions de francs.

(1) Rangée de collines aux eaux blanches.

RÉPARTITION DE LA PRODUCTION DE L'OR 17

RÉPARTITION DE LA PRODUCTION DE L'OR DANS LES PAYS AURIFÈRES, DEPUIS LA PREMIÈRE ANNÉE D'EXPLOITATION JUSQU'EN 1892-1893.

Pays producteurs		Années	Tonnes	Valeur en millions		
<i>Europe :</i>	Autriche-Hongrie. . .	1493	479	1 647		
<i>Asie.</i>	{ Sibérie	1829	1 056,5	4 710		
		1814	3 12,6			
		Japon	1616	38	130	
		Indes Anglaises . . .	1884	17	54	
<i>Amérique.</i>	{ États-Unis	1801	2 963	10 203		
		Colombie.	1537	1 293	4 403	
		Brésil.	1691	1 055	3 632	
		Mexique	1521	296	1 006	
		Chili	1545	280	963	
		Pérou	1533	167	566	
		Canada	1858	118	360	
		Vénézuëla	1866	75	239	
		{ Guyanes	Française. . .	1853	50	171
			Anglaise . . .	1858	9,6	33
Hollandaise .	1876		9 8	34		
<i>Afrique :</i>	Cap et Transvaal . . .	1887	103	310		
<i>Australie</i>	1851	2 805	8 754			

PRODUCTION EN KILOGRAMMES DE 1888 A 1892

Pays producteurs		1888	1889	1890	1891	1892
<i>Europe.</i>	Autriche-Hongrie	"	2 215	2 131	2 104	"
	Allemagne	"	110	127	100	"
	Suède	76	74	"	110	"
	Italie	187	216	205	284	"
	Grande-Bretagne.	332	178	63	183	"
	Total.	585	2 793	2 526	2 781	"
<i>Asie.</i>	Sibérie	35 000.	37 281	39 641	36 310	"
	Chine et Corée	13 542	"	8 020	9 148	"
	Mysore (Indes)	"	2 532	3 400	4 070	4 890
	Japon	606	"	"	775	"
	Total.	49 148	39 813	51 061	50 303	4 890
	États-Unis	49 911	49 353	49 414	49 910	49 651
<i>Amérique.</i>	Colombie	2 257	4 514	"	5 324	"
	Canada	1 900	2 249	2 022	2 506	"
	Chili	2 953	2 162	"	2 162	"
	Mexique.	1 551	1 565	1 655	1 730	1 919
	Venezuela	1 424	2 130	"	1 504	2 000

Exemples de gîtes aurifères. AMÉRIQUE : *Colorado*. — Le filon connu sous le nom de *Comstock lode* a une longueur de 7 kilomètres et est essentiellement constitué par du quartz situé au contact d'une *diorite* et d'une veine de *diabase*. Depuis la surface jusqu'à une profondeur de 500 mètres, le filon a la forme d'un V dont l'intérieur constitue le gîte métallifère étudié. Les parties riches, ou *bonanzas*, étaient d'énormes lentilles de roches spongieuses et pénétrées de minerais. Le filon, aujourd'hui épuisé, a fourni pour un milliard et demi de métaux précieux.

Californie. — Tout autres sont les *placers* de Californie formés à l'époque pléistocène. Ce sont des alluvions de graviers bleus à la base, sableux à la partie supérieure, recouverts de basalte dont la puissance atteint 50 mètres. Le gravier bleu est le plus riche, il repose sur un lit de schiste, *bed-rock*, aurifère, mais peu épais. La mine Eureka, après avoir produit 22 millions d'or en neuf ans, avait été abandonnée. Elle a été reprise, il y a quelques années, pour être traitée aux nouveaux procédés. Quelques filons ont rendu jusqu'à 50 et 75 grammes par tonne.

Montagnes rocheuses. — Le filon de quartz aurifère, puissant de 30 à 60 mètres sur

1 500 mètres de longueur, est très ancien. Sa base, la partie la plus riche, donne de l'or en grains, en feuilles et en pépites. Le précieux métal s'y trouve aussi disséminé dans toute la roche à l'état de précipité chimique. Il est actuellement exploité par la Tailings Cyanide Homestake Company traitant, par jour, 1 200 tonnes produisant *net* un rapport de 7 fr. 50 par tonne.

AUSTRALIE. — Les *placers*, d'une richesse extraordinaire, d'une puissance de 0^m,25 à 6 mètres, sont analogues à ceux de Californie; l'or a, de plus, été signalé dans les conglomérats du houiller et même dans une couche de houille de Tasmanie. Les pierres précieuses accompagnent l'or dans les alluvions d'Australie.

AFRIQUE : *Witwatersrand*. — L'or ne se présente pas en cristaux, filaments ou veinules, comme en Californie; il est associé *invisiblement* à la pyrite et à la silice dans un ciment de roches et de conglomérats nommés *reefs* (1). Il est très probable que l'or y est, partiellement du moins, combiné à d'autres métaux et métalloïdes.

(1) Récifs.

On n'y trouve que tout à fait exceptionnellement des pépites assez volumineuses.

Madagascar. — L'or en paillettes et en pépites occupe la première place ; il provient de l'érosion de gisements quartzeux très abondants et mélangés parfois de pyrite en partie transformée en sidérose et en limonite. Les filons, du moins dans la partie ouest de l'île, sont peu abondants et inexploitable à cause de leur manque d'uniformité et d'épaisseur, et des difficultés d'extraction. On a découvert sur la côte est des filons rémunérateurs que l'on commence à exploiter. La gangue est quartzeuse, fendillée et, par suite, facile au broyage.

ASIE : Siam. — La roche aurifère, exploitée à Kabin, est très dure, quartzeuse ; elle laisse souvent voir des parcelles même volumineuses du précieux métal. Le minerai est très difficile à broyer, mais offre d'excellents rendements.

Nous citerons pour mémoire les placers d'Indo-Chine et de l'Inde. Les mines chinoises, qui sont peu connues, produisent une assez grande quantité d'or.

EUROPE. — Quelques rivières charrient de l'or en paillettes, mais qui ne *paye* pas. On exploite encore quelques filons dans divers pays, mais les quantités d'or produites sont relative-

ment peu élevées. En Transylvanie, notamment, le minerai traité est du tellure d'or.

Nature des minerais aurifères. — C'est généralement à l'état natif que l'on rencontre l'or. On le trouve aussi fréquemment accompagné d'antimoine, de tellure, d'arsenic et mélangé à des minerais tels que pyrite, blende, galène et composés de l'argent.

Natif, on le distingue suivant sa grosseur en paillettes, très fines, et en pépites dont le poids peut aller jusqu'à 28, 56 et 84 kilogrammes (Australie) et 36, 42 kilogrammes (Oural et Californie).

On le rencontre dans les terrains de transports anciens (alluvions aurifères) ou en filons dans le quartz (minerai d'or). Il est rarement pur, on le trouve associé sous forme d'alliages non définis à l'argent (*Electrum*) dont la proportion peut atteindre 14 % ; au fer, au cuivre, en petite quantité ; au palladium, jusqu'à 10 et 25 % ; au rhodium, de 35 à 60 % ; à l'iridium, en faible proportion.

Associé au tellure, il forme la *nagyagite* ⁽¹⁾ de Transylvanie, ou *élasnose*, l'*or graphique*

(1) L. M. GRANDERYE. — *Détermination des Espèces minérales*. Encyclopédie des Aide-Mémoires.

avec sa variété, la *sylvanite* ; ces minéraux renferment, en outre, beaucoup d'autres métaux en petite quantité.

On trouve aussi l'or sous forme d'*amalgame*, allié au mercure ; mais ce ne sont pas là ses principaux minerais et les différents minéraux que nous venons de citer sont plutôt des curiosités que des sources exploitées d'une façon régulière.

Analyses d'ors natifs. — Voici, d'après Ed. Wilm (*Dictionnaire de chimie pure et appliquée*, par Ad. Würtz), quelques analyses d'ors natifs de divers pays. Les quelques exemples ci-dessous sont amplement suffisants pour donner une idée de la grande différence qui existe entre les productions aurifères de diverses régions.

Théorie de la formation des filons aurifères. — Il n'est pas inutile de signaler une théorie due à M. de Lapparent sur la formation des filons aurifères et exposée dans son *Traité de géologie* (troisième édition, 1893, p. 1490).

Nous citons textuellement :

« La contrée du Vénézuëla et la Guyane offrent des gisements aurifères d'une grande ri-

chesse, tels que ceux du Caratal, et qui, de plus, permettent mieux que d'autres de se faire une idée des conditions de venue du précieux métal. Les filons de quartz riche peuvent, en général, se diviser en trois zones : l'une, supérieure, à pépites et paillettes d'or, disséminées dans un quartz fendillé et lamellaire, taché de rouille par endroits, à cavités occupées par la limonite et dont quelques-unes laissent encore reconnaître la forme cubique de cristaux de pyrite qui auraient disparu ; une zone moyenne à quartz pauvre ; enfin, dans la profondeur, une zone où le quartz est criblé de cristaux de *pyrite aurifère*, dont quelques-uns même ont pour ainsi dire laissé suinter, à leur surface, l'or qu'ils contenaient. De plus, les gisements sont invariablement subordonnés à la présence d'une roche *dioritique* très compacte.

On peut conclure de ces importantes observations (de M. l'ingénieur G. Naissant, relativement aux mines de Jesurum) que l'or est arrivé, lors de l'épanchement de la diorite *avec le fer, à l'état de sulfure* (peut-être même de tellurure) et qu'il s'est isolé au sommet du filon, dans la zone où le fer passait à l'état d'oxyde. De la sorte, *les gîtes d'or natif pourraient être considérés comme le chapeau de fer des filons de*

DIFFÉRENCES EXISTANT ENTRE LES PRODUCTIONS AURIFÈRES DE DIVERSES RÉGIONS

Pays producteurs	Densité	Or	Argent	Cuivre	Fer	Analystes
<i>Europe.</i>	Wicklow	92,32	6,17	"	0,78	Mallet.
	Fueses	"	14,68	0,04	0,13	G. Rose.
	Warespatak.	"	38,74	"	"	
	Rhin	"	6,6	0,069	"	Daubrée.
<i>Asie.</i>	Schabrowski.	98,56	0,16	0,35	0,05	Klaproth.
	Schlangenberg	"	36,00	"	"	
	Boruschka	17,06	16,15	"	"	Terrell.
	Beresow	"	8,03	0,09	"	
Siam.	nj	90,89	8,98	traces	traces	

<i>Afrique.</i>	Sénégal.	{ grains .	"	94,6	5,85	Pt = 0,15	Levol.
		{ poudre.	"	84,5	15,3	Pt = 0,2	
	Madagascar (1)	{ pépites.	"	92,00	"	"	Essayeurs de la Monnaie.
		{ poudre.	"	98,09	"	"	
<i>Australie.</i>	Pépites	"	94,55	5,07	"	Golfier-Besseyre.	
		Or d'alluvions	15,60	95,48	3,59		"
	Sacramento	"	16,23	93,0	6,7	"	Kerl.
Rio du Loup		16,57	89,24	10,76	"	Rivot.	
Bucaramanga		"	98,0	2,0	"	Hunt.	
Titiribi		"	76,41	23,12	0,03	"	Boussingault.
Rio Cajones	16,54	78,0	20,11	"	"	G. Rose. D. Forbes.	

(1) Région de Marovcay, rivière Kamoro (Dû à l'obligeance de M. A. Richardot, de Maevatanana).

pyrite aurifère, et, si l'on songe à la facilité avec laquelle se décompose le chlorure d'or, il paraîtra vraisemblable que les eaux chlorurées superficielles ont dû jouer un certain rôle dans la précipitation de l'or à l'état natif.

Enfin, cette action n'ayant pu se passer que dans le voisinage de la surface, on comprend sans peine la tendance de l'or natif à ne se montrer que dans les têtes des filons, ainsi que la localisation des grosses pépites dans les portions tout à fait externes, que l'érosion a partout enlevées.

On peut faire une remarque semblable au sujet des filons d'Australie, et des gisements de Madagascar.

CHOIX DE LA MÉTHODE

Le choix d'une méthode pour l'extraction et la manipulation de l'or dépend d'une foule de circonstances que nous allons énumérer et étudier rapidement.

Lorsque le prospecteur et le chimiste ont déterminé (voir plus loin : *Essais*), le premier, la puissance et la richesse des filons, et qu'il a étudié les facilités d'exploitation au point de vue minier, le second, la quantité d'or fournie par

une tonne de minerai, il reste à savoir si *l'or paye*, et, s'il remplit cette condition, quel procédé sera le plus avantageux dans les circonstances présentes.

Il arrive quelquefois que, malgré la haute teneur du minerai en or et la facilité d'extraction, l'or ne paye pas, c'est-à-dire ne laisse aucun bénéfice.

La cherté ou la rareté de la main-d'œuvre, le manque de communications, d'eau ou de combustible sont les causes principales de cet inconvénient. Certains pays, nous citerons la Guyane, ont vu leurs richesses aurifères pour ainsi dire inexploitées pour l'une des causes que nous avons nommées.

Si l'on a affaire à des alluvions aurifères, on étudiera, d'après le nombre de bras qui pourront être disponibles, s'il y a avantage, en tenant compte du débit des ruisseaux environnant les *placers*, à employer la battée, le berceau ou le sluice. Il faudra s'assurer qu'aucun chômage n'est possible par suite du manque d'eau qui peut se produire à la fin des sécheresses de la saison estivale.

Dans le cas où, comme en Californie, on aurait à traiter des dépôts d'alluvions aurifères de montagne; il faudrait :

1° Être à proximité de rivières à débit moyen ou de lacs de niveau supérieur à celui de la zone minière exploitable ;

2° Être en mesure d'évacuer les eaux de lavage avec rapidité ;

3° Avoir une place suffisante pour loger les déblais lavés et éviter tout encombrement.

Ou bien on peut encore, si l'une de ces conditions vient à faire défaut, conduire les dépôts alluvionnaires dans un endroit situé à proximité et possédant les qualités requises.

Nous ne pouvons évidemment pas donner de règle sûre, de barème tout fait pour guider l'industriel dans ses calculs ; l'étude sur place est le moyen le plus certain, le seul, en tenant compte des circonstances que nous avons énumérées, de conduire à un résultat pratique et sans aléa.

Lorsque les minerais sont d'extraction facile, près d'une rivière qui peut fournir, le cas échéant, de la force motrice, ou bien si le combustible est d'un prix peu élevé, on pourra, après une première extraction d'or par lixiviation ou amalgamation, si le minerai est riche, ou au sortir des broyeurs, s'il est pauvre, employer les méthodes de chloruration ou de cyanuration.

Nous donnons plus loin, à l'étude de chacun de ces procédés, les avantages et désavantages, l'adaptabilité, en un mot, de ces méthodes ; comme elles sont appliquées d'une façon très courante, qu'elles ont donné leurs preuves, on pourra, par analogie, les employer après étude préalable des conditions qu'elles comportent.

Nous n'avons fait mention ici que des procédés bien connus, donnant de bons résultats ; nous avons laissé autant que possible la théorie de côté pour nous occuper surtout de la pratique.

CHAPITRE II

EXTRACTION ET PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINÉRAIS. APPAREILS EMPLOYÉS.

Lorsque l'or se trouve disséminé dans une roche à l'état de particules métalliques extrêmement ténues, on est obligé, pour le récupérer par une méthode quelconque, de faire subir au minerai une préparation mécanique.

Après avoir vu par quels moyens on extrait le minerai, nous passerons en revue les différentes façons de traiter ce minerai amené à pied d'œuvre, pour le rendre susceptible d'être manipulé en vue de l'extraction de l'or.

Bien qu'un peu plus loin, à la chloruration et à la cyanuration, nous donnions plusieurs cas, simplement cités, de broyage, il n'est pas inutile de montrer par quelles phases successives passe le minerai avant d'en arriver à la partie immédiate d'extraction.

EXPLOITATION

Suivant que les filons aurifères sont à faible ou à grande profondeur, les procédés d'extraction sont différents, du moins dans leurs grandes lignes, les détails d'exploitation restant les mêmes.

Quand les filons affleurent ou quand ils sont faiblement inclinés, ou bien encore lorsqu'ils débouchent en falaise, l'exploitation se fait avec assez de facilité ; quelques puits et galeries suffisent. Mais si les filons s'enfoncent assez rapidement et que leur puissance soit supérieure aux basses profondeurs, on est obligé de faire des travaux plus considérables.

Puits. — Suivant la nature du terrain, sa solidité, la direction des filons, l'abondance des bois qui devront être employés au boisage, on creusera des puits verticaux ou inclinés. Les puits verticaux conviennent particulièrement quand les couches exploitables sont presque horizontales ; dans le cas de filons inclinés, lorsque l'allure de ces derniers est peu connue, on peut n'atteindre que la partie supérieure du gisement et le couper trop tôt ; on se voit alors obligé de forer un second puits et même un troisième, qui

risque, s'il se trouve des failles entre lui et son précédent, de ne rien rencontrer du tout.

On préfère donc, et la pratique, notamment dans l'Afrique du Sud, a montré que cette manière de voir était justifiée, quand on connaît l'allure générale des couches et la géologie du *claim*, forer des puits inclinés, presque parallèlement aux filons, ou les coupant sous un angle très petit.

Des puits verticaux, dont la profondeur est très faible, permettent d'atteindre le minerai, ce qui est un avantage considérable. En outre, la benne, au lieu d'être soumise à une traction verticale qui fatigue beaucoup les machines, roule sur un plan incliné et peut recevoir très facilement, au moyen de trémies, les minerais provenant des divers travers-bancs.

Force. — On se sert d'air comprimé ou d'électricité.

L'air est comprimé au moyen de machines spéciales dont la force va jusqu'à 350 chevaux et peuvent donner une pression de 8^{ks},5 par centimètre carré. Une tuyauterie spéciale envoie l'air comprimé jusqu'au fond des puits et des travers-bancs où il actionne les perforatrices. En même temps, cela permet le renouvellement continu de l'air, ce qui n'a pas lieu quand on emploie l'élec-

tricité. Dans ce cas, on dispose, à l'entrée des puits, une série de ventilateurs qui aspirent violemment l'air des galeries.

Chaque installation possède plusieurs dynamos pour l'éclairage ou pour la force, quand on n'a pas d'air comprimé.

L'eau est épuisée au moyen de pompes actionnées par des moteurs électriques indépendants ; on emploie encore, dans quelques mines, des pompes, genre Cornouailles, à vapeur.

Abatage, boisage. — L'abatage, une fois le puits arrivé à la couche riche, se fait de deux façons : en gradins droits ou en gradins renversés. Le premier est le plus employé et le plus facile. Les ouvriers peuvent travailler assis, faire les trous de mine à leurs pieds sans qu'il soit besoin de remblayer derrière eux.

Dans le système à gradins renversés, les mineurs travaillent les bras en l'air, position très fatigante, et l'on est obligé de remblayer sous leurs pieds pour permettre aux ouvriers d'abattre continuellement le minerai. Il est peu employé.

Quand les trous de mine sont faits, on abat la roche au moyen de dynamite généralement. Cet emploi d'explosifs grève de 11 à 15 % la dépense d'abatage. Pour maintenir les parois des galeries

et des puits, on *boise* après abatage. En Amérique, la dépense qui résulte de cette opération est assez faible, par suite de l'abondance du bois, notamment dans les Montagnes Rocheuses. Dans l'Afrique du Sud, les frais sont énormes, les bois employés venant d'Australie et même de Norwège.

Transport du minerai. — A l'intérieur de la mine, les produits d'abatage sont transportés dans des wagonnets qui, au moyen de trémies, vident leurs chargements dans les bennes. Celles-ci glissent sur la paroi inférieure du puits incliné, arrivent à l'extérieur et se déversent dans des wagonnets circulant au niveau du sol ou suspendus à des câbles aériens, suivant la configuration du terrain, jusqu'à l'usine de traitement.

Nous ne pouvons que donner ces quelques renseignements sur l'exploitation qui, en somme, est semblable, dans sa généralité, à toutes les autres exploitations minières.

APPAREILS DE BROYAGE

Pour les minerais d'or où ce métal est intimement mélangé à la roche qui forme la gangue, on est obligé de les réduire en parcelles assez

fines, afin de permettre au métal, soit de s'amalgamer, soit de se dissoudre facilement et entièrement dans l'eau chlorée ou dans le cyanure de potassium.

On commence par concasser grossièrement les blocs amenés de la mine au moyen de concasseurs à mâchoires ou à rotation.

CONCASSEURS

Il en existe plusieurs types :

1° *Concasseur type Blake.* — Construit par la Maison Allis et Chalmers et C^{ie}, de Chicago.

Il se compose essentiellement d'une épaisse plaque de fonte coulée en coquille à surface interne cannelée et commandée par un levier rattaché à un excentrique qui a pour effet d'approcher et d'éloigner la plaque d'une autre plaque semblable, fixe, placée en face. Le minerai en gros blocs, introduit entre cette paire de mâchoires, y est écrasé et en sort réduit en morceaux dont l'écartement des lames fixe la grosseur. Ils produisent, suivant le modèle, de 3 à 18 mètres cubes à l'heure et exigent respectivement une force de 4 à 25 chevaux.

2° *Broyeurs à cylindres.* — Deux cylindres de fonte dure, de diamètres égaux, munis de

tourillons robustes, tournent dans des coussinets que supporte un bâti en fonte très résistant, un des cylindres, dont les axes sont sur coussinets mobiles, peut à volonté être rapproché ou écarté de l'autre.

Des engrenages à profil de développantes de cercle sont calés sur les axes et communiquent le mouvement aux cylindres à quelque distance (limitée par la pratique) qu'ils se trouvent l'un de l'autre. Pour avoir une usure plus régulière des surfaces des cylindres, on supprime les engrenages et on les commande l'un par l'autre au moyen de leur frottement propre, ce qui ne peut avoir lieu que pour les broyages fins.

On règle, au moyen de cales ou de manettes à pas de vis résistants, la distance d'écartement des cylindres ; mais si, par suite d'efforts exercés par le minerai, la machine venait à fatiguer outre mesure, un système de ressorts en cuir ou en rondelles épaisses de caoutchouc supporte le choc, permet l'écartement des cylindres et laisse passer intact le minerai trop dur à broyer.

On construit actuellement des machines à ressorts d'acier, au nombre de 4 ou 6 sur chaque coussinet, et qui supportent mieux les efforts exercés sur les cylindres.

Une trémie placée au-dessus règle l'arrivée des blocs de minerai qui sont broyés à la dimension fixée par les cylindres.

Les broyeurs actuellement employés ont des diamètres variant de 60 centimètres à 1^m,20 ; ils tournent à des vitesses de 160 à 50 tours par minute ; leur rendement est, par cheval-heure, de 0^mc,15 pour minerais durs, et de 0^mc,40 pour minerais moyens.

Dans les moulins, on dispose généralement deux ou trois broyeurs qui forment une batterie ; on les associe en hauteur, le plus fort concassant les gros blocs dont les morceaux tombent dans la trémie du broyeur inférieur, etc.

3° *Broyeurs Gates*. — Dans une enveloppe d'acier tourne un cône plein, vertical, dans un vide conique. La partie interne de l'enveloppe qui limite ce cône est revêtue de plaques à rainures, en acier dur. Le minerai, introduit dans le vide qui existe entre ces deux cônes, est très rapidement broyé.

Le rendement de ces broyeurs n'est pas inférieur à 24 tonnes par heure.

On a prouvé que deux broyeurs Gates remplaçaient avantageusement cinq concasseurs Blake.

BOCARDS

Un bocard se compose d'une *flèche*, madrier de bois ou mieux tige de fer, terminée à sa partie inférieure par une lourde pièce de fonte, le tout constituant un *pilon*.

Le pilon est soulevé au moyen d'une *came* et retombe dans une auge de fonte allongée ou *mortier*, contenant le minerai à broyer. Des glissières assurent la direction du mouvement.

Flèches et cames peuvent être mises en marche ou arrêtées à volonté au moyen de freins, sans que la marche des autres machines du moulin s'en ressente.

Les poulies sont en bois pour éviter la cristallisation et prévenir la rupture, montées dans une lourde chemise en fonte à double rebord et fortement fixées entre elles.

Mortiers. — Ils ont une forme très élevée et sont construits en fonte (*fig. 3*). La partie inférieure, très épaisse et résistante, est accolée d'une bordure qui sert à boulonner le mortier sur les fondations. Le fond est garni d'un *dé* en fonte dure, interchangeable, s'encastant exactement dans un évidement *ad hoc*.

Aux extrémités d'un même diamètre se re-

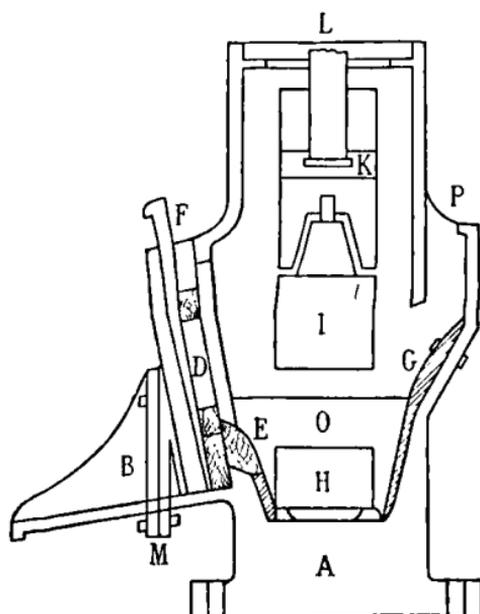


Fig. 3. — Mortier de batterie.

- A, Base du mortier ;
- B, Bec de décharge ;
- D, Grille ;
- E, Bloc de bois ;
- F, Clavette de la porte grillée ;
- G, Plaque de cuivre arrière (amalgamée) ;
- H, Dé ;
- I, Sabot ;
- K, Tête de pilon ;
- L, Flèche de pilon ;
- M, Tenons d'assemblage ;
- O, Plaque de cuivre ;
- P, Canal de charge.

marquent le canal de charge et le trou de dé-

charge ; le premier, vertical et un peu incliné à sa partie inférieure, communique directement avec une trémie. Le second se compose d'une porte en bois, avec, au centre, une fenêtre occupée par une toile métallique ou une tôle perforée ; la porte est solidement clavetée.

Pilon. — Sur le *dé* vient frapper le pilon terminé par une *tête* avec *sabot* mobile, en fonte dure, interchangeable. Il a un poids de 200 à 600 kilogrammes.

Le *taquet* qui reçoit le mouvement de la came est généralement cylindrique, ce qui permet à l'ensemble du pilon, à chaque révolution de l'arbre, de tourner un peu sur lui-même, de façon à avoir une usure régulière.

Batterie. — Une batterie se compose actuellement de dix pilons numérotés 1, 7, 3, 9, 5 — 2, 8, 4, 10, 6 (c'est-à-dire que les pilons sont soulevés par les cames dans l'ordre indiqué par les numéros).

Ils sont placés les uns à côté des autres de façon à laisser entre les sabots de fonte et les parois du mortier un intervalle suffisant ; un mortier contient 5 *dés*, c'est-à-dire sert à une demi-batterie.

44 EXTRACTION ET PRÉPARATION DES MINÉRAIS

Une trémie est le meilleur dispositif pour l'alimentation rationnelle des bocards.

On donne en moyenne de 90 à 100 coups par minute, la hauteur de chute étant de 0^m,15 à 0^m,20.

Le rendement des bocards est tel qu'une batterie de cent vingt pilons broie par jour 50 tonnes de minerai (*Dahlonaga Consolidated Gold Mining Co*, à Dahlonaga, Dakota).

Un pilon exige 2 à 3 chevaux.

Nous ne pouvons entrer dans les détails qui concernent l'installation d'une batterie et de sa charpente ; celle-ci se fait en bois très résistant, assemblés au moyen de boulons, sur un solide massif en maçonnerie.

Quelques ateliers américains construisent des bocards à vapeur et à pression atmosphérique ; mais c'est actuellement encore une rareté dans les installations minières aurifères.

APPAREILS DE CLASSEMENT

Certaines installations traitent les minerais d'or sans souci d'écarter soigneusement les parties pauvres dont la manipulation exige les mêmes précautions que celles demandées par

les parties riches avec lesquelles elles sont mélangées.

D'autres usines, qui désirent ne traiter que des minerais triés et aussi riches que possible, emploient diverses méthodes et divers appareils pour trier soigneusement les matières à mettre en œuvre. Il y a, du reste, une économie considérable à n'employer que des minerais bien uniformes, surtout s'il s'agit de cyanuration ou de chloruration ; avec un mauvais minerai, les pertes atteindraient un pourcentage considérable.

Frue-Vanner. — Le rôle de cet appareil est de concentrer les *tailings*. Une courroie inclinée sans fin, établie en caoutchouc, passe sur des rouleaux espacés de 3^m,60 et larges de 1^m,20. La courroie est bordée de bourrelets.

On amène le minerai broyé et de l'eau à 1 mètre environ de la partie supérieure de la courroie ; il coule lentement sur le plan incliné qui, en même temps qu'il roule, reçoit 200 secousses transversales par minute. Les parties lourdes, métallifères, adhérentes à la courroie, remontent avec celle-ci tandis que, entraînées par l'eau, les parties légères descendent la pente en sens inverse du mouvement. A la partie

supérieure, on a donc le minerai enrichi, à la partie inférieure, les boues et les résidus pauvres.

Chaque vannoir fait de 5 à 12 tonnes par jour ; il en faut 4 par batterie de 10 bocards.

Cuve à gravier. — La cuve à gravier est employée dans le traitement des minerais d'or agglomérés, dans lesquels l'or libre est mécaniquement mélangé de boues et de graviers. Il est très en usage dans les mines de la côte du Pacifique.

Cet appareil comprend une cuve d'une ou plusieurs pièces, contenant un faux fond. Un arbre vertical, supportant des branches munies d'agitateurs d'acier en forme de lames, occupe le centre de la cuve. Le mouvement est donné à l'agitateur au moyen d'un pignon et d'un engrenage à angle droit. La vitesse doit être de 70 à 75 tours par minute.

Les matériaux à traiter sont introduits dans la cuve au moyen de wagonnets ; et sous le contact des agitateurs, qui tournent rapidement, le minerai d'or est séparé de la gangue, et, convenablement granulé, passe à travers le faux fond perforé pour se rendre dans des *sluices*.

Cribles. — On emploie des cribles séparateurs à vibration. Ils se composent d'une suite de toiles métalliques de différentes mailles, les plus grosses à la partie supérieure, également inclinées, et parallèles ; des comes mues par une poulie donnent aux différents tamis une série de secousses, ce qui permet le classement du minerai en différentes catégories de grosseurs, mais non de densité. Suivant la grosseur de la maille, on a un rendement qui va de 24 tonnes à l'heure (grosse maille) à 0^t,700 (petite maille).

Trommels. — On les fait de différentes formes, cylindriques, hexagonaux ou octogonaux ; les diamètres ou diagonales des extrémités ne sont pas identiques ; les mailles les plus serrées se trouvent du côté où le diamètre est le plus grand.

On place ainsi sur leur charpente de 2 à 3 tôles perforées à mailles différentes, ce qui permet une séparation en 3 ou 4 grosseurs. Le mouvement de rotation est donné par une poulie calée sur l'axe.

Quand le triage se fait au moyen de l'eau, la partie inférieure du trommel est entourée d'une auge qui reçoit les sables ; l'introduction du minerai pulvérisé, et de l'eau s'il y a lieu, se fait

à la partie où se trouve le crible à petites mailles.

Spitzlутten. — Cet appareil classe les minerais par ordre de densité, pour une grosseur de sable identique. C'est plutôt, comme le fruevanner, un enrichisseur méthodique.

C'est une suite de caisses pointues ayant à leur partie inférieure des ouvertures servant à l'évacuation du minerais. La première caisse est divisée en canaux inclinés étroits, les suivantes le sont en canaux plus larges, de telle sorte que la vitesse de l'eau qui entre avec le minerai dans la première caisse, diminue de plus en plus, et permet aux parties solides, de moins en moins lourdes, de se déposer.

On le modifie, en supprimant les cloisons qui forment canaux, et on fait arriver l'eau par le fond de la caisse. Cet appareil, qui exige une grande quantité d'eau, est un classeur excellent.

Il prend le nom de spitzkasten, lorsque les caisses vont en diminuant de capacité et que le courant d'eau est amené à la partie supérieure, le minerai classé étant, pour ainsi dire, siphonné. Les boues sont recueillies dans les dernières caisses, de vastes dimensions.

Séparateurs. — Nous ne parlerons que du séparateur Berthelet. Il se compose d'une longue suite de cribles fixes, de mailles à grosseurs di-

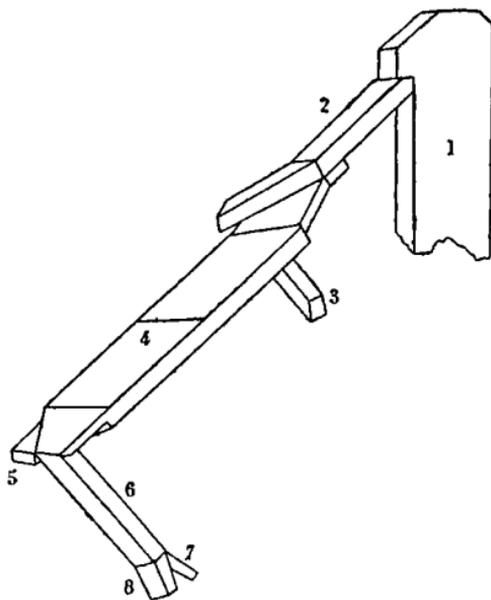


Fig. 1. — Séparateur Berthelet.

1. Élévateur à godets ;
2. Tout-venant ;
3. Très gros *tailings*, à repasser aux gros rouleaux ;
4. Crible à fine séparation ;
5. Produit fini à traiter ;
6. Crible à moyenne séparation ;
7. Gros *tailings*, à repasser aux rouleaux moyens ;
8. Fins *tailings*, à repasser aux rouleaux finisseurs.

verses, disposés dans des caisses plates, inclinés à 45° environ et desservis par un élévateur à godets. Le plan schématique ci-dessus (*fig. 4*) fera

mieux comprendre le fonctionnement de l'appareil qu'une description même longue et précise.

Il peut être employé dans toutes les installations qui adoptent le broyage sec, soit par bocards, concasseurs ou broyeurs.

Battée californienne. — La table de cet appareil est carrée, et peut être secouée ; elle est placée au-dessus d'une solide charpente à laquelle sont fixés les organes qui donnent le mouvement ; ils se composent d'un excentrique horizontal qui, au moyen d'engrenages à angle droit, reçoit la force d'un arbre horizontal à poulie.

La table, suspendue par les deux coins les plus rapprochés de l'excentrique à deux tiges de fer, est secouée dans le sens vertical et horizontal. La séparation se fait avec facilité.

La battée californienne est très employée dans les grandes usines d'or pour séparer les sables qui restent avec les autres matières dans les mortiers.

Nous signalerons encore l'*Overstrom Concentrator* de la maison Allis et Chalmers, ou frue-vanner perfectionné, puis nous passons à la description des séchoirs et fours à griller.

SÉCHOIRS ET GRILLEURS

Dans le cas du broyage des minerais à sec, de plus en plus en faveur, toute trace d'humidité est nuisible par suite de l'agglomération des parties pulvérisées qu'elle favorise.

Nous verrons plus loin que le grillage est nécessaire pour certains minerais de profondeur, de façon à permettre l'obtention d'un bon rendement avec eux.

Nous verrons d'abord un type de séchoir et trois types de fours.

Séchoir tournant à minerai. — La maison Allis et Chalmers, de Chicago, construit un séchoir dont nous allons donner la description.

Le cylindre tournant est fait, pour plus d'économie, en tôles de fer spécialement destinées à cet usage.

Il est divisé en plusieurs sections pour la facilité de la manipulation et est supporté sur deux paires de galets qui sont destinés à le maintenir et à lui communiquer le mouvement.

Le cylindre a un large diamètre du côté opposé au feu, il est conique et son axe est hori-

zontal. De cette façon, le minerai à sécher gagne peu à peu son extrémité la plus large.

Les cloisons disposées à l'intérieur permettent de rabattre la flamme et de sécher avec plus de facilité le minerai.

Les séchoirs ainsi construits ont de 1 mètre à 1^m,10 (moyenne) et environ 5^m,40 de long. — Le poids total est de 8 500 kilogrammes. Ils ont un rendement de 20 à 50 tonnes par 24 heures, qui dépend de la nature et du degré d'humidité du minerai mis à sécher.

Fours à griller. — On les classe en plusieurs catégories ou types suivants :

- 1° Fours à reverbère, intermittents ;
- 2° Fours à reverbère, continus ;
- 3° Fours à cylindre tournant, intermittents ;
- 4° Fours à cylindre, continus ;
- 5° Fours élevés ;
- 6° Fours à mouffles.

1° *Four à reverbère.* — Le four grilleur ordinaire à reverbère consiste en une sole continue recouverte d'une voûte et possédant à l'entrée un foyer, à la sortie, une cheminée ; on les construit économiquement en pierre, de sole bien de niveau ; le reste doit être fait en briques et l'en-

semble renforcé et assemblé au moyen de rails ou de fers à T.

La sole doit présenter une surface en rapport avec la nature du minerai et la quantité à traiter, elle est généralement de $2^m,10 \times 3$ mètres jusqu'à $5^m,10 \times 21^m,60$.

2° *Four Brown*. — Le four à griller système Brown a été l'un des plus perfectionnés en ces derniers temps ; il se compose d'une sole recouverte d'une voûte reverbère.

De chaque côté de la sole, sur des trottoirs séparés de celle-ci au moyen de murs à solution de continuité, sont placés des rails sur lesquels roulent des trucs supportant des agitateurs, ressemblant à des socs de charrue, qui ont pour but de remuer sur la sole, la couche de minerai.

Les agitateurs mobiles sont mis sur la sole dans la direction du foyer, au moyen de rouleaux et de chaînes placés à côté des rails sur les trottoirs extérieurs.

Après avoir passé sur la sole, l'ensemble des petits socs de charrue s'engage au-dessus du four et après être arrivé à l'autre extrémité, passe de nouveau sur la sole.

Peu à peu, après avoir été grillé, le minerai se trouve entraîné à une extrémité de la sole, par l'action des socs. Il est complètement grillé

et passe ensuite sur des convoyeurs sur lesquels est dirigé un courant d'air froid.

L'ensemble du four, qui a la forme d'une longue voûte, est armé de tirants en fer à double T portant, eux aussi, des rails pour permettre le passage du train d'agitateurs. Une extrémité porte une trémie de distribution ; des foyers, généralement au nombre de 5, sont disposés, 2 et 3, en chicane le long du four, et seulement à partir du premier tiers depuis la trémie.

On fait varier la vitesse du train, et par conséquent, le temps de chauffe, suivant la nature du minerai à traiter.

On fait aussi ces fours de forme circulaire (*horseshoe*) ou elliptique (*elliptical*).

Dans ce cas, une trémie distribue également le minerai à une partie du four découverte sur une certaine longueur (*fig. 5*), tandis qu'à la sortie de la sole, le minerai grillé est évacué au moyen de convoyeurs à courroie ou à vis sans fin.

Des foyers sont également disposés le long de l'appareil, mais le train d'agitateurs, au lieu de passer au-dessus du four pour s'y refroidir, continue son chemin sur la sole découverte et pénètre à l'entrée, entraînant le minerai pulvérisé étendu sur la sole.

Une cheminée, placée à l'entrée même du four, rejette les gaz de la combustion et les produits nuisibles oxydés.

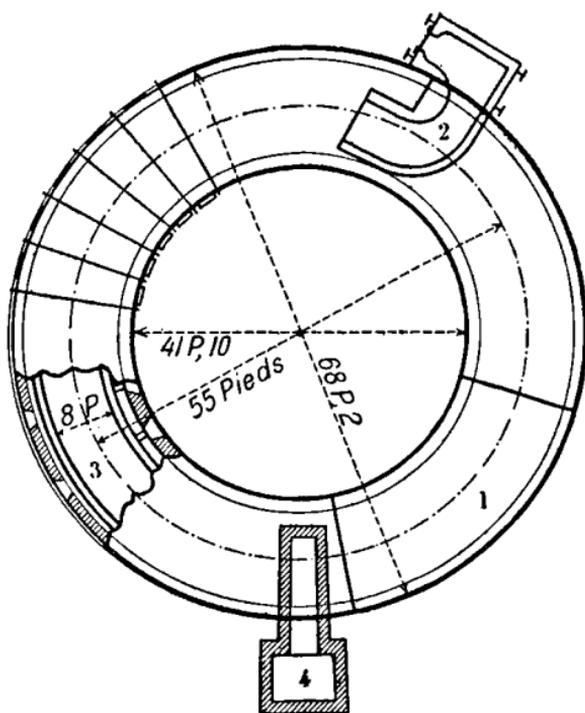


Fig. 4. — Four circulaire *horseshoe* (Système Brown).

1. Sole à air libre et trémie ;
2. Foyer (généralement au nombre de 3) ;
3. Sole à griller (coupe à la hauteur de la) ;
4. Cheminée.

Les *horseshoe* ont 119 pieds de diamètre, 2 420 pieds carrés de surface.

Les minerais contenant de 0,5 à 3,5 % de soufre demandent une surface de 15 pieds carrés par tonne ; ceux de 5 à 10 % demandent 60 pieds carrés.

Chaque tonne de minerai siliceux à griller exige avec 4 % de soufre de 50 à 60 kilogrammes de houille, cette quantité baisse en même temps que diminue la teneur en soufre.

Les qualités des fours Brown sont les suivantes : simplicité de construction, grande capacité, uniformité des résultats, économie de combustible et de travail, bon marché d'installation, absence de poussières, etc.

3° *Four à griller* (système Brückner). — Les avantages que donne ce type de grilleur sont les suivants :

- 1° La charge de minerai peut être conservée dans le four aussi longtemps qu'il est nécessaire ;
- 2° La chaleur peut être exactement réglée ;
- 3° Le grillage est économiquement et complètement mené.

Il consiste en un cylindre horizontal en fer (*fig. 6*), revêtu intérieurement de briques, de préférence en terre réfractaire. Il tourne sur des galets entre un foyer et une cheminée d'échappement.

Le foyer est quelquefois mobile et monté sur

des roues placées sur rails. Il peut ainsi desservir deux fours, l'un en marche, l'autre en voie de déchargement ou de chargement.

La flamme du foyer passe directement à travers le cylindre, et de là, mélangée aux gaz qui proviennent de l'oxydation du minerai, se rend à la chambre à poussières.

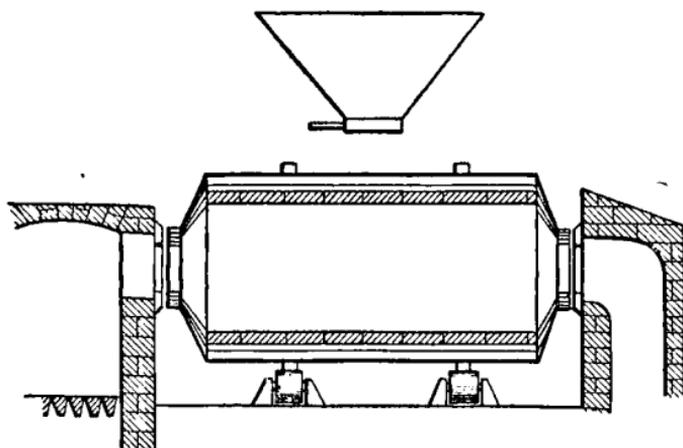


Fig. 6. — Coupe schématique d'un four Brückner.

Le cylindre est pourvu de trous d'homme pour le chargement ou le déchargement du minerai, qui se fait au moyen d'une trémie et de wagonnets.

La quantité de minerai que l'on peut griller dans un four est de plusieurs tonnes.

Ces fours sont en usage depuis quelques années et sont très estimés ; l'Anaconda Copper Mining C^o en emploie 252 de 8 pieds et demi à 18 pieds de longueur.

4° *Four White-Howell*. — Il consiste en un long cylindre à forme de télescope, construit en plusieurs sections ajustables pour en faciliter le transport, un peu incliné, supporté par des gâlets et tournant entre un foyer à la partie la moins élevée et la plus large, et une cheminée à la partie peu large.

L'intérieur est recouvert de briques réfractaires, du moins dans la portion de fort diamètre située près du foyer. La flamme, se rendant à travers le cylindre, atteint le minerai et opère son oxydation.

Ce four a donné des résultats excellents depuis un certain nombre d'années ; il est en usage principalement quand il s'agit de minerai à chlorurer. Leurs diamètres vont de 0^m,75, 1 mètre, 1^m,27 à 1^m,50 et leur longueur, de 7 mètres à 10 mètres, avec des capacités allant de 15 tonnes à 70.

5° *Four Stetefeldt*. — C'est une tour verticale en briques, haute de 8 mètres avec, à la partie inférieure, un foyer, et une cheminée au sommet.

Au moyen de cribles à secousses, le minerai pulvérisé tombe automatiquement et continuellement dans la tour et, se trouvant porté à une haute température, en même temps qu'en présence de l'air, il est grillé en quelques secondes.

On construit des fours traitant de 10 à 80 tonnes en 24 heures.

Nous arrêtons ici la description de l'outillage pour entrer dans le cœur même du sujet, l'extraction immédiate du précieux métal.

CHAPITRE III

—

MÉTHODES D'EXTRACTION

Nous sommes amenés à diviser ce chapitre en trois parties d'après les procédés généraux mis en pratique. Nous étudierons d'abord les procédés mécaniques, *Battée*, *Berceau*, *Sluice*, les plus anciennement connus (*fig. 7*) ; les procédés physiques, *Amalgamation* et *Fusion*, ce dernier, pour mémoire, car il n'est plus employé ; les procédés chimiques, *Chloruration* et *Cyanuration*, dont l'application se généralise de plus en plus et ont pour avantage de traiter des minerais jusque-là réputés réfractaires. C'est surtout sur ces deux procédés que nous nous appesantirons.

PROCÉDÉS MÉCANIQUES

Battée. — La *battée* est le plus ancien instrument d'exploitation des alluvions aurifères,

il est encore employé dans beaucoup de pays

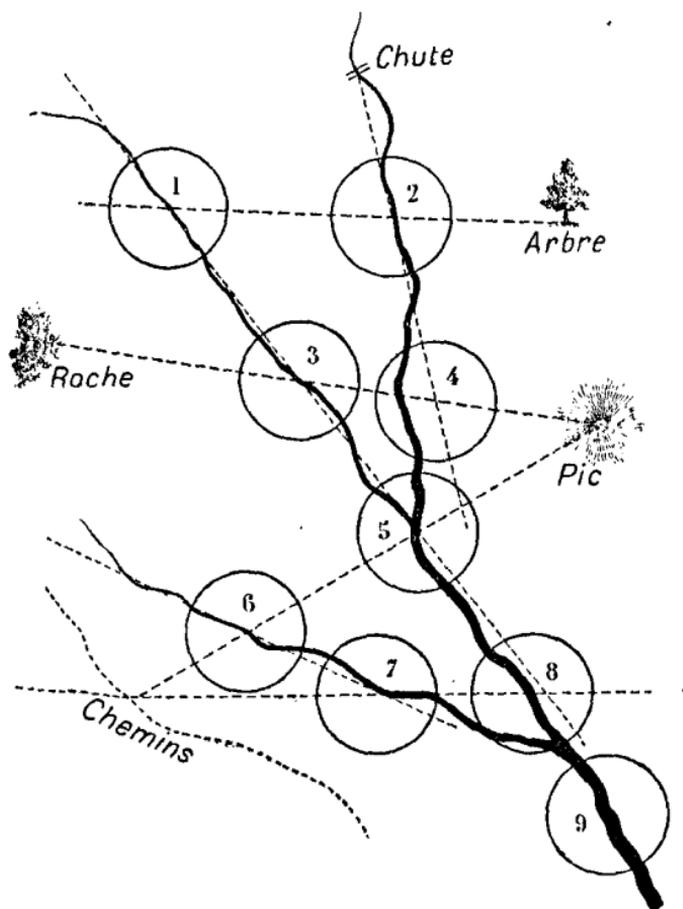


Fig. 7.

Disposition des placers sur cours d'eau (battée, sluice, etc).
Les numéros inscrits dans les cercles, indiquent les placers exploités et concédés.

où la main-d'œuvre européenne ou les procédés

perfectionnés n'ont pas encore pu pénétrer à cause des difficultés multiples que l'on y rencontre.

La battée est un plat rond conique de 0^m,40 environ de diamètre et de 0^m,08 de profondeur au centre; elle se fait en fer ou en bois. A Madagascar, les Sakalaves en construisent en bois qui ont jusqu'à 0^m,60 de diamètre.

Le laveur d'or est muni d'une bêche (1) longue de 0^m,30, avec laquelle il disloque l'alluvion, et d'une pelle formant un peu cuiller pour pouvoir le recueillir plus facilement, même sous l'eau.

On remplit la battée au moyen de la pelle et on la plonge dans l'eau. Il faut environ 0^m,40 de hauteur d'eau pour que tous les mouvements du laveur d'or puissent se faire aisément. L'ouvrier accroupi saisit la battée à deux mains, chaque main se trouvant presque diamétralement opposée l'une à l'autre, puis la secoue plusieurs fois horizontalement, d'en avant en arrière, et la replace sur le sol.

(1) *Angady* en Malgache; nous devons la majeure partie de ces renseignements concernant l'emploi de la battée, à M. A. Richardot, ingénieur à Marovoay, province de Majunga.

Les alluvions comprenant généralement, dans leur composition, de la terre glaise, des boues et du sable, l'ouvrier remuera de ses deux mains toute la masse comme le ferait un boulanger, mais bien au-dessus de la battée : cela s'appelle le *débourbage* ; c'est afin de bien détacher la boue collée aux cailloux et de la désagrégier pour mettre l'or y contenu en liberté, que se fait cette opération.

L'ouvrier plonge encore la battée dans l'eau et secoue de nouveau horizontalement, rejette les gros cailloux après les avoir nettoyés, et continue ainsi jusqu'à ce que le mélange ne contienne plus de terre grasse non désagrégée.

Ce point étant atteint, et après avoir donné quelques secousses horizontales, il passera au véritable lavage.

Il consiste en des mouvements circulaires faits avec les deux bras en même temps, de telle sorte que, chaque main plongeant et se relevant tour à tour et inversement, produise, en même temps que le mouvement circulaire, des oscillations de la battée.

Ces mouvements combinés créent un courant circulaire et excentré de l'eau, dont l'ouvrier règle la violence et qui, passant sur les matières

stériles et légères remontées à la surface, les entraîne et les rejette hors de la battée.

Cette série de secousses horizontales et de mouvements circulaires se répétant, il ne reste plus dans la battée, à un certain moment, que de l'or et du sable de fer magnétique.

On procède à la séparation au moyen d'un aimant.

La battée sert aussi aux essais de richesses des alluvions (voir *Appendice*).

Berceau. — Cet appareil a été longtemps employé au Mexique pour laver les alluvions aurifères. C'est une sorte de caisse rectangulaire en bois, sans couvercle, et privée d'un de ses petits côtés. L'ensemble est incliné sur le côté qui manque et suspendu de façon à pouvoir osciller autour d'un axe unissant les côtés les plus grands, à la manière d'un berceau d'enfant.

On dispose à la partie supérieure une grille ou toile métallique de mailles relativement serrées ; tandis qu'on berce l'appareil, un ouvrier charge les alluvions à la pelle sur la grille qui est constamment arrosée par un ruisseau dérivé au moyen d'un canal en planches.

Sous l'action de l'eau et du mouvement, les

matières terreuses sont désagrégées ; les cailloux et graviers, ne pouvant passer à travers la grille, se séparent et tombent, tandis que boues et sables sont entraînés par l'eau dans le berceau.

Le fond de l'appareil est garni d'une toile à voile non tendue ; elle retient, comme en une poche, les parties lourdes qui s'y accumulent, l'or, par conséquent, mélangé de magnétite. Une partie de l'eau filtre à travers, pendant que le reste entraîne les boues inertes vers le côté ouvert.

On a modifié ainsi l'appareil : le fond, au lieu d'être constitué par une toile, l'est par une pyramide renversée et tronquée, en planches, terminée à son sommet par une botte profonde renfermant du mercure ; on amalgame ainsi directement l'or recueilli, tandis qu'avec le procédé primitif, après avoir extrait de la toile les parcelles d'or et de fer magnétique, il fallait repasser le tout à la battée.

Deux hommes passent au berceau trois tonnes de sables aurifères par dix heures de travail, soit par homme 1,5 tonne, ce qui correspond à quatre journées de travail à la battée.

Si nous avons parlé de ce procédé, bien qu'ancien et à peu près abandonné, c'est qu'il y aurait

avantage à l'employer en certaines régions, côte ouest de Madagascar (sur l'Ikopa, le Camoro, la Betsiboka) par exemple, où la battée est exclusivement employée, et où la main-d'œuvre est rare et relativement chère, de 1 fr. 80 à 2 francs par jour et par homme pour un rendement de 0^{gr},80 à 1 gramme d'or.

Il y aurait également avantage plus grand encore à employer le *sluice* dont nous allons parler.

Sluice. — Le *sluice* se compose d'un canal construit en planches assemblées en forme d'U, ayant une largeur de 30 centimètres sur autant de hauteur et long au moins de 100 mètres. Cette longueur peut aller jusqu'à 1000 mètres et même au delà.

Le canal se compose d'une suite de petits canaux d'une longueur de 4 mètres environ ; chaque fraction supérieure pénétrant dans la voisine qui suit, à emboîtement ; ce qu'on obtient en faisant le canal légèrement trapézoïdal, sa largeur en tête étant, par exemple, de 0^m,30, celle de l'emboîtement n'ayant que 0^m,25, si les côtés sont faits en planches de 0^m,025.

Le *sluice* est supporté par des piquets formant chevalet, enfoncés dans l'alluvion ; la

traverse qui le supporte l'est elle-même par deux crochets passés dans les piquets.

Ces crochets sont réglés de manière à donner au canal une pente de 0,02 ‰ à 0^m,05 ‰, suivant la nature du terrain et la forme de l'or (poudre impalpable, moyenne ou grosse).

La partie la plus rapprochée de l'endroit où se fait l'extraction du sable aurifère est évasée pour permettre le chargement continu de l'appareil. La pente de ce dernier est variable, on en rend le fond raboteux au moyen de débris de planches que l'on cloue, et qui arrêtent les matériaux les plus lourds, en même temps que, sous l'action de l'eau qui y circule, les parties agglomérées se brisent. De loin en loin, des cavités ménagées dans le fond du *sluice* et remplies de mercure recueillent les paillettes d'or séparées du sable et les amalgament.

A la partie supérieure du canal, les ouvriers jettent à la pelle dans la portion évasée, le minerai que l'on extrait à proximité. On dirige dans le *sluice* un ruisseau à fort débit que l'on a dérivé et qui, par ses remous, fait l'office de battée.

Quelquefois, ainsi que cela se fait, pour les *placers de montagne*, le courant d'eau, qui a servi à abattre les alluvions, est utilisé pour

entraîner les débris dans de gigantesques *sluices* construits à cet usage.

C'est en somme un triage et un enrichissement que fait un *sluice* ; la terre, le sable et les galets sont entraînés à l'extrémité et s'y amoncellent, tandis que l'or gagne le fond et s'amalgame ou reste engagé au contact des aspérités.

Chaque semaine, l'amalgame est recueilli et traité comme nous le verrons plus loin (*Amalgamation*).

Un ouvrier arrive, par ce procédé, à laver journellement 18 tonnes de sables et graviers, tandis qu'à la battée, nous l'avons vu, le chiffre ne dépasse pas $\frac{1}{2}$ tonne, avec un homme bien exercé.

L'expérience d'un grand nombre d'années sur beaucoup de *claims* a prouvé que l'on pouvait, avec cette méthode, extraire de 3 à 4 grammes d'or par homme et par jour.

Modifications dans l'emploi du *sluice*. — Nous venons de dire que, pour les *placers* de montagne, on employait d'immenses *sluices*. L'eau provenant de la fonte des neiges recueillie dans des lacs ou bassins artificiels, est conduite par de larges canaux jusqu'à la base de la fa-

laise, haute de 12 à 60 mètres, d'alluvions aurifères, qu'elle mine et sape avec violence. Ce sont les éboulements produits par cette action désagrégante qui sont entraînés dans les *sluices*. Ceux-ci, dirigés vers les vallées, y laissent déposer les sables et les galets. Lorsque l'on dispose d'une quantité d'eau limitée, on emploie celle-ci sous pression et on démolit la muraille alluvionnaire au moyen de jets puissants que plusieurs hommes dirigent à la base du dépôt ; le reste du traitement se fait comme plus haut.

Nous citerons l'exemple suivant d'exploitation de ce genre que quatre hommes suffisent à conduire :

Le chantier Eureka (Saint-Juan, Californie) produisait par jour pour 3 000 francs d'or ; les alluvions en falaise de 43 mètres de puissance étaient abattues à raison de 2 800 mètres cubes en dix heures au moyen de 15 000 mètres cubes d'eau ⁽¹⁾.

En résumé, le débit de l'eau, le volume de terre mise dans le canal et la pente sont trois facteurs à faire varier par expérience pour que

(1) La mine a été reprise par une compagnie exploitant les *tailings* par cyanuration.

1° tout le terrain soit bien désagrégé avant de quitter le canal, et 2° aucune parcelle d'or ne s'échappe.

INSTALLATION DE FORTUNE

Avant de faire l'étude des procédés physiques, nous devons signaler une installation de fortune qui donne de bons résultats quand, au moment de la découverte de gisements, on ne peut encore avoir à sa disposition un matériel perfectionné. Il convient particulièrement à des roches friables, notamment aux quartzites fendillées. On installe, à fleur de sol, de grands mortiers en fonte et en pierre dure, bien calés sur un soubassement de gravier, et disposés en étage de façon que, au moyen de rigoles qui les relient entre eux, l'eau provenant d'un ruisseau des environs puisse y circuler. On commence par broyer à sec avec un pilon en fer, le quartzite mis dans le mortier supérieur, puis, quand il est assez fin, on dirige le courant d'eau et on continue à broyer sous l'eau. Celle-ci entraîne les particules de minerai, assez grosses mais peu riches, dans le mortier inférieur où un ouvrier

le broie avec un pilon, puis dans un troisième. Il en résulte que l'or s'accumule dans les trois mortiers, et se débarrasse peu à peu de sa gangue. On recharge de temps en temps, après avoir recueilli l'or.

On peut aussi modifier cette méthode en broyant à sec dans des mortiers indépendants et laver le sable obtenu à la battée. On arrive, pour des minerais riches, avec trois à quatre ouvriers, à produire par semaine 340 grammes d'or ; c'est là une exception, mais des moyennes hebdomadaires de 100 à 150 grammes sont courantes.

PROCÉDÉS PHYSIQUES

Le plus important des deux procédés physiques est l'amalgamation ; la fusion ne convient qu'à des minerais extrêmement riches, nous n'en ferons qu'une courte description, pour permettre de nous étendre un peu plus longuement sur l'amalgamation.

AMALGAMATION

Les plaques en cuivre qui arment l'intérieur des mortiers sont amalgamées pour permettre

déjà à une certaine quantité d'or de se fixer sur le mercure et de couler au fond de la rigole entre le *dé* et les parois du mortier ; l'autre partie de l'or, mélangée à du sable, des *slimes* et de l'eau, passe sur les tables d'amalgamation.

Tables amalgamantes. — Ce sont des feuilles de cuivre, ayant environ 1^m,50 de large et 2^m,50 de longueur ; on les argente de façon à les pouvoir amalgamer plus facilement. On peut également les amalgamer au moyen de cyanure de potassium et de mercure. On emploie ce procédé quand, par suite d'un accident quelconque, action des matières nuisibles étrangères (arsenic, soufre) qui noircissent et vert-de-grisent les plaques, ou repos prolongé, les tables sont plus ou moins désamalgamées.

L'usage d'acides est formellement condamné, même quand le vert-de-gris, qui est la bête noire des amalgamateurs, apparaît.

On prépare une petite quantité d'amalgame dont on enduit la moitié supérieure de la table, de façon, quand celle-ci n'est pas en usage, à empêcher l'accès de l'air et prévenir l'oxyde de cuivre de se former à sa surface.

Le cyanure de potassium, dont nous avons parlé ci-dessus, sert à dissoudre les oxydes et

sels de cuivre formés et à mettre le métal à nu avant de l'amalgame.

La plaque est légèrement inclinée et maintenue sur un cadre placé sur une charpente, assez rapprochée de la batterie de bocards pour que la pulpe puisse s'y écouler avec une vitesse que seule l'expérience peut régler.

Nous donnons ci-après quelques renseignements sur la perte en mercure qui peut se produire pendant l'opération. Pour la réduire au minimum, on emploie dans la manipulation et le transport du métal liquide et de l'amalgame, des petits wagonnets spéciaux, à couvercle, et des pompes en acier, à boulets-soupapes et à tuyauterie de fer. Nous ne pouvons nous étendre sur la manipulation du mercure, nous passerons à la façon de recueillir et de traiter l'amalgame.

Clean-up-pan. — C'est dans ces appareils que l'amalgame sortant des tables à amalgamer et des mortiers est envoyé avec une certaine quantité de mercure neuf. De boueux qu'il était, et de très impur, l'amalgame se purifie et épuise complètement la pulpe.

C'est une cuve en fer, peu haute, avec, au centre, un arbre portant des tiges de fer qui

sont terminées par des sabots de bois destinés à circuler sur le fond de la cuve ; des vis de pression les maintiennent continuellement en contact. Un trou de décharge, situé à l'extérieur et

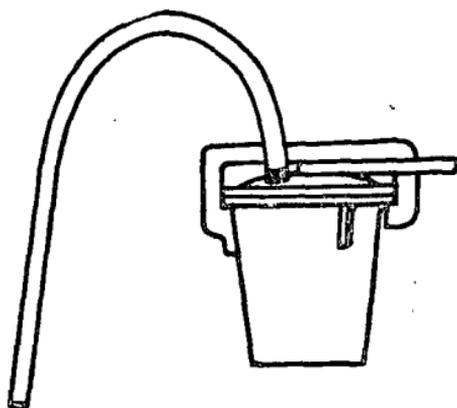


Fig. 8. — Retort

Retort ordinaire ayant, comme dimensions, de $D = 8$ pouces ;
 $d = 6$ p. ; $H = 12$ p., à $D = 12$ p. ; $d = 10$ p. ; $H = 18$ p.

en bas de la cuve, permet l'échappement de l'amalgame, des boues et de l'eau. En sortant du *clean-up-pan*, l'amalgame est filtré, séché et envoyé aux *retorts* (*fig. 8*).

Distillation. — L'amalgame d'or formé est recueilli de temps en temps, suivant la richesse

du minerai, une fois par jour sur les plaques de cuivre qui sont raclées avec des morceaux épais de caoutchouc ou des lames d'acier. On remplace l'amalgame enlevé par du mercure que l'on s'efforce, au moyen d'une toile à voile, à répartir en stries rugueuses, et qui ainsi retiendra mieux l'or. On joint à cet amalgame celui provenant des plaques de cuivre revêtant l'intérieur des mortiers, encore celui-ci n'est-il recueilli que tous les huit jours environ.

Le tout est placé dans des petits sacs en toile serrée que l'on comprime pour en former des boules ou nouets, riches en or, qui sont introduits dans un alambic de fonte à couvercle mobile, appelé *retort* (1) ; on procède à la distillation du mercure qui s'échappe par le tube recourbé ; et il reste dans la cornue des masses spongieuses d'or, qui sont soumises à la fusion, dans des fours spéciaux, avec du nitre, du carbonate de soude, du borax, etc. On coule l'or

(1) Ces *retorts* peuvent avoir une très grande capacité (de 7 litres à 105 litres).

On en construit des verticaux et horizontaux d'un poids qui n'est pas inférieur à 3 000 kilogrammes, et qui sont munis d'un réfrigérant spécial, plus rationnel et occasionnant moins de pertes en mercure que le tube recourbé.

impur (titrant 80 à 90 %) dans des lingotières de formes pyramidales tronquées.

Pertes en mercure. — Quand les minerais sont moulus seuls, la perte en mercure atteint généralement 28 grammes par tonne. L'amalgame est récupéré environ tous les cinq jours ; on retourne le mercure, pour avoir moins de pertes dans les batteries de bocards.

Pour chaque batterie de 10 pilons, il est nécessaire d'avoir une réserve de mercure ; une partie servira aux batteries, l'autre sera employée aux tables d'amalgamation.

Pour une grande installation, soit 80 bocards, avec des minerais donnant de 40 à 50 francs à la tonne, il est nécessaire d'avoir une réserve de mercure de 230 kilogrammes ; la table d'amalgamation en demande ordinairement 100 kilogrammes pour être convenablement fluide.

L'or fin demande pour être amalgamé plus de mercure que le même poids d'or brut, et la perte qui en résulte est plus grande.

Les minerais réfractaires sont encore une cause de pertes qui vont au delà de celles que donnent tous les autres minerais.

Pour éviter tous ces inconvénients qui grè-

vent les frais généraux d'extraction, on conseille de manipuler le mercure avec soin.

On donne comme règle celle-ci concernant la perte en mercure :

Elle est de $\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{6}$ de kilogramme par tonne de minerai et par batterie de 10 pilons, soit de 6 à 8 kilogrammes par mois.

FUSION

Certains minerais pyriteux, après avoir été passés dans un four grilleur, sont fortement chauffés ; l'or, en vertu de sa densité coule et gagne, avec le sulfure de fer fondu, la partie inférieure du cubilot.

La matte ainsi concentrée est fondue avec du plomb de façon à obtenir un alliage d'or et de plomb que l'on traite ensuite par un courant d'air chaud pour oxyder le plomb, c'est en sorte une modification de la méthode par coupellation (abandonné).

PROCÉDÉS CHIMIQUES

L'apparition des deux procédés au chlore et au cyanure marque un progrès immense dans

l'extraction de l'or. Les mines du Rand, de vieilles mines abandonnées de Californie, d'Australie, etc., sont devenues le champ d'une exploitation active qui a produit une énorme quantité d'or, que tout autre méthode n'aurait pu extraire.

Dans le procédé au chlore, nous ne parlons que brièvement de la méthode inventée par Plattner pour décrire avec détails le procédé au baril, de plus en plus employé en Amérique,

La cyanuration est telle qu'on la pratique actuellement dans toutes les grandes usines d'Amérique, d'Afrique et d'Australie.

PROCÉDÉ AU CHLORE

Le procédé au chlore est un des moyens les plus avantageux pour extraire l'or de certaines espèces de minerais que l'on ne peut arriver à traiter par la méthode d'amalgamation et qui ne sont pas avantageusement ni économiquement récupérés et manipulés par cyanuration ou fusion.

Méthode de Plattner (*fig. 9*). — C'est la plus ancienne; elle consiste à charger le minerai préa-

labement pulvérisé, grillé et légèrement imbibé d'eau, dans des cuves bien enduites de poix ou

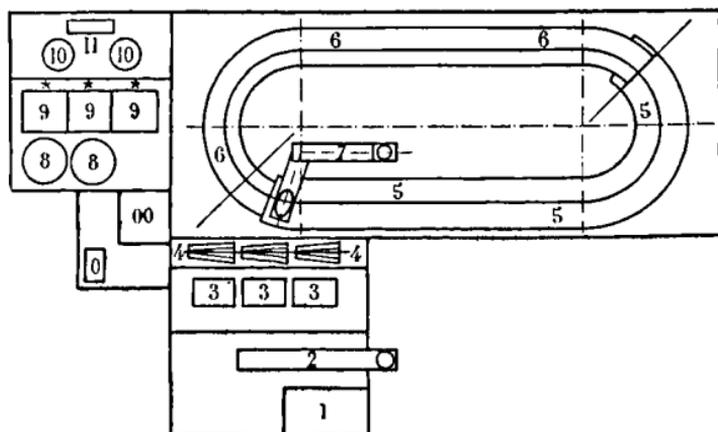


Fig. 9. — Plan d'une usine de chloruration

- 0. Compresseur d'air ;
- 00. Roue Pelton ;
- 1. Broyeur ;
- 2. Séchoir tournant ;
- 3. Broyeur à rouleau ;
- 4. Trommels coniques ;
- 5. Four elliptique Brown ;
- 6. Sole de refroidissement ;
- 7. Cheminée ;
- 8. Cuves à solution ;
- 9. Barils de chloruration ;
- *. Cuves de dépôt (sous les barils) ;
- 10. Cuves de précipitation ;
- 11. Filtre-Pressé.

doublées de plomb, fermées à la partie supérieure et munies d'un faux fond ou filtre cons-

truit comme il suit : Sur les planches du fond espacées de 2 à 3 centimètres et entrecroisées, on met un lit de quartz concassé, ou de cailloux, de façon que les morceaux les plus petits soient à la surface ; le lit de quartz doit avoir environ 15 centimètres d'épaisseur.

Sur le quartz, un lit de planches de 15 centimètres espacées de 3 centimètres, complète le filtre.

D'autres procédés de construction du lit filtrant, variantes de celui-ci, sont également pratiques. Après avoir reçu la charge de minerai, les cuves sont fermées hermétiquement et les joints du couvercle bien lutés tout autour (une pâte faite avec de la farine et de l'eau est fréquemment employée à cet usage).

On fait arriver ensuite dans le minerai un courant de chlore gazeux, d'habitude par le côté de la cuve (4). Le gaz pénètre la masse de minerai

(4) Le chlore qui sert à la dissolution est préparé dans une petite cuve doublée de lames de plomb, au moyen de

Bioxyde de manganèse	67 ^{kg}
Sel marin	80
Acide sulfurique	125

Après avoir fermé la cuve, on donne un mouvement

et transforme les particules du métal en chlorure soluble. Ce traitement doit durer quelques jours après lesquels le couvercle est enlevé pour permettre l'introduction de l'eau dans la cuve ; elle lave la masse et dissout le chlorure. La solution d'or obtenue est dirigée vers les cuves et les fines boues recueillies et lessivées à part.

L'or est précipité dans des cuves réservées à cet usage par addition de sulfate ferreux, d'hydrogène sulfuré ou d'anhydride sulfureux. Il se réunit en une masse floconneuse au fond de la cuve.

Un bac doit être réservé à la production d'une solution de sulfate ferreux qui est obtenue par l'action de l'acide sulfurique sur de la ferraille ; le fer doit naturellement s'y trouver en excès.

Quand la précipitation est complète, le liquide est décanté et jeté, et le précipité recueilli, puis lavé à l'eau chaude pour le séparer de l'hydrate ferrique et d'autres sels de fer formés durant la réaction du sulfate ferreux sur le chlorure d'or. Ainsi purifié, le précipité est séché et fondu en lingots.

de rotation et on introduit de temps en temps, pour chauffer, un courant de vapeur d'eau.

PROCÉDÉ AU BARIL

La brève description que nous venons de faire concerne le procédé à la cuve tel qu'il est demeuré jusqu'à l'apparition du procédé au baril. Il avait l'avantage de ne point exiger de force motrice, il était donc plus économique ; par contre, le procédé de chloruration au baril exige un temps moins long et offre une capacité relativement plus grande.

Marche générale. — La méthode la plus récente consiste à chlorurer le minerai dans des barils tournants, revêtus intérieurement de plomb. Le chlore est directement produit dans les barils au moyen d'acide sulfurique agissant sur du chlorure de chaux (hypochlorite de calcium ou chlorure décolorant).

La solution d'or formée est traitée par un courant d'anhydride sulfureux sous pression pour préparer la précipitation qui se fait au moyen de sulfure d'hydrogène.

Préparation du minerai. — Le minerai doit être broyé au concasseur et criblé ; les sables trop gros retournent au concasseur pour être à nouveau broyés jusqu'à ce qu'ils puissent passer

au crible dont les trous ont un diamètre d'environ 18 millimètres.

L'humidité du minerai est éliminée au moyen de séchoirs tournants, après quoi il est passé aux cylindres dentés qui le finissent et le préparent au grillage duquel dépend le succès de la chloruration. Après que, par ce dernier moyen, les substances nuisibles contenues dans le minerai ont été volatilisées et expulsées, ou tout au moins oxydées, le minerai est prêt pour les barils de chloruration.

Barils. — Ils sont construits de forme cylin-

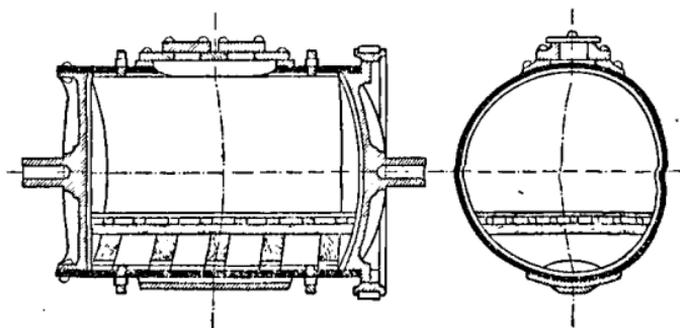


Fig. 10. — Baril de chloruration

Modèle « Standard ». Longueur = 3m,81; diamètre = 2m,40;
capacité = 17 mètres cubes

drique en tôle de fer (*fig. 10*), avec fonds à tourillons en fonte; l'un des fonds, de diamètre plus

fort que le cylindre, est denté ; cette disposition lui permet de communiquer le mouvement au cylindre au moyen d'un engrenage qui reçoit lui-même la force par une roue à friction. Les barils sont munis à la partie supérieure de deux trous d'homme que l'on peut hermétiquement boucher et qui servent au chargement et à la vidange de l'appareil. Quatre ajutages à valve sont placés à deux génératrices opposées diamétralement et servent pour l'introduction de l'anhydride sulfureux sous pression, et au passage des eaux de lavage provenant du filtre.

Ce dernier, placé à l'intérieur du baril revêtu de plomb, est ainsi construit : une toile d'amiante est supportée par un cadre en bois perforé et ondulé, épais de 5 centimètres environ ; au-dessus se trouve un grillage de bois. La toile sera, selon toute probabilité, renouvelée après avoir servi au traitement de 50 à 60 charges dans le baril. La charpente en bois composant le filtre est préalablement plongée dans un mélange bouillant de goudron et de bitume, de façon que les fibres en soient parfaitement imprégnées. Il absorbera ainsi très peu de solution et sa durée en sera augmentée.

Les barils ont généralement les dimensions suivantes : longueur, 4 mètres ; diamètre, 2^m,50.

Chargement des barils. — Il se fait de la façon qui suit : On introduit d'abord la quantité d'eau nécessaire, puis l'acide sulfurique, après quoi le baril est rempli avec le minerai grillé et pulvérisé, et enfin seulement on ajoute l'hypochlorite. De cette façon, le chlore ne se produit seulement qu'après que le baril est refermé et commence à tourner.

La quantité d'acide introduit est variable, théoriquement 7 parties de chlorure de chaux exigent 6 parties d'acide sulfurique, mais, en pratique, cette proportion est rarement employée ; on la détermine plus exactement par des essais et d'après le caractère et la nature du minerai.

Un excès d'acide sulfurique est recommandé, autrement le sulfate de plomb deviendrait susceptible de précipiter l'or durant les opérations suivantes.

Le chlore sous pression se combine en partie à l'eau jusqu'à son point de saturation pour la température à laquelle se trouve la masse. La pression s'élève dans les barils généralement à 2 atmosphères, à moins que d'autres substances (oxydes métalliques) ne la réduisent en absorbant du chlore. L'or se dissout avec plus de facilité dans l'eau de chlore quand il y a de

la pression dans les barils, on ne doit pas cependant chercher à dépasser 2 atmosphères qui suffisent largement.

La quantité d'eau employée par tonne de minerais traité est de 350 à 550 litres ; les minerais siliceux en exigent moins que les minerais pyriteux grillés.

Filtration. — On s'assure de la présence de chlore libre au moyen d'une valve d'essai, après quoi le baril est arrêté et déchargé. Il est alors prêt à la filtration et au lavage. Ces opérations se font de différentes manières. Le contenu du baril aussitôt déchargé sur le filtre est immédiatement remplacé par une charge de minerais frais à chlorurer.

Une autre méthode consiste à décanter le liquide et les fines boues en suspension dans le filtre et à continuer le lavage dans le baril, mais la pratique courante est de filtrer la charge entière dans le baril.

La filtration et le lavage se font sous pression ; l'approvisionnement d'eau doit être placé à une hauteur suffisante au-dessus des barils pour donner une pression d'environ 5 kilog. par centimètre carré. Si l'on ne peut établir de réservoirs destinés à cet usage, on introduira l'eau dans les barils au moyen de pompes.

Quand des prises d'essais faites sur le liquide filtré n'indiquent plus la présence de l'or, on arrête l'arrivée de l'eau et on décharge le baril en le retournant. On envoie une nouvelle quantité d'eau et on retourne partiellement le baril pour détacher le reste de la charge qui adhère aux parois, et, quand il n'en reste plus trace, on le remet en position de chargement.

Des cuves sont placées au-dessous des barils pour recevoir la solution d'or et l'eau de lavage ; leur but essentiel est de permettre le dépôt des fines boues avant la précipitation.

Précipitation. — La précipitation se fait avec du sulfate ferreux ou de l'hydrogène sulfuré.

Il faut vingt-quatre heures pour précipiter une charge avec le premier réactif et seulement quatre à cinq heures quand on emploie le second ; cette dernière méthode est donc la plus en usage.

Dans ce cas, on a besoin de deux générateurs à gaz construits en fer, munis de tuyaux pour introduire de l'air sous pression et conduire les gaz aux cuves de précipitation.

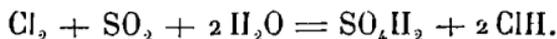
Le générateur d'hydrogène sulfuré est recouvert intérieurement de feuilles de plomb ; le gaz y est produit par l'action de l'acide sulfurique dilué sur du sulfure de fer.

L'anhydride sulfureux est produit par la com-

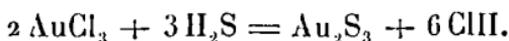
bustion du soufre ; le générateur n'est pas recouvert de plomb à l'intérieur.

Les cuves de précipitation sont également revêtues de feuilles de plomb, munies d'un couvercle fermant hermétiquement ; au lieu de plomb, on enduit quelquefois les cuves avec du bitume. Elles sont construites de façon à permettre l'introduction de la solution d'or et des gaz qui doivent la précipiter, et l'extraction facile des précipités formés.

L'anhydride sulfureux est envoyé par le côté des cuves au moyen d'un tube flexible qui fait suite au tuyau abducteur venant du générateur en fer. Les gaz qui s'échappent sous pression du tube, barbotent dans le liquide et l'agitent vigoureusement, ce qui facilite la rapidité de la réaction qui a pour but de détruire le chlore avant l'admission de l'hydrogène sulfuré :



Le résultat obtenu, on arrête le courant de gaz et on admet l'hydrogène sulfuré qui précipite l'or sous forme de sulfure :



Il faut avoir soin de ne point faire passer un

excès d'anhydride sulfureux, ce qui causerait une perte en hydrogène sulfuré :



Le sulfure d'or produit serait également souillé de soufre précipité.

Lorsque la précipitation est complète, ce qui a lieu au bout de cinq heures environ, la cuve n'est pas troublée pendant un laps de temps de trois heures après lequel le liquide est soutiré par le fond de la cuve et envoyé au filtre-pressé.

Quand de deux à six précipitations ont été faites dans une cuve, le précipité est extrait au moyen de tuyaux et passé au filtre. Par insufflation d'air comprimé, le sulfure d'or est partiellement séché et le gâteau obtenu réservé à la purification.

On le mélange avec des flux convenables (généralement borax, quartz, sable et nitre), on le fond et le coule en lingots.

PROCÉDÉ AU CYANURE

Généralités. — Le procédé au cyanure, qui avait autrefois été considéré comme difficile d'application, est devenu l'un des meilleurs

parmi ceux que la science a mis à la disposition de l'industrie métallurgique.

Théoriquement, le procédé est d'une extrême simplicité et basé sur l'affinité que possède, pour le métal précieux, une solution aqueuse très diluée de cyanure de potassium en présence d'oxygène. Toutefois son application pratique est fréquemment accompagnée de réactions chimiques très complexes qui ont appelé l'attention de chimistes et de métallurgistes distingués. Leurs conclusions, concernant la cause de ces réactions, et les remèdes à apporter pour en vaincre les pernicioeux effets, sont très divers.

Historique. — Bagration, le premier, remarqua que l'or très divisé se dissolvait dans une solution de cyanure de potassium ⁽¹⁾.

Plus tard, Elsner avança que la présence de l'oxygène était nécessaire pour que la dissolution se produise ⁽²⁾.

Ce n'est qu'en 1888 que MM. Mac-Arthur et Forrest donnèrent au procédé de tels perfectionnements dans ses détails, qu'ils placèrent ce

(1) *Journ. für prakt. Chem.*, t. XXXI; p. 367.

(2) *Journ. für prakt. Chem.*, t. XXXVII; p. 333.

mode de traitement des minerais d'or parmi les premiers. Il devenait pratiquement possible.

Au cours de l'année 1889, une petite usine de cyanuration est fondée en Nouvelle-Zélande pour traiter les résidus d'une batterie de 10 pilons. En 1890, le procédé au cyanure est introduit au Witwatersrand, champ d'or du Transvaal, et son succès est presque immédiat. A Johannesburg, le procédé qui nous occupe a déjà produit plus de 86 000 kilogrammes d'or provenant de tous résidus.

En Nouvelle-Zélande, dans l'Inde, l'Australie et autres pays, il a été aussi appliqué avec un succès toujours croissant.

Remarques. — Dans le traitement de certains minerais aurifères, par le cyanure, l'affinité du cyanogène pour l'or, de préférence à certains sulfures métalliques fréquemment associés à l'or dans la gangue, est un fait qui a été remarqué par M. J.-S. Mac-Arthur, et qui a donné naissance à un procédé nouveau. La cyanuration a été effectivement la solution du problème depuis longtemps posé aux champs d'or de l'Afrique du Sud.

La valeur des essais de minerai de ces régions ne correspondait pas aux rendements donnés

par les procédés d'amalgamation et autres méthodes en vogue. On n'avait aucun moyen de récupérer l'or perdu à moins de frais énormes. Actuellement les résidus de moulins sont conservés pour un traitement ultérieur ; et le fait qu'à Johannesburg, plus de quatorze millions de tonnes de *tailings* ont déjà été soumis au traitement par le cyanure, prouve que ces entassements résiduels ont atteint d'énormes proportions.

Dans le procédé au cyanure, comme dans tout nouveau procédé d'extraction comparable, des modifications et changements apportés dans la pratique antérieure se présentent constamment. Ils ont pour objet de combattre les obstacles qui surgissent à tout instant et que l'on n'avait pas prévu.

Le procédé au cyanure est donc essentiellement chimique et c'est pourquoi, généralement, il est du ressort et de la compétence d'un ingénieur-chimiste. L'excellence de la machinerie qui apporte son secours dans l'extraction par la méthode de cyanuration est un facteur qui influe pour une petite partie seulement le pourcentage de rendement.

Adaptabilité du procédé. *Minerais ne contenant pas de métaux étrangers.* — Quelques-unes des conditions dans lesquelles le procédé au cyanure est applicable au traitement des minerais d'or sont fixées d'une façon définitive, tandis que d'autres sont encore, de la part des métallurgistes par cyanuration, le sujet de discussions.

Nous avons vu que, dans le choix du procédé, le meilleur rendement n'était pas nécessairement l'indice du meilleur profit. La cyanuration a prouvé être d'un bon marché remarquable et d'une efficacité très grande dans le traitement de certaines espèces de minerais ; mais, bien qu'on y apporte des perfectionnements constants qui la placent peu à peu au premier rang, elle a cependant des limites.

Les minerais d'or, très finement moulus et qui résistent à tout autre traitement parce que l'or flotte, ont donné des résultats très satisfaisants avec la méthode par cyanuration. Il ne sera pas applicable à la récupération de l'or en gros grains parce que la solubilité des grosses particules dans la solution de cyanure est faible, lente, et que seule la prolongation du temps de contact arrive à en faire la dissolution complète, ce qui, au point de vue industriel, ne serait ni pratique ni économique.

Les minerais riches résistent donc à ce traitement et en accroissent le coût ; les minerais pauvres, réfractaires à un traitement mécanique, tel que la lixiviation, donnent un bon résultat, de même que certains minerais pyriteux.

Le minerai devra pouvoir être bien lavé après broyage et passage au crible, parce que la présence de limon ne retarde pas seulement l'opération du nettoyage, mais rend les minerais imperméables à la solution de cyanure qui ne peut atteindre une quantité assez considérable de particules d'or et cause de ce chef une perte très notable.

Minerais contenant des métaux étrangers.

— Les minerais contenant des composés du cuivre, spécialement carbonates et oxydes, ne peuvent pas être traités économiquement par la cyanuration. Les minerais antimonieux sont réfractaires.

Selon Mac-Arthur, « la solution de cyanure agira dans le cas du cuivre et de l'antimoine ; mais, dans le premier, la consommation de cyanure est trop grande pour en retirer du profit, tandis que, dans le second, l'or semble être très fortement souillé par l'antimoine et, comme le composé est très peu perméable, la solution de

cyanure est incapable de la pénétrer et de séparer le métal précieux de l'autre ».

Certains minerais qui ne peuvent pas être traités avantageusement par chloruration, tels que ceux contenant certains carbonates de zinc, de plomb, etc., ont été traités d'une façon satisfaisante par cyanuration.

Les minerais qui sont réfractaires à l'amalgamation, surtout en présence de sulfures, arséniures ou de bases métalliques, ou à cause de l'extrême division des particules d'or, ont été économiquement traités au cyanure, et on a pu en extraire des pourcentages d'essais satisfaisants.

Dans *l'Industrie minérale* (vol. I), publié sous la direction de L. Janin, on trouve le passage suivant : « Il paraît probable que, dans les minerais contenant ensemble de l'or et de l'argent, seuls, les minerais oxydés de surface peuvent être traités avec succès ; les minerais provenant du fond sont réfractaires ».

Un grillage avant la cyanuration a, en certains cas, résolu le problème du traitement de certains minerais non oxydés. On peut établir en règle que le procédé est meilleur adapté au traitement des minerais aurifères qu'argentifères ; cependant le procédé a été avec succès

appliqué à l'extraction de l'argent de certains minerais oxydés de surface.

Puisque les solutions de cyanure ont une plus grande affinité pour l'or que pour l'argent, le procédé est plus sensible à l'influence des matières étrangères quand les minerais traités renferment de l'argent.

Minerais acides, tailings; analyses. — Les minerais qui sont chimiquement neutres conviennent le mieux à la cyanuration; c'est pourquoi l'acide sulfurique, qui existe le plus souvent dans les minerais pyriteux s'ils sont exposés en couche mince à l'action de l'atmosphère, et les minerais contenant des produits solubles, comme les produits de décomposition des pyrites, sont rendus moins nuisibles lorsque le minerai est plombeux ou soumis à un lavage préliminaire à la soude caustique.

Les matières organiques qui se trouvent à la surface des minerais ou dans les vieux *tailings* de moulins, telles que fragments de végétaux pourris et autres substances capables d'absorber le cyanure, doivent être écartées autant que possible, parce qu'elles offrent une cause de dépense par consommation de cyanure.

La dépense du traitement, dans quelques cas, doit être un facteur calculé d'après l'importance

des meilleurs pourcentages d'extraction que l'on peut obtenir. Une partie du minerai d'une mine quelconque peut donner un résultat satisfaisant, tandis que l'autre portion de la même mine est réfractaire.

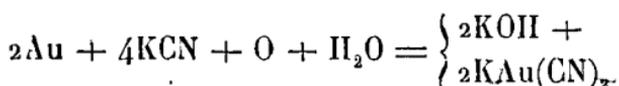
Les analyses et essais doivent être parfaits ; les échantillons prélevés dans différentes parties de la mine ou choisis dans celle pour laquelle le procédé est susceptible d'application. Toute règle que l'on pourrait donner dans ce cas serait dangereuse à suivre.

Le procédé au cyanure n'est donc pas un procédé universel d'extraction, mais, étant applicable, il offre de grands avantages. Sous une habile direction, c'est la plus efficace et la plus économique des méthodes que l'on connaisse jusqu'à ce jour pour le traitement de certains minerais d'or dont nous avons mentionné plus haut les variétés.

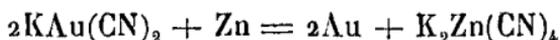
Théorie chimique. — On a déjà beaucoup écrit sur la chimie du procédé au cyanure, et il reste encore beaucoup à écrire. Les travaux de Scheidel, Mac-Arthur, Janin, Bosqui, Eissler, Christy, Rose et de bien d'autres auteurs contiennent tous les renseignements nécessaires sur

la théorie du procédé au cyanure ; on peut les consulter dans les ouvrages.

Réactions. — La réaction chimique résultant du contact d'une solution faible de cyanure de potassium avec l'or en présence d'oxygène produit un cyanure auropotassique et de l'hydrate de potassa, ou un cyanure double d'or et de potassium d'après l'équation suivante connue sous le nom d'équation d'Elsner, qui s'était occupé de la question et qui a publié le résultat de ses investigations en 1844 :



La précipitation de l'or de sa solution se fait au moyen de copeaux très menus de zinc ; l'action de ce métal sur la solution d'or est une simple substitution :



Action des autres métaux. — D'après Gmelin, « l'or, l'argent, le zinc, le cuivre, le cadmium, le fer et le nickel ainsi que les sulfures d'arsenic et d'antimoine et les oxydes minéraux agissent sur les solutions de cyanure ; l'étain, le mercure, le platine sont sans action,

tandis que le fer métallique est attaqué très faiblement et très lentement ».

Le sulfate ferreux et les sels de fer basiques insolubles, existant fréquemment dans les résidus, détruisent, quand ils ont été exposés à l'action de l'atmosphère, les solutions de cyanure.

Les réactions chimiques complexes, qui se rencontrent au cours des traitements des minerais, ont été étudiées théoriquement et dans les laboratoires par une foule de chimistes, ou sont actuellement l'objet de travaux nombreux ; mais elles ne sauraient trouver place ici.

Pertes en cyanure. — Avec de tels minerais (contenant du fer, de l'arsenic, etc.), la consommation de cyanure est si grande qu'elle devient un obstacle à l'emploi du procédé. Comme exemple de consommation anormale, nous citerons ce fait que, à Johannesburg, 40 parties de cyanure sont employées à l'extraction d'une partie d'or, lorsque, théoriquement, d'après l'équation d'Elsner, 10 parties de cyanure doivent dissoudre plus de 15 parties d'or.

On a attribué à beaucoup de causes la raison de cette perte habituelle, parmi lesquelles on doit mentionner : l'action atmosphérique (ou décomposition due à l'acide carbonique de l'air, ou oxydation due à l'oxygène) ; l'insuffisante

neutralisation des minerais acides ; la présence du cuivre ou autres substances nuisibles dans les minerais ; des réactions dues à l'hydrolyse ; la substitution de l'or dans la solution par le zinc, avant la précipitation, etc.

Pratique du procédé. *Cas du broyage humide.* — Si le broyage humide et l'amalgamation sont adoptés pour extraire l'or, il n'est pas douteux que la méthode la plus économique et la plus satisfaisante consistera dans l'emploi d'un moulin à pilons avec plaques de cuivre pour amalgamer. Dans le broyage humide, on substitue quelquefois, ainsi que l'on peut le voir aux mines de Crown, une très faible solution de cyanure de potassium (environ 500 grammes par tonne d'eau) à l'eau ordinaire envoyée à la batterie. On a remarqué que l'agitation, dans le mortier, de cette faible solution avec le minerai pulvérisé, a un excellent effet sur le traitement suivant. Dans la majorité des usines de l'Afrique du Sud, le minerai est broyé humide, ensuite il est soumis à trois séparations et méthodes différentes de traitement pour l'extraction de l'or, c'est-à-dire : amalgamation sur plaque de cuivre, concentration et cyanuration des résidus. Dans beaucoup de moulins, les résidus sont classés,

les fines boues sont mises en suspension dans une série de caisses coniques.

Les méthodes perfectionnées pour traiter les fines boues ont eu pour effet d'influencer la pratique du broyage. Des cribles plus fins sont actuellement en usage et, comme suite, on a obtenu un rendement meilleur. On prend également moins de précautions pour empêcher les boues de se former.

Cas du broyage sec. — Que le broyage humide soit plus économique ou possède d'autres avantages que le broyage sec, cela ne fait aucun doute. Il est probable que le choix du système dépend, dans une large mesure, du caractère physique du minerai et des conditions variables qui existent aux différents champs d'or. Dans la plupart des moulins qui cyanurent directement, les minerais sont broyés secs.

Aux États-Unis, cette méthode a été presque universellement adoptée. Il a été constaté, en 1904, par le directeur d'une des plus grandes usines du Sud Africain qu'il est possible d'obtenir un rendement suffisamment élevé, avec moins de dépense de force et d'argent, au moyen d'un broyage sec et de la cyanuration de préférence aux trois procédés connexes : Amalgamation, cyanuration, traitement des boues. En

Nouvelle-Zélande, les moulins à pilons construits pour le broyage sec sont le plus généralement en usage, tandis qu'aux États-Unis, les broyeurs à rouleaux existent dans beaucoup d'usines de cyanuration. Actuellement, l'avis de la plupart des distingués métallurgistes au cyanure est favorable au broyage sec au moyen de rouleaux broyeurs, quand l'amalgamation n'est pas employée.

Les partisans de la méthode du broyage sec disent que la consommation de cyanure est réduite et que le rendement est meilleur qu'avec le broyage humide ; ils résument les avantages de cette méthode dans les quelques lignes suivantes :

1° Le minerai est placé complètement sec dans les bacs d'extraction, c'est pourquoi on n'a pas à redouter la dilution de la solution de cyanure.

2° On obtient une couche plus uniforme de minerai en chargeant les bacs avec du minerai sec. Sa facilité d'imbibition est augmentée non seulement à cause de la plus grande perméabilité, mais aussi à cause de la plus grande facilité qu'il donne à la solution de s'échapper à l'extérieur des bacs.

3° Les lits de minerai broyé sec, chargés dans les bacs, sont imprégnés d'une plus grande

quantité d'oxygène ; il en résulte un pourcentage d'extraction plus élevé.

La grande économie d'eau que l'on fait en adoptant la méthode du broyage sec est plus ou moins importante et dépend de la quantité d'eau dont on dispose.

Ainsi qu'il a été constaté, le choix du système de broyage sera largement influencé par les conditions existantes.

Un système d'extraction convenant à toutes sortes de minerais et pour différents pays est impossible.

Séchage du minerai. — Dans les moulins à broyage sec, la présence de l'humidité dans le minerai tend à boucher les trous du crible et, par ce fait, à en réduire le rendement. Il arrive rarement que le minerai soit rendu au moulin dans des conditions de siccité suffisante.

Parmi toutes les méthodes variées et perfectionnées dont on s'est servi pour se débarrasser de l'humidité du minerai, l'application directe de la flamme au moyen d'un four-séchoir tournant a été encore la plus satisfaisante. Le travail est conduit avec rapidité et, partant, avec économie ; les gaz nuisibles qui s'échappent du minerai brûlant sont envoyés à la cheminée.

Grillage du minerai. — La présence, dans

les minerais d'or, des sulfures d'argent, de fer, de plomb et de zinc n'est pas une raison exclusive contre l'emploi de la cyanuration comme moyen d'extraction de l'or.

L'adoption du grillage avant cyanuration écarte, dans une large mesure, les difficultés que l'on rencontre dans le traitement des minerais contenant des arséniures, sulfures, tellurures, etc.

Le grillage du minerai n'a pas seulement pour objet de volatiliser et de détruire beaucoup de substances nuisibles au succès de l'opération, et d'oxyder les résidus, mais encore il agit d'une façon heureuse sur la structure physique des minerais qui doivent être traités au cyanure ; il les rend poreux et perméables aux solvants chimiques en permettant un contact plus intime, en exposant toutes les parties à l'action des solutions et réduisant la période de la cyanuration. Mais comme le grillage est en même temps une dépense considérable additionnelle, il n'est pas avantageux dans le traitement de beaucoup de minerais pauvres.

Le grillage accompagné du procédé au cyanure est maintenant appliqué en Nouvelle-Zélande, dans l'Australie de l'Ouest, dans l'Utah, l'Arizona, l'Orégon, le Colorado et autres pays.

Après broyage sec, la meilleure méthode de traitement est un grillage dans des fourneaux à reverbère mécaniques qui détruisent les composés nuisibles (d'arsenic) et les volatilisent ; ensuite on opère la cyanuration.

L'or, revêtu de particules d'oxyde de fer magnétique, rend environ 80 % de sa teneur totale ; autrefois le rendement se montait seulement, par la méthode d'amalgamation, à environ la moitié.

Les minerais tellureux non oxydés de la région du Cripple Creek dans le Colorado, choisis dans les bas niveaux des mines, sont habituellement grillés avant cyanuration. Les minerais de ce district contiennent un peu de pyrites de fer disséminées, du tellure et quelquefois de l'or libre. Le minerai tellureux oxydé, provenant de la surface, est soumis, directement et sans grillage, à la cyanuration.

On opère, avec les minerais tellureux de l'Australie de l'Ouest et de l'Oregon, d'après la même méthode ; les rendements en sont toujours augmentés.

Traitement au cyanure. — Pour les opérations suivantes du procédé au cyanure, on emploie des cuves ou des réservoirs que l'on construit à cet effet en bois ou en acier (*fig. 11*) ; on

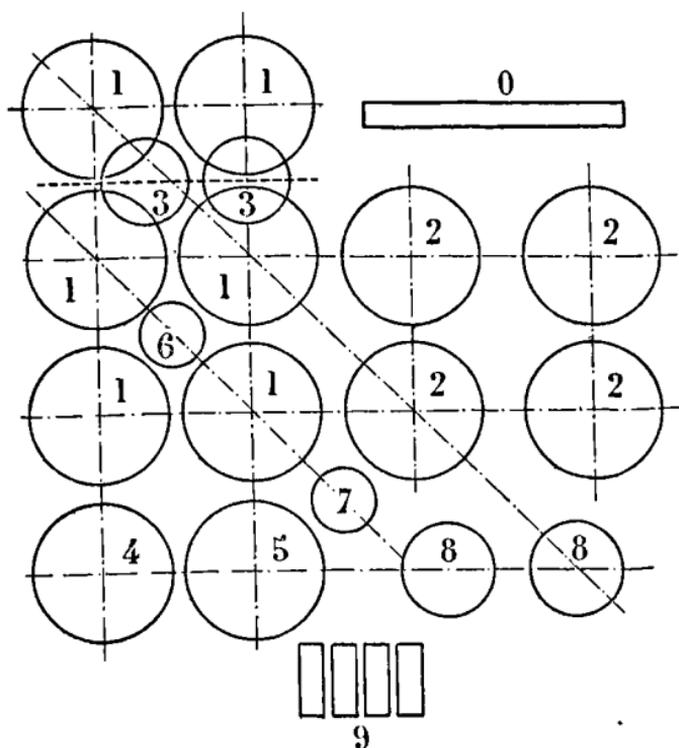


Fig. 11. — Disposition des cuves pour cyanuration de 50 T. par 21 II.

0. Batterie de 20 bocards ;
1. Cuves de dépôt des slimes ;
2. Cuves de dépôt des sables ;
3. Bacs à solution de cyanure ;
4. Cuves de traitement des slimes ;
5. Cuves à solution d'or ;
6. Bac à solution de KCN concentré ;
7. Bac à solution d'or ;
8. Cuves à solution épuisée ;
9. Caisses à précipitation.

leur donne habituellement la forme d'un cylindre ou d'un rectangle, de façon à occuper, pour un grand volume, le moins de place possible.

Les réservoirs en acier sont plus coûteux mais ils sont plus avantageux que ceux en bois. L'action du cyanure de potassium sur le fer est si faible qu'elle est pratiquement nulle. Les cuves de bois, d'autre part, absorbent plus ou moins de solution et des voies d'eau sont possibles, à moins d'un usage journalier. Ils sont sujets à ressentir facilement les influences atmosphériques, aussi ont-ils été remplacés en Afrique, au Colorado, etc., par des bacs d'acier.

La durée des réservoirs en bois sera augmentée dans de larges proportions par des couches de peinture à l'extérieur. Pour l'intérieur, on recommande un mélange à parties égales de goudron et de bitume qui devra être appliqué à chaud et à profusion sur la totalité de la surface.

Les cuves-laboratoire doivent avoir des portes de décharge sur le côté ou au fond ; la dernière manière est préférable.

Le minerai pulvérisé est quelquefois amené des magasins au moyen de wagonnets et pesé, il est ensuite versé dans un wagon circulant au-dessus des réservoirs. On le décharge et égalise

le minerai avec une pioche. Des vis sans fin, des trémies de distribution et autres appareils sont également en usage.

Un traitement préliminaire des résidus, qui se fait dans les moulins du sud de l'Afrique, consiste à séparer les notables quantités de boues provenant du minerai broyé. Différents moyens ont été adoptés pour ce faire ; quelques-uns, en usage dans de grandes usines, ont prouvé qu'ils étaient tout à fait efficaces.

Un distributeur inventé par MM. Butters et Mein (*fig. 12*) est généralement employé pour le chargement des cuves. Il consiste en un bassin hémisphérique dont la partie supérieure est couverte d'un tamis ou grille de fer ; à l'intérieur du bassin sont fixés de huit à seize tuyaux de fer de différentes longueurs dont les extrémités sont courbées à angle droit et terminées par des ajutages aplatis placés horizontalement, le tout est supporté par une colonne de fer disposée au centre du bassin ou suspendue au-dessus à un *trolley* mobile ; dans ce cas, un distributeur sert à plusieurs réservoirs.

La force centrifuge produite par l'eau qui s'écoule produit une rotation lente qui distribue également le liquide. Le tamis placé au-dessus du bassin arrête les petits morceaux de bois ou

de substances étrangères qui pourraient obstruer les tuyaux ou les ajutages.

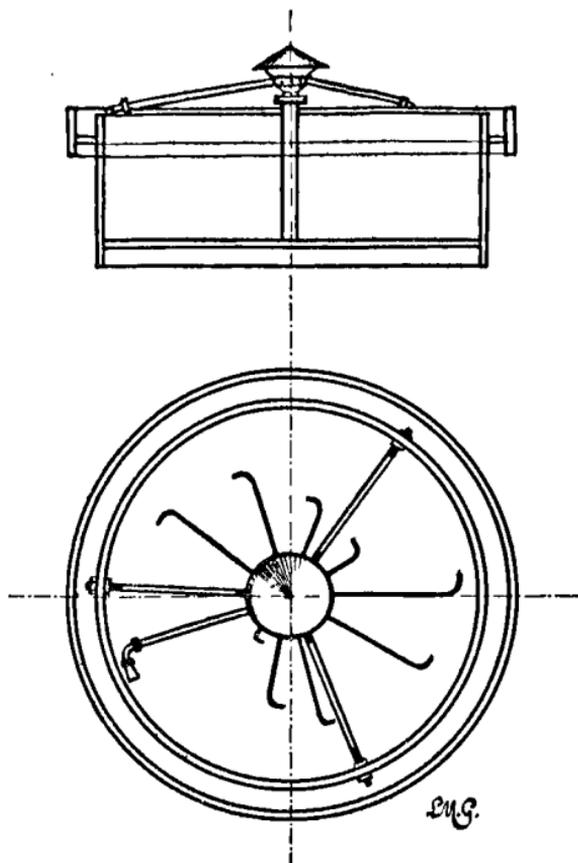


Fig. 12. — Distributeur Mein et Butters.

Avec ce système, les sables sont réunis à l'intérieur des cuves, tandis que les boues fines

sont entraînées par les remous de l'eau au-dessus du bord des bacs jusque dans des auges circulaires.

L'usage le plus courant consiste à placer les cuves ou réservoirs directement au-dessus des bacs de lavage dans lesquels le contenu des bacs intermédiaires est déchargé au moyen de la porte du fond. En chargeant les cuves de lavage, il est strictement nécessaire de s'assurer que le lit de minerai est partout de la même densité, autrement la solution de cyanure filtrerait plus rapidement au travers des parties légèrement tassées et il en résulterait une diminution de rendement, dû partiellement au contact imparfait de la solution, partiellement à la difficulté d'enlever toutes traces d'or, même à l'aide d'un lavage ultérieur.

Dans le système de chargement direct pratiqué en Afrique du Sud, les boues sont séparées du sable grossier au moyen de caisses coniques avant de charger les cuves de dissolution.

La mise en place d'un filtre au-dessous du trou de décharge des cuves se fait de différentes façons.

Dans quelques moulins, on fait usage d'un fond en bois perforé supportant des bandes de tissus recouvertes de cofferdam ; la laine de

coco est protégée par une toile placée au-dessus. Dans d'autres usines, les bandes de toile, convenablement entaillées pour assurer le libre passage de la solution, sont placées au-dessus du fond d'environ 3 centimètres et renforcées au moyen de petits blocs mis à intervalles convenables; la laine de coco et la toile couvrent le tout et dispensent de l'emploi d'un fond perforé.

Un simple lit de sable et de gravier recouvert d'une toile est en usage dans beaucoup de grandes installations. Une autre méthode consiste à rayer le fond jusqu'au trou de décharge; dans ce cas, il est incliné vers le collier de vidange à partir du centre; le filtre est posé comme nous l'avons ci-dessus mentionné.

Les opérations de saturation, d'imbibition et de lavage sont très variées; nous en donnons un type, d'après M. Empson, directeur des moulins de la Dakota Mining and Mining Company; cette usine, créée en 1901, traite 60 tonnes en vingt-quatre heures (*fig. 13*).

Cas du traitement des sables. — Au sortir du distributeur Butters et Mein, les sables sont transportés au moyen de pelles dans une cuve placée au-dessous des réservoirs. Ce transport dure environ douze heures et coûte à peu près

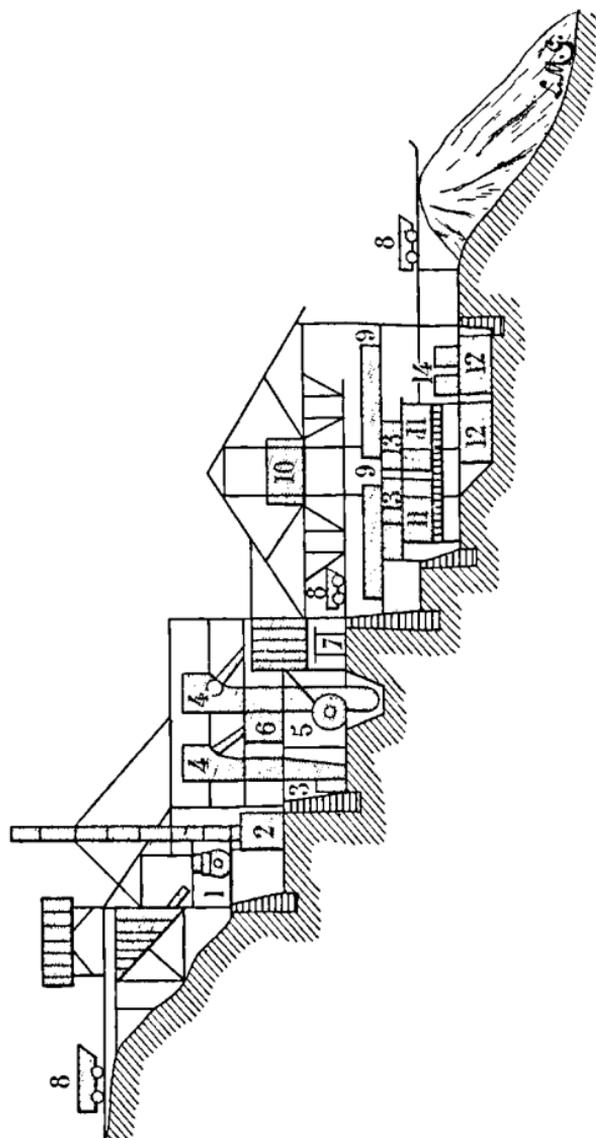


Fig. 13. — Coupe schématique d'une usine de cyanuration traitant 50 tonnes par jour.

- | | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. Broyeur Gates ; | 8. Wagonnets ; |
| 2. Séchoir tournant ; | 9. Cuves de cyanuration ; |
| 3. Broyeur spécial fin ; | 10. Cuve de solution de cyanure ; |
| 4. Élévateurs ; | 11. Solution d'or ; |
| 5. Broyeurs à rouleaux ; | 12. Solution résiduelle ; |
| 6. Crible à secousses ; | 13. Pulpe épuisée ; |
| 7. Balance à minéral ; | 14. Cuves à précipitation. |

25 centimes par tonne ; dans la cuve, les sables sont lavés encore une fois et l'extraction produit dans ce nouveau traitement environ 8 % de l'or total. Les résidus sont déchargés au moyen d'une écluse, ce qui demande environ deux heures. Le temps total nécessaire au traitement des sables, en tenant compte du chargement, et du déchargement, est de cinq jours. L'extraction de l'or des sables varie, avec les espèces de minerais traités, entre 83 et 84 %.

Cas du traitement des boues. — Les *slimes* mélangés d'eau passent dans un trommel, puis dans une série de caisses pointues à faible courant d'eau ascendant. Une partie des éléments quartzeux se précipitent et sont classés en trois catégories qui, des cuves de dépôt, vont aux cuves de cyanuration où elles sont traitées.

Ces éléments sableux entrent pour 40 % dans les boues ; mais le reste, soit 60 % de *slimes* vraies, sont mélangés d'une énorme quantité d'eau. Ils mettent très longtemps pour se déposer, et sont par là même très difficiles à recueillir.

Les boues venant des caisses de séparation coulent dans une des cuves placées plus bas. Quand l'une d'elles est remplie, ce qui se fait au moyen d'une conduite en bois, on siphonne

la solution pendant que de nouvelles boues coulent dans la cuve d'une façon ininterrompue. Cette opération se fait de la sorte dans le cas où l'on traite beaucoup de minerais au moulin. Dès que les boues ont été chargées dans la cuve et que la solution siphonnée commence à être presque incolore, on introduit 12 kilogrammes de chaux pulvérisée éteinte dans les auges qui reçoivent les boues débordant des caisses de séparation. On laisse déposer et on siphonne alternativement. Le temps total de dépôt est d'environ dix heures. Les *slimes* sont ensuite envoyés dans des cuves spéciales au moyen de pompes centrifuges.

Quand les boues seront entièrement déposées, on les enverra dans les cuves de cyanuration, où, au moyen d'agitateurs mécaniques semblables à ceux décrits au sujet de la cuve à gravier, elles seront maintenues dans un état perpétuel de remous qui facilitera la dissolution de l'or et la pénétration du cyanure.

L'or, du reste, qui se trouve dans les *slimes* à un état de division extrême, et parfois même, microscopique, se dissout avec rapidité et facilité.

Le traitement au cyanure des boues est suivi d'une suite de repos qui favorisent les dépôts

de boues stériles et de siphonnements qui enlèvent la solution de cyanure double d'or et de potassium, que l'on envoie aux caisses à zinc pour y être précipitée au même titre que la solution provenant des sables quartzeux.

Avec cette méthode, on arrive à extraire 68 % de l'or contenu dans les *slimes*.

Cette récupération, ajoutée à celle du premier traitement, permet l'extraction de près de 90 % de l'or contenu dans les minerais. Le reste est de l'or probablement emprisonné dans la gangue, et qui n'a pu être dissout par le réactif ; les résidus ultimes contiennent donc encore 2 à 3 grammes par tonne, qu'on ne peut évidemment pas songer à récupérer sans grosses pertes, les minerais riches de 4 à 5 grammes étant abandonnés comme non rémunérateurs.

On sait bien qu'en prolongeant l'action du cyanure sur le minerai, on arrive à forcer un peu le chiffre du rendement en or, mais ce gain est compensé par la perte en cyanure (altéré à l'air) et la perte de temps. Il y a donc une limite qui ne semble pas devoir être dépassée.

Précipitation. — La précipitation de l'or se fait actuellement par deux procédés ; le procédé au zinc et le procédé électrique.

a) Le premier, dû à MM. Mac-Arthur-Forrest, consiste à faire le dépôt d'or sur un lit de zinc en tournure ; c'est encore la méthode en usage dans la majorité des plus grandes usines de cyanuration ; le zinc employé à cet usage est ordinairement le zinc en feuille du commerce.

Il doit être exempt d'arsenic et d'antimoine, mais un léger pourcentage de plomb est avantageux parce qu'il forme un couple voltaïque avec le zinc.

Dans quelques usines, on obtient pratiquement ce résultat en plongeant les copeaux de zinc dans une solution faible d'acétate de plomb. La précipitation est, de ce fait, complète et sûre.

La méthode pour préparer les copeaux de zinc est la suivante :

Une certaine quantité de disques de zinc, d'environ 30 centimètres de diamètre, et ayant à leur centre un trou de 3 centimètres, sont placés dans un mandrin, sur un tour fait spécialement à cet usage. Il est muni d'un assortiment de colliers de différentes tailles, dans lesquels le zinc est fixé. Au commencement de l'opération, le zinc dépasse ces colliers d'environ 3 centimètres ; au moyen d'un ciseau ou d'une lime demi-ronde, on rogne le zinc en copeaux filiformes.

Des tours à engrenages composés ou automatiques, sont quelquefois mis en usage ; ils ont l'avantage de n'exiger que peu d'attention et de travail dans la préparation des copeaux.

On emploie aussi, comme précipitants, de la poudre de zinc, du plomb, du charbon de bois pulvérisé, de la poussière d'aluminium ou de zinc.

La poudre de zinc s'emploie par agitation avec la solution d'or, ce dernier se précipite sous forme de masse floconneuse, colorée en pourpre. La poudre de zinc est aussi employée sous forme d'émulsion. On dit qu'en outre des avantages qu'elle comporte, elle a celui de précipiter l'or plus rapidement et plus entièrement qu'avec les copeaux de zinc. Quoi qu'il en soit, son emploi n'est pas très répandu dans les moulins d'Australie et d'Amérique.

On construit différents modèles de caisses à précipitation, ou extracteurs, ou *zinc-boxes* ; l'un d'eux, très employé, est établi en bois ; il consiste en une série de compartiments, chacun en renfermant un plus petit, mobile.

Le fond de chaque caisse est garni d'un tamis en mailles d'acier sur lequel est étendu le zinc en copeaux peu serrés. Quelquefois on ne met pas de zinc dans la dernière caisse parce qu'on

utilise celle-ci pour recueillir le précipité provenant des autres compartiments.

La solution d'or pénètre par la petite caisse du premier compartiment, au moyen d'un tuyau large de 6 centimètres et circule de haut en bas jusqu'à ce qu'elle atteigne le trou incliné par lequel elle gagne le lit de copeaux de zinc.

L'or précipité tombe et traverse le filet d'acier qui retient le zinc.

La formule qui préside à la précipitation est la suivante :



Il ne faut cependant pas croire que la consommation de zinc correspond exactement à cette équation, qui n'exigerait que 1 de zinc pour 6 d'or ; elle est, en réalité, de 14 de zinc pour 1 d'or, soit 84 fois la quantité exigée par la théorie.

On admet que cette perte est due partiellement à un courant électrique qui dissoudrait le zinc à l'état de cyanure double de potassium et de zinc, qui n'est pas un dissolvant de l'or et cause une perte assez considérable en cyanure.

b) Le procédé électrique de MM. Siemens et Halske avait, en 1895, servi à précipiter l'or de

65 000 tonnes de minerai contre 630 000 tonnes dont le métal avait été libéré par le zinc.

Il s'emploie ainsi :

Dans des caisses de bois à compartiments communiquant par un étroit couloir laissé entre leur cloisonnement, circule une dissolution d'or dans le cyanure de potassium.

Cette solution est électrolysée ; la cathode sur laquelle vient se déposer l'or est une feuille de plomb très mince, fragile, placée dans un cadre en bois. Tous les mois, les cathodes sont retirées et fondues (voir plus loin).

Les anodes sont en fer, ayant 2^m,10 sur 0^m,90, verticales et disposées en chicanes. Il se produit dans le bain, par suite de la présence du fer, du ferrocyanure de potassium et, partant, du bleu de Prusse que l'on traite ultérieurement pour récupérer le cyanure de potassium.

Avec des cathodes distantes de 0^m,04, il faut par mètre carré 0,54 ampère et une différence de potentiel égale à 7 volts.

Les avantages de cette méthode sur celle du zinc sont les suivants :

Consommation de plomb : 500 à 600 grammes par tonne de résidus traités ; consommation du cyanure réduite au tiers de celle exigée par le zinc.

Comparaison entre les procédés par chloruration et cyanuration. — Avec certaines espèces de minerais aurifères, le procédé par chloruration a donné de meilleurs résultats que le traitement au cyanure.

En règle générale, le procédé au cyanure est meilleur lorsqu'il est adapté au traitement de minerais de bas titre, tandis qu'il ne convient pas à celui de minerais riches pour lequel de bons résultats sont obtenus par chloruration.

Le traitement préliminaire du procédé au chlore implique le grillage du minerai, ce qui est d'ordinaire la plus grande source de dépenses dans ce procédé. Le grillage préalable dans la méthode de cyanuration est aussi fréquemment nécessaire, et pratiqué dans quelques-unes des plus grandes usines au cyanure.

La dépense par tonne de minerai traité dans chacun de ces procédés varie avec la nature du minerai et des circonstances inhérentes à chaque pays, mais avec le grillage, les frais sont sensiblement les mêmes; de plus, les pertes dues à la volatilisation (spécialement s'il y a du tellure) et aux poussières qui s'échappent par la cheminée, sont souvent sensibles.

Dans la chloruration au baril, la dissolution d'or est effectuée par agitation du minerai avec

le solvant, et l'on n'a pas besoin de lavage pour extraire la solution parce que le procédé ne ressent pas l'influence de la structure physique du minerai, autant que le procédé au cyanure.

Les minerais dans lesquels la gangue est de l'oxyde hydraté de fer sont extrêmement difficiles à amalgamer, soit par les tables, soit par les bassins d'amalgamation, parce que l'or n'y est pas très finement divisé et que la gangue, d'habitude très limoneuse, enveloppe les particules d'or et forme une masse imperméable dans les tables d'amalgamation. Pour ces minerais, la chloruration au baril donne des résultats très satisfaisants.

Dans l'extraction de l'or de certains minerais sulfurés, ainsi que dans le traitement des pyrites arsénicales, la méthode au chlore a été appliquée avec succès. Il en est de même avec les minerais acides où le traitement au cyanure n'est pas applicable.

Rappelons toutefois que ce dernier procédé est le seul qui convienne à l'extraction de l'or des *tailings* et qu'il a prouvé être là et le meilleur, et même le seul possible.

MARCHE A SUIVRE DANS L'EXTRACTION
DE L'OR

Nous représentons, à la p. 125, sous forme de tableau schématique, les diverses opérations par lesquelles passe une tonne de minerai avant de céder la presque totalité de son or.

Nous allons récapituler ces phases :

Le minerai, venant de la mine, passe sur des *grilles* inclinées qui ont pour but de séparer les *gros* et les *menus*; les gros sont arrosés, *triés* à la main pour *rejeter* le stérile, le minerai riche étant envoyé au *concasseur* d'où il sort broyé pour se rendre aux *trémies* de distribution des *bocards* où s'est déjà dirigé le menu.

En sortant des bocards, la pulpe passe sur les *plaques à amalgamer* : l'or s'y dépose en partie, et, tandis que les plus gros morceaux vont aux *frue-vanniers* pour s'y enrichir, les plus petits et les slimes se rendent dans les *clean-up-pan* pour s'y amalgamer plus complètement. L'amalgame est distillé.

Les parties les plus riches sortant des vannoirs sont *grillées* avec du chlorure de sodium et soumises à la *chloruration*, les résidus sont

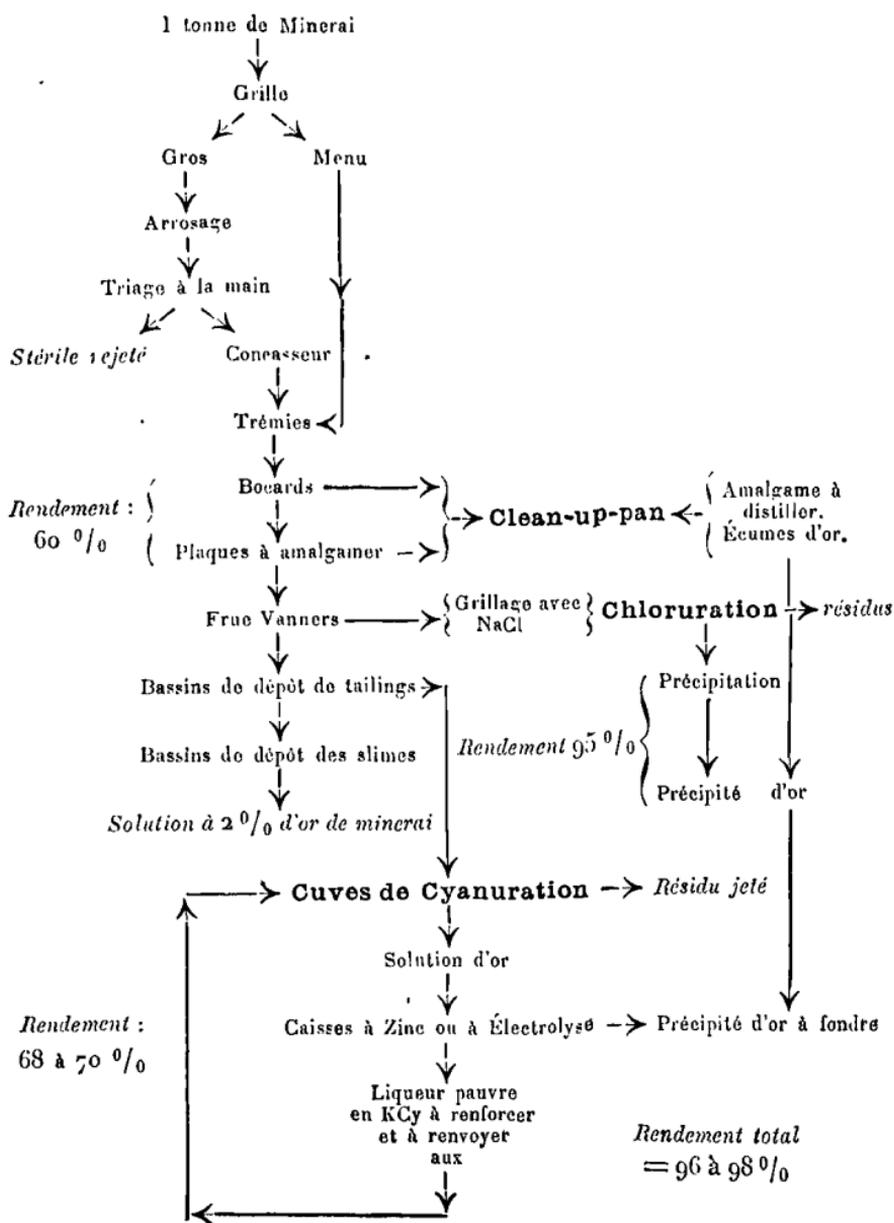
jetés, la solution de chlorure d'or est *précipitée*, l'or pulvérulent est fondu.

Les parties pauvres venant des frue-vanners sont mélangées à de l'eau et séparées par des *spitzlullen*. Les sables vont aux *bassins de dépôt des tailings*, les boues, aux *bassins de dépôt des slimes*.

Puis on envoie le tout aux *cuves de cyanuration*, les *résidus* sont jetés, la solution de cyanure double d'or et de potassium passe aux *caisses à zinc* ou à *électrolyse*, où l'or est précipité ; on le recueille et on le fond. La liqueur privée d'or est *renforcée* en cyanure de potassium et renvoyée aux *cuves de cyanuration*.

Tel est l'ensemble des procédés et opérations qui permettent la récupération de l'or de ses minerais.

Représentation schématique du traitement d'un minerai d'or



APPENDICE

ESSAIS DES MINERAIS D'OR

Deux cas se présentent naturellement : celui dans lequel le minerai d'or est alluvionnaire et se traite à la battée, au sluice, etc.; et celui où

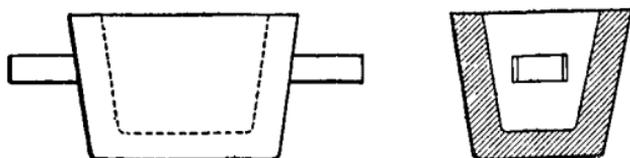


Fig. 11. — Lingotière
Capacité en or : de 2 onces trois quarts à 1000.

le minerai sera manipulé par amalgamation, chloruration ou cyanuration.

Comme on cherche généralement à savoir le

rendement *pratique*, on se placera dans des conditions à peu près identiques à celles du traitement, ou plutôt en rapport avec le *pour cent* d'extraction qu'elles donnent. Ainsi, quand on se sert de la battée ou de tout autre moyen mécanique pour récupérer l'or, il serait désavantageux de prendre une méthode exacte pour connaître la quantité d'or contenue dans le minerai ; de même, si l'on emploie la cyanuration, il ne vient pas à l'esprit d'essayer le rendement de l'or à la tonne par une méthode imparfaite qui en indiquerait seulement une partie plus ou moins inférieure à la totalité.

Nous examinerons donc les deux cas signalés plus haut : l'examen des minerais traités par un procédé mécanique, et l'essai des minerais traités par une méthode chimique.

PREMIER CAS : Essai à la battée. — La battée (dont nous avons vu plus haut l'emploi) est l'instrument dont se servent les chercheurs d'or qui se trouvent en présence d'alluvions. Entre les mains d'un laveur d'or expérimenté, elle donne des indications rapides et précises et renseignent *exactement* sur le rendement de l'alluvion en or extrait à la battée ou au *craddle*.

Si l'on veut faire une estimation sérieuse d'un placer ou, pour mieux dire, des alluvions formant la berge d'un ruisseau, on creusera, dans une étendue de terrain assez vaste, des trous de sondages coupant ce banc dans sa longueur et sa largeur, et on les espacera entre eux de 5 mètres, par exemple.

Puis on commencera par le premier trou ; on prendra dans le mélange des matériaux retirés des 50 premiers centimètres une ou plusieurs pelletées, d'un sol déterminé, et on lavera à la battée ainsi qu'il est dit *ante*.

On procédera ainsi pour chaque couche de 0^m,50 d'épaisseur, jusqu'à la roche fondamentale.

En répétant ce procédé dans chaque trou, on arrivera facilement à déterminer la valeur de chaque couche depuis la surface du sol jusqu'à la roche, et aussi la valeur du banc d'alluvions.

On verra que telle couche a telle valeur, et on sera renseigné sur les zones horizontales stériles à rejeter.

C'est la vieille méthode des chercheurs d'or de Californie, d'Australie, etc., elle est encore employée en Alaska et à Madagascar ; dans ce

dernier pays, l'or d'alluvions est le seul exploité (1).

Pour ce même pays, nous allons donner la méthode employée par les indigènes.

Celui qui peut arriver à dénoncer la présence de l'or, et sans autre renseignement sur la valeur des terrains que sa longue habitude, est généralement muni d'un instrument nommé *porima*.

C'est une corne de bœuf fendue en deux, chaque moitié pouvant servir de *porima*.

On place dans cette corne une certaine quantité de terre prise dans le trou de sondage, et, la tenant sous l'eau, on lui imprime de petits mouvements saccadés en travers ; cette agitation produite dans un amas de petites pierres, de sables, etc., tenus en suspension par l'eau, amène un classement des matières par ordre de densité, le sable le plus léger en surface, et celui le plus lourd, avec l'or, se fraye un chemin vers le fond de l'instrument.

Après quelques secousses, on promène lentement la *porima* sous l'eau en l'inclinant de ma-

(1) Un seul filon est en exploitation, et par des moyens très primitifs, dans l'Inérina (prov. de Tananarive).

nière que le courant produit par le mouvement chasse les matières légères hors de l'appareil.

Puis on recommence alternativement jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans la *porima* que les matières les plus lourdes.

Ce sont généralement de l'or et un sable noir à oxyde de fer magnétique qui est enlevé au moyen d'un aimant ; l'œil exercé du prospecteur peut, par comparaison ou par expérience, donner le renseignement demandé sur la valeur du terrain.

DEUXIÈME CAS : Essai par fusion. — Lorsque le minerai doit être, ainsi que cela se pratique dans l'Afrique du Sud, en Amérique et en Australie, traité par amalgamation et cyanuration, il importe de savoir *très exactement* la teneur totale en or. Les analyses ne doivent pas seulement avoir lieu une seule fois au début de l'exploitation, mais aussi souvent qu'il est nécessaire, c'est-à-dire chaque fois qu'un nouvel étage, un niveau récemment mis en exploitation est découvert. On verra, en effet, par la liste suivante donnant la teneur à la tonne de quelques filons pris au hasard dans des districts très rapprochés des champs d'or du Transvaal, que la quantité du métal précieux est extrêmement va-

riable, non seulement d'un district à un autre, mais encore d'une couche à celle qui la suit ou la précède immédiatement en profondeur :

Durban Roodeport		13 grammes
Main-Reef		18 "
Vogelstruis	12 à 15	"
Crœsus		14 "
Crown-Reef	7 à 30	"
Bonanza		45 "
Ferreira		25 "
		(moyenne)
Wemmer	jusqu'à 3 000	"
Salisbury	42 à 195	"
Jubilee	7 à 60	"
Village Main-Reef	jusqu'à 600	" etc.

Nous allons par le tableau de la page suivante résultant des calculs de M. L. de Launay, montrer les notables divergences qui peuvent exister dans une seule concession, dans un même puits à des hauteurs d'exploitations différentes.

Dans d'autres pays producteurs, la teneur en or varie dans les mêmes limites ; Certains filons malgaches ont donné jusqu'à 71, 81, 125 et 176 grammes à la tonne, d'autres ne payent pas.

Nous avons suffisamment montré la grande importance que l'analyse chimique doit prendre dans une exploitation aurifère. Elle sera confirmée, dans ce qu'elle a de général, par des

VARIATION DE LA TENEUR MOYENNE A DIVERS NIVEAUX DANS LA FERREIRA

South Reef				Main Reef Leader			
Niveaux	Puissance de la couche en centimètres	Teneur moyenne par tonne en grammes	Longueur de la galerie	Niveaux	Puissance de la couche en centimètres	Teneur moyenne par tonne en grammes	Longueur de la galerie
1	60	46	498	1	14	97	102
2	40	99	178	2	25	35	29
3	28	128	486	3	16	171	151
4	43	104	408	4	40	34	240
5	33	179	549	5	40	54	250
6	84	187	435	6	38	65	279
7	63	97	150	7	10	107	37
8	84	146	735	8	34	44	107
9	52	129	482	9	34	45	76
10	48	290	46	"	"	"	"
11	28	170	32	"	"	"	"

essais faits à l'usine sur plusieurs tonnes de minéral, qui donneront le rendement pratique, inférieur, pour le traitement au cyanure, de 2 à 6 % de la richesse totale.

A) Nous allons d'abord mentionner un essai par amalgamation, très peu pratiqué actuellement, mais qui était très en vogue lorsque ce procédé d'extraction existait seul et n'était point, comme à présent, suivi de cyanuration.

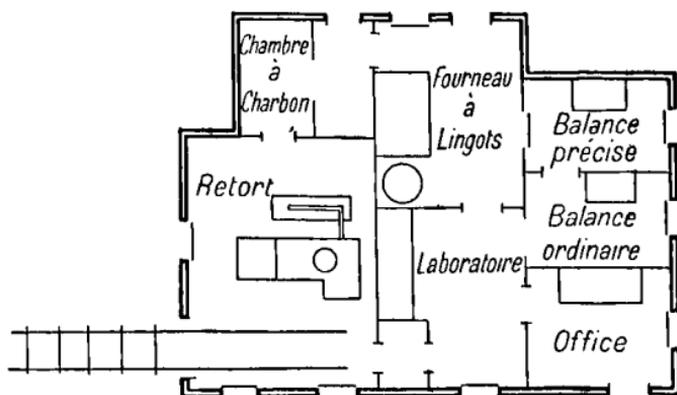


Fig. 15. — Plan d'un laboratoire d'usine d'or

On triture, dans un grand mortier en fonte, le minéral bien broyé, avec du mercure que l'on enlève de temps en temps pour le remplacer par du mercure neuf.

Les différents amalgames rassemblés sont filtrés pour en séparer la poussière du minerai épuisé, et distillés. L'or obtenu, resté dans le récipient, est pesé.

On a ainsi, à peu de choses près, le rendement pratique du minerai envisagé.

B) Les minerais à essayer seront rangés en plusieurs classes :

1° Minerais aurifères quartzeux ne contenant pas de pyrite ou en contenant très peu ;

2° Minerais très pyriteux ou renfermant beaucoup de sulfures et de l'arsenic ;

3° Minerais aurifères tellureux ;

4° Minerais très riches.

Voici, d'après Rivot, comment on opère :

1° On fond ensemble dans un creuset.

Minerai d'or.	1 partie
Carbonate de sodium sec	1 //
Litharge	2 //
Borax	0,2 //

Quand la masse est bien fondue, on ajoute en deux ou trois fois un mélange de

Litharge.	60 grammes
Charbon de bois	2 //

en ayant soin que toute nouvelle addition n'ait

lieu qu'après que la masse soit revenue à fusion tranquille.

On donne ensuite un léger coup de feu pour permettre au plomb de se réunir facilement au fond du creuset; on casse ensuite ce dernier pour avoir le culot de plomb pesant environ 50 grammes; *il doit se détacher sans difficulté de sa scorie.*

Voici une autre formule (américaine) du traitement d'essai des minerais (1) :

Minerai pulvérisé	4 parties
Litharge	4 "
Flux noir (2)	3 "

Pour les minerais qui contiennent du plomb, on n'ajoute pas de litharge; s'ils sont riches en pyrite, composés sulfurés, arséniés ou tellureux, on additionne de nitre et de litharge qui transforment le soufre ou autres métalloïdes en composés très oxydés qui s'unissent au plomb.

Quand le bouton métallique renferme de l'or, de l'argent, du cuivre, on ajoute de l'argent et

(1) D'après *Randall's Quartz Operators' Hand Book.*

(2) Le *flux noir* s'obtient en introduisant peu à peu dans un creuset chauffé, de petites quantités d'un mélange de

Crème de tartre	2 parties
Nitre	1 à 2 "

du plomb de façon à avoir à peu près les proportions suivantes :

Or	1 partie
Argent	3 parties
Plomb	12 à 16 //

On coupe.

2° Quand on a affaire à des minerais sulfurés ou arséniés, on commence, avant l'essai, par les griller. Cette opération se fait dans un têt à rôtir enduit intérieurement de sanguine.

La température du moufle doit être très lentement élevée et le minerai fréquemment remué avec une tige de fer pour favoriser la formation de sulfates et d'arséniates. On grille ensuite au rouge.

Les proportions de fondant sont les mêmes que les précédentes, le borax seul doit s'y trouver en poids égal à celui du minerai essayé.

(On opère généralement sur 20 à 100 grammes de minerai).

3° Avec les minerais renfermant du tellure, on conseille le mélange suivant :

Minerai	5 à 10 parties
Nitre	3 //
Carbonate de sodium sec . .	2 //
Litharge	10 //

après première fusion, on ajoute :

Litharge	60 parties
Charbon de bois.	2 //

(Voir plus haut, § 1^o, pour les précautions à prendre).

4^o Si le minerai est suffisamment riche, on opère ainsi :

On introduit dans un scorificatoire placé dans un moufle un mélange de

Minerai	10 parties
Plomb en grains	150 //
Borax	20 //

On ferme le moufle et on opère la fusion. Celle-ci faite, on oxyde le plomb en partie et on coule la partie métallique dans un moule en fonte. Le culot bien séparé de la scorie pèse à peu près 50 grammes.

Enfin, avec des minerais de haut titre, on modifie les procédés ci-dessus, comme il suit :

On ajoute du nitrate de potassium au minerai préalablement pesé et on fond le mélange pour oxyder les substances nuisibles : soufre, arsenic, tellure, etc.

Après quoi, on ajoute par gramme de minerai, 100 grammes de litharge et un poids de nitre P égal à

$$P' \times \frac{p}{4}.$$

P' étant le poids du minerai, et p, le poids du plomb qui s'est formé avant addition de nitre.

Les flux dont on parle au § 1 sont ajoutés, et on fond le tout.

On opère généralement sur 15 à 20 grammes de minerai, dans de grands creusets, pour empêcher le contenu qui boursoufle, de s'échapper.

On obtient dans tous ces essais un culot de plomb aurifère que l'on coupelle ; nous renverrons, pour ce qui concerne cette opération, à l'excellent ouvrage de M. H. Gautier (1).

QUANTITÉ D'EAU NÉCESSAIRE PAR UNITÉ
DANS UNE USINE

On estime généralement comme suit la quantité d'eau dont on a besoin dans un moulin d'or :

Chaudières : 34 litres par H.P. heure ;

(1) H. GAUTIER. — *Essais d'or et d'argent*. Encyclopédie des Aide-Mémoire.

Par bocard : 324 litres par heure ;

Par cuve : 440 litres par heure ;

Par cuve à amalgamer : 220 litres par heure.

Quand l'eau qui a servi dans les batteries et les cuves est envoyée dans les bacs de précipitation, on fait une économie d'environ 75 % de l'eau totale destinée aux besoins de l'usine.

INSTALLATION DE DIX BOCARDS

1 grille ou crible à minerai ;

1 broyeur Blake ;

2 broyeurs Gates ;

2 tamis automatiques ;

1 batterie de 10 bocards de 400 kilogrammes chacun (95 à 100 coups par minute).

2 mortiers de forme élevée ;

Dés, sabots, flèches, taquets, cames, têtes, etc., de rechange ;

Tuyaux d'eau, valves, etc. ;

Plaques de cuivre pour mortiers ;

Arbres, poulies, transmissions, etc. ;

1 *retort* avec couvercle et condenseur ;

Appareils de levage et de manutention ;

1 chaudière tubulaire horizontale avec ses accessoires ;

- 1 machine à vapeur fixe Corliss ;
- 1 pompe à vapeur ;
- 1 giffard ;
- 1 réchauffeur de vapeur.

INSTALLATION
D'UNE USINE AU CYANURE TRAITANT
CINQUANTE TONNES PAR JOUR (1)

- 1 concasseur travaillant 6 à 12 tonnes à l'heure (1) ;
- 1 séchoir tournant (2) ;
- 1 broyeur fin (3) ;
- 2 élévateurs (4) ;
- 2 paires de broyeurs à cylindre (5) ;
- 2 doubles cribles à secousses (6) ;
- 1 bascule à plate-forme (7) ;
- 4 wagonnets (8) ;
- 6 cuves-laboratoires (9) ;
- 2 cuves-magasins (10) ;
- 2 cuves de solution (11) ;
- 2 cuves à solution épuisée ;
- 2 cuves à résidus (13) ;

(1) Les chiffres entre parenthèses correspondent à ceux de la *fig. 13*, p. 113.

- 1 cuve à déposer ;
- 1 pompe à vide ;
- 1 pompe à solution ;
- 2 batteries de caisses à zinc (14) ;
- 1 tour à copeaux de zinc, 1 tour à cylindre, etc.

AFFINAGE DE L'OR

L'or, ainsi que nous l'avons vu plus haut, et quelle que soit la méthode qui ait présidé à son extraction, n'est pas pur ; son titre varie de 60 jusqu'à 85 et 99 $\frac{0}{10}$ d'or, le reste étant de l'argent, de l'iridium, du platine, du palladium, du cuivre, etc.

Nous allons examiner plusieurs cas, selon que le métal, qui souille l'or, est de l'argent, du platine, etc. Ce n'est pas dans les usines d'extraction que ce traitement d'affinage se fait ; l'or en lingots est vendu aux affineurs ou aux diverses Monnaies et c'est là seulement que l'on fait la séparation de l'or avant de le transformer en espèces, en bijoux, etc.

L'or contient de l'iridium. — C'est le cas de presque tout l'or extrait de Californie. On opère

par liquation pour séparer les précieux métaux :

On ajoute à l'alliage la quantité d'argent nécessaire à l'inquartation. La masse est fondue et laissée pendant un certain temps en repos ; l'iridium gagne peu à peu le fond, on décante alors les couches supérieures, de manière à laisser dans le creuset un alliage riche en iridium.

On répète plusieurs fois cette opération dans le même creuset, puis en n'ajoutant plus que de l'argent qui s'emparera de tout l'iridium et en séparera peu à peu l'or. Cette dernière phase a lieu ordinairement deux à trois fois.

On traite par l'acide sulfurique l'alliage d'argent et d'iridium, pauvre en or, l'argent se dissout ; l'or qui se trouve dans le liquide de lavage est en fines particules (floating) demeurant longtemps en suspension ; un lavage suivi de décantation le sépare facilement de l'iridium.

L'or contient du plomb, de l'argent et de l'antimoine. — On sait que la présence, dans l'or, de très petites quantités de plomb, d'arsenic ou d'antimoine, le rend très cassant et lui enlève les propriétés ductiles qui permettent sa transformation en objets d'usage courant.

Ainsi, une pièce de monnaie contenant une

trace d'un des métaux précités, se brise, sous l'action du plus faible effort.

L'or d'Australie est celui chez lequel on trouve le plus souvent ce défaut.

Nous allons donner la méthode qui a été longtemps employée à la monnaie de Londres pour affiner l'or des mines d'Australie (méthode de Bowyer-Miller).

L'or étant fondu dans un creuset et recouvert d'une couche de borax, on fait passer un courant rapide de chlore arrivant jusqu'au fond du creuset pour bien remuer toute la masse.

Les chlorures volatils s'échappent, le chlorure d'argent est arrêté par le borax dans lequel on le retrouve.

Le poids d'or généralement traité par opération est de 30 à 40 kilogrammes ; le passage du chlore dure de 4 à 5 minutes suivant le pour cent d'impuretés.

On ne perd, par ce procédé, aucune trace d'or, parce que, à la température où l'on opère, environ 130°, son chlorure ne peut exister.

On récupère l'argent qui se trouve dans le borax à l'état de chlorure en le dissolvant dans l'eau acidulée à l'acide sulfurique et en plaçant dans la solution des rognures de fer ou de zinc.

L'or contient du fer, du cuivre, de l'argent. — Pour affiner l'or contenant un de ces métaux, ou tous, on employait autrefois la méthode à l'acide azotique. Elle a été abandonnée parce qu'elle était trop coûteuse. On a remplacé l'acide nitrique par l'acide sulfurique.

Il faut, au préalable, amener l'alliage à ne contenir qu'environ 20 % au maximum d'or ; on y arrive par addition d'argent.

Quand la masse a ce titre, on la grenaille en la projetant dans l'eau, on égoutte, sèche et traite par de l'acide sulfurique à 66° B°. On peut aussi traiter des lingots qui pèsent jusqu'à 30 kilogrammes. La proportion d'acide sulfurique à employer pour cette opération est d'un peu plus du double du poids de l'alliage.

On fait bouillir l'argent aurifère avec l'acide dans des chaudières de fonte, les gaz acides qui se dégagent sont envoyés dans des chambres de plomb, l'argent est précipité de son sulfate au moyen de lames de cuivre.

L'or, spongieux et noir, est recueilli, lavé, bouilli avec de l'acide sulfurique, lavé encore une fois et fondu avec du salpêtre.

On obtient ainsi des lingots titrant 99,8 à 99,9 % d'or pur. L'affinage se fait actuellement en grand par la méthode suivante :

Affinage électrolytique. — Deux méthodes sont en présence : 1° Quand l'alliage aurifère est pauvre en or, on s'arrange de telle sorte que le précieux métal reste à l'anode ; elle est peu employée ;

2° On choisit un bain tel que l'or se dissout et se transporte à la cathode.

L'alliage d'or est transformé par l'eau régale, en chlorures que l'on dissout dans l'eau en ayant soin d'avoir, par litre de dissolvant, environ 20 à 30 grammes de chlorure d'or. On ajoute à ce bain 20 à 50 centimètres cubes d'acide chlorhydrique ou 20 à 25 grammes de chlorure de sodium.

On porte l'électrolyte à une température de 60-70°, et on fait passer le courant, à raison de 10 ampères par décimètre carré d'électrodes.

Le palladium et la platine restent dans l'électrolyte ; l'argent, le plomb, le bismuth tombent au fond à l'état de chlorures, avec l'iridium et, en général, tous les métaux de la mine du platine (un peu d'or très divisé gagne aussi le fond).

Les anodes sont constituées par les plaques de l'or à affiner.

PRIX DE REVIENT

On peut dire que, d'une façon générale, les frais d'exploitation, de manutention et de traitement reviennent, par tonne, entre 20 et 80 francs ; on a calculé que la moyenne était de 35 francs.

Il faut donc, pour qu'un minerai paye ses frais, installation, amortissement, etc., que sa teneur soit au minimum de 11 grammes à la tonne. Le bénéfice net est constitué par une teneur supérieure à 10 grammes.

Quand, ainsi que cela se pratique dans quelques installations, on fait un triage à la main, les frais sont considérablement augmentés par unité de tonne, mais le nombre d'unités traitées étant moindre, et la richesse étant plus grande, l'augmentation des frais est factice ; une étude poursuivie depuis longtemps pour comparer les deux systèmes, sans triage et avec triage à la main, conclut favorablement pour cette dernière méthode.

Dans les exploitations du sud de l'Afrique, les frais détaillés se répartissent ainsi :

Salaire (main d'œuvre	{	blanche.	18 à 26 %
		noire .	31 à 38 //
Explosifs			11 à 16 //
Charbon			8 à 10 //
Fournitures			10 à 26 //

C'est donc la main d'œuvre qui grève le plus les frais généraux de (52 à 63 %).

Toutes ces considérations varient avec les pays producteurs. Certains frais sont considérables dans l'un et nuls dans un autre ; nous avons vu, quand nous fûmes amenés à étudier sommairement l'exploitation minière, que les bois de galeries étaient une des plus lourdes charges pesant sur les mines du Sud-Africain, tandis que, dans les centres aurifères d'Amérique, notamment du Nevada, de l'Anaconda, etc., les bois sont abondants et ne grèvent pas de beaucoup les frais d'installation.

Les chiffres que nous avons donnés s'entendent pour l'amalgamation suivie de chloration et de cyanuration ; pour les frais que les autres procédés entraînent, et pour le gain qu'ils peuvent laisser, il est nécessaire de se reporter à l'étude du procédé envisagé.

TERMES ANGLAIS EMPLOYÉS COURAMMENT
DANS L'INDUSTRIE AURIFÈRE

Nous croyons utile de joindre à ce volume une liste des mots anglais les plus courants dans le langage des usines ; ces mots se retrouvent, pour la plupart, dans l'étude que nous venons de faire ; ils faciliteront, d'autre part, les lectures des ouvrages spéciaux et des revues minières.

Barrel, baril d'amalgamation ou de chloruration.

Breaker, broyeur.

Bullion, or brut fondu.

Cam, came de bocard.

Claim, concession minière.

Clean-up-pan, cuve à amalgamer.

Coarse gold, or grossier.

Craddle, berceau d'extraction.

Crusher, broyeur.

Crushing, broyage.

- Die*, dé de mortier.
Dryer, séchoir.
Dry aushing, broyage à sec.
Drive, galerie horizontale.
Feeler, trémie.
Frue-vanner, classeur par densité (mécanique).
Floating, or flottant.
Goldfiel, champ d'or, mines.
Gravel pan, cuve à gravier.
Grizsley, grille à trier.
Head, tête mobile de pilon.
Headcar, chevalement.
Ingot mould, lingotière.
Level, galerie horizontale.
Leaching vat, cuve à dissolution de cyanure.
Mortar, mortier.
Mill, moulin, usine à or.
Pan, petite cuve.
Placer, lieu d'exploitation.
Retort, cornue à distiller l'amalgame.
Raise, galerie de niveau.
Reefs, filons exploités.
Roasting furnace, four à griller le minerai.
Rusty, or rouillé (difficile à traiter).
Screen, crible.
Settling, dépôt.
Squeezer, presseur.
Spitzlutten, trieur à eau.
Stamp, pilon.
Shoe, sabot de pilon.
Sluice, canal d'extraction.
Sand, sables aurifères.
Samples, prises d'essai de minerai.
Slimes, boues fines.
Skip, benne, wagonnet.
Stoping, abatage.

TERMES EMPLOYÉS DANS L'INDUSTRIE AURIFÈRE 151

Stope, chantier d'abatage.

Sorting, triage.

Stem, flèche de pilon.

Tailings, résidus de première extraction.

T'appet, taquet de flèche.

Trommel, crible à rotation.

Vat, cuivre.

Winzes, petite descenderie.

Wet crushing, broyage humide.

Zinc-boxes, extracteurs d'or à zinc.

BIBLIOGRAPHIE

- AD. WÜRTZ. — *Dictionnaire de Chimie pure et appliquée*. Articles : *Métallurgie et Or*.
- DE LAPPARENT. — *Géologie*, 3^e édition.
- DE LAPPARENT. — *Minéralogie*.
- DE LAUNAY. — *Les mines d'Or du Transvaal*.
- GRANDERYE. — *Détermination des espèces minérales*.
Encyclopédie Léauté.
- J. GAY et L. MANGIN. — *Dictionnaire Général des Sciences*. Article : *Or*.
- BAGRATION. — *Journal für praktische chemie*; t. XXXI et XXXVII.
- L. JANIN. — *L'industrie minérale*. Vol. I.
- HATCH et CHALMERS. — *The gold Mining of the Rand*.
- FUCHS et CUMENGE. — *L'or*.
- EISSLER. — *The Cyanide Process of the Extraction of Gold*.
- SCHABEL — *Métallurgie*.
- PERRIER DE LA BATTHIE. — *Traitement par le Cyanure de Potassium au Witwatersrand*. Génie Civil.
- URBAIN LE VERRIER. — *Métallurgie*. 1^{re} Partie.
- Publications des maisons de Construction Fraser et Chalmers, Sandycroft, Krupp, Allis et Chalmers, Gates, Dickson, etc.*
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
<i>Préface</i>	5
<i>Introduction</i>	7

CHAPITRE PREMIER

Étude générale des gisements. Production. Choix de la méthode.

Gisements aurifères. Historique de leur découverte	13
Répartition de la production de l'or	17
Production de 1888 à 1892	18
Exemple de gîtes aurifères	20
Nature des minerais aurifères	23
Analyses d'ors natifs	24
Théorie de la formation des filons.	24
Choix de la Méthode	28

CHAPITRE II

Extraction et préparation mécanique des minerais. Appareils employés.

Extraction. Exploitation des mines	34
Appareils de broyage	37
Concasseurs.	38

	Pages
Bocards	41
Appareils de classement	44
Frue-vanner, cribles, trommels	45
Cuve à gravier. Spitzlутten	48
Séparateurs	49
Battée californienne	50
Appareils à sécher et à griller	51
Séchoir rotatif	51
Fours à griller	52

CHAPITRE III

Méthodes d'extraction

Procédés mécaniques	61
Battée	61
Berceau	65
Sluice	67
Modifications dans l'emploi du sluice	69
Installation de fortune	71
Procédés physiques	72
Amalgamation, tables et cuves	72
Clean-up-pan	74
Pertes en mercure	77
Fusion	78
Procédés chimiques	78
Procédé au chlore. Méthode de Plattner	79
Procédé au baril	83
Marche générale	83
Préparation du minerai	83
Barils	84
Chargement des barils	86
Filtration	87
Précipitation	88
Procédé au cyanure	90

TABLE DES MATIÈRES

157

	Pages
Généralités	90
Historique	91
Remarques	92
Adaptabilité du procédé. Minerais ne contenant pas de métaux étrangers. Minerais contenant des métaux étrangers. Minerais acides; tailings.	94
Théorie chimique. Réaction.	98
Action des métaux étrangers	99
Pertes en cyanure	100
Pratique du procédé; cas du broyage humide	101
Cas du broyage sec	102
Séchage du minerai	104
Grillage	104
Traitement au cyanure.	106
Cas du traitement des sables.	112
Cas du traitement des boues.	116
Précipitation: A) au zinc	117
B) électrique.	119
Comparaison entre les procédés par chloruration et cyanuration	121
Marche à suivre dans l'extraction de l'or	123
Représentation schématique du traitement d'un minerai d'or.	125

APPENDICE

Essais des minerais d'or	127
1° à la battée	128
2° par fusion	131
Quantité d'eau nécessaire par unité dans une usine	139
Installation de dix bocards	140
Installation d'usine au cyanure.	141

	Pages
Affinage chimique	142
Affinage électrolytique.	146
Prix de revient	147
Termes employés dans l'industrie aurifère. . .	149
BIBLIOGRAPHIE	153

SAINT-AMAND (CHER) — IMPRIMERIE BUSSIÈRE

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

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

TRAITÉ D'ANALYSE

Par **Émile PICARD**,

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

QUATRE BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I. — *Intégrales simples et multiples. — L'équation de Laplace et ses applications. Développement en séries. — Applications géométriques du Calcul infinitésimal.* 2^e édition revue et corrigée, avec fig.; 1901. 16 fr.

TOME II. — *Fonctions harmoniques et fonctions analytiques. — Introduction à la théorie des équations différentielles. Intégrales abéliennes et surfaces de Riemann.* 2^e édition; 1904. (Un premier fascicule est paru.)
Prix du volume complet pour les souscripteurs..... 16 fr.

TOME III. — *Des singularités des intégrales des équations différentielles. Etude du cas où la variable reste réelle et des courbes définies par des équations différentielles. Equations linéaires; analogies entre les équations algébriques et les équations linéaires;* 1896..... 18 fr.

TOME IV. — *Équations aux dérivées partielles* (En préparation.)

THÉORIE

DES

FONCTIONS ALGÈBRIQUES

DE DEUX VARIABLES INDÉPENDANTES

PAR

Émile PICARD,

Membre de l'Institut.

Professeur à l'Université de Paris.

Georges SIMART,

Capitaine de frégate,

Répétiteur à l'École Polytechnique.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I. — Grand in-8 de vi-246 pages; 1897..... 9 fr.

TOME II. — (Deux fascicules sont parus.) Prix du volume complet pour les souscripteurs..... 14 fr.

ENCYCLOPÉDIE

DES

SCIENCES MATHÉMATIQUES

PURES ET APPLIQUÉES,

Publiée sous les auspices des Académies des Sciences de Munich,
de Vienne, de Leipzig et de Göttingue.

Édition française publiée d'après l'édition allemande

SOUS LA DIRECTION DE

Jules MOLK,

Professeur à l'Université de Nancy.

Avec le concours de nombreux savants et professeurs français.

L'édition française de l'*Encyclopédie* est publiée en sept tomes formant chacun trois ou quatre volumes de 300 à 500 pages grand in-8, paraissant en fascicules de 10 feuilles environ grand in-8.

Le prix de chaque fascicule sera d'environ 5 francs.

Le 1^{er} fascicule du volume I est paru. Prix : 5 francs.

LEÇONS SUR LES FONCTIONS

DE

VARIABLES RÉELLES

ET LEUR REPRÉSENTATION PAR DES SÉRIES DE POLYNOMES

Professées à l'École Normale supérieure

Par **Émile BOREL,**

Rédigées par MAURICE FRÉCHET, avec des Notes de P. Painlevé
et H. Lebesgue.

Volume grand in-8 (25 × 16) de 162 pages avec fig.; 1905. 4 fr. 50 c.

LEÇONS SUR LES FONCTIONS DISCONTINUES

Par **René BAIRE**,

Maitre de conférences à la Faculté des Sciences de Montpellier.

Rédigées par **A. DENJOY**,

Élève de l'École Normale supérieure.

In-8 (25×16) de VIII-128 pages, avec 29 figures; 1905.. 3 fr. 50 c.

LA CONSTRUCTION DES CADRANS SOLAIRES

SES PRINCIPES — SA PRATIQUE

Précédée d'une histoire de la Gnomonique.

Par **Abel SOUCHON**,

Membre adjoint du Bureau des Longitudes..

In-8 (23×14) de VIII-52 pages avec 2 planches; 1905... 2 fr. 75 c.

INTRODUCTION

A LA

GÉOMÉTRIE GÉNÉRALE

Par **Georges LECHALAS**,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

In-16 (19×12) de IX-65 pages, avec figures; 1904..... 1 fr. 75 c.

LES TURBINES A VAPEUR

Par **M. G. HART**,

Ingénieur civil.

Grand in-8 (25×16) de 139 pages, avec 53 figures et 1 planche;
1904..... 4 fr.

L'ÉTHER

PRINCIPE UNIVERSEL DES FORCES

Par **A. MARX**,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées, en retraite.
Officier de la Légion d'honneur.

Résumé par **G. BENOIT**,

Licencié ès sciences, ancien Élève de l'École Polytechnique.

Vol. grand in-8 (25×16) de x-217 pages, avec fig.; 1905. 6 fr. 50 c.

COURS DE CHIMIE

A L'USAGE DES ÉTUDIANTS DU P. C. N.

Par **R. de FORCRAND**,

Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences,
Directeur de l'Institut de Chimie de l'Université de Montpellier.

DEUX VOLUMES IN-8 SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : *Généralités. Chimie minérale.* Volume de vi-325 pages,
avec 16 figures; 1905..... 5 fr.

TOME II : *Chimie organique. Chimie analytique.* Volume de
iv-317 pages, avec 3 figures; 1905..... 5 fr.

PROF. D^r W. OSTWALD.

ÉLÉMENTS

DE

CHIMIE INORGANIQUE

Traduit de l'allemand par **L. LAZARD**.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 (25×16) SE VENDANT SÉPARÉMENT.

I^{re} PARTIE : *Métalloïdes.* Volume de ix-542 pages, avec 106 figures;
1904..... 15 fr.

II^e PARTIE : *Métaux.* Volume de 450 pages, avec 17 fig.; 1905. 15 fr.

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES

A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE DE MONTEFIORE

PAR

Eric GERARD,

Directeur de cet Institut.

SEPTIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFONDUE.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 (25 × 16), SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I. — *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs électriques*, avec 400 fig.; 1904. 12 fr.

TOME II. — *Transformateurs électriques. Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la télégraphie, à la téléphonie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage et à la métallurgie. Avec nombreuses figures; 1904..... (Sous presse.)*

RÉSISTANCE,

INDUCTANCE ET CAPACITÉ

Par **J. RODET.**

Volume in-8 (23 × 14) de x-257 pages, avec 76 figures; 1905.. 7 fr.

LA DOMINATRICE DU MONDE

ET SON OMBRE

CONFÉRENCE SUR L'ÉNERGIE ET L'ENTROPIE

Par le **D^r Félix AUERBACH,**

Professeur à l'Université d'Iéna.

Édition française publiée avec l'assentiment de l'auteur
par le **D^r E. ROBERT-TISSOT,**

Avec Préface de **Ch.-Ed. GUILLAUME,**

Directeur adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

Volume in-16 (19 × 12) de xv-86 pages; 1905..... 2 fr. 75 c.

LE RADIUM

ET

LA RADIOACTIVITÉ

Propriétés générales. Emplois médicaux.

Par **Paul BESSON**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Avec une Préface du D^r **A. D'ARSONVAL**, membre de l'Institut.

VOLUME IN-16 (19 × 12) DE VII-172 PAGES, AVEC 23 FIGURES;
1904..... 2 FR. 75 C.

TECHNOLOGIE MÉCANIQUE MÉTALLURGIQUE

Par **A. LEDEBUR**,

Professeur à l'Académie des Mines de Freiberg (Saxe).

TRADUIT SUR LA 2^e ÉDITION ALLEMANDE,

Par **G. HUMBERT**, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Avec un Appendice sur la Sécurité des ouvriers dans le travail par **J. JOLY**.

GRAND IN-8 DE VI-740 PAGES, AVEC 729 FIGURES; 1903. 25 FR.

GUSTAVE ROBIN,

Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris.

ŒUVRES SCIENTIFIQUES

réunies et publiées sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique,

Par **Louis RAFFY**,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8 (25 × 16), AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

MATHÉMATIQUES : *Théorie nouvelle des fonctions exclusivement fondée sur l'idée de nombre*. Un volume grand in-8; 1903..... 7 fr.

PHYSIQUE : Un volume grand in-8, en deux fascicules :

Physique mathématique (Distribution de l'Electricité, Hydrodynamique, Fragments divers). Un fascicule grand in-8 avec 4 figures; 1899.. 5 fr.

Thermodynamique générale (Équilibre et modifications de la matière).

Un fascicule grand in-8 avec 30 figures; 1901..... 9 fr.

CHIMIE : *Leçons de Chimie physique*, professées à la Faculté des Sciences de Paris. Un volume in-8..... (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 : *Électrodynamique. Magnétisme. Induction. Mesures électro-*
magnétiques, avec 221 figures ; 1903..... 18 fr.
- TOME III : *Électrolyse. Capillarité*..... (Sous presse.)
-

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Par André BROCA,

Professeur agrégé de Physique à la Faculté de Médecine.

- 2^e édition, revue et augmentée, in-18 jésus (19 × 13) avec 52 figures ;
1904..... 4 fr.
-

BRASSERIE ET MALTERIE

Par P. PETIT,

Professeur à l'Université de Nancy,
Directeur de l'École de Brasserie.

- Volume grand in-8 (25 × 16) de VII-359 pages, avec 89 figures ; 1903.
cartonné..... 12 fr.
-

COURS

DE

MATHÉMATIQUES SUPÉRIEURES

A L'USAGE

DES CANDIDATS A LA LICENCE ÈS SCIENCES PHYSIQUES

Par M. l'Abbé STOFFAES,

Professeur adjoint à la Faculté catholique des Sciences de Lille,
Directeur de l'Institut catholique d'Arts et Métiers de Lille.

DEUXIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFOUNDUE.

- Un beau volume in-8, avec figures ; 1903. Prix..... 10 fr.

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. — *Etude 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.

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

PAR

E. DEHARME,

A. PULIN,

Ing^r principal à la Compagnie du Midi.

Ing^r Insp^r p^{al} aux chemins de fer du Nord.

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). 15 fr.

ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. LA CHAUDIÈRE

Un volume grand in-8 de vi-608 p. avec 131 fig. et 2 pl.; 1900 (E. I.). 15 fr.

**ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. MÉCANISME, CHASSIS
TYPES DE MACHINES**

Un volume grand in-8 (25×16) de iv-712 pages, avec 288 figures et un atlas in-4° (32×25) de 18 planches; 1903. Prix..... 25 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.

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 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.)... 12 FR.

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.

GR. IN-8, AVEC 368 FIG., ET ÉCH. DE TISSUS IMPRIMÉS; 1895 (E. I.). 30 FR.

LES

INDUSTRIES PHOTOGRAPHIQUES

Matériel, Procédés négatifs, Procédés positifs,

Tirages industriels, Projections, Agrandissements, Annexes;

Par **C. FABRE**,

Docteur ès Sciences, Auteur du *Traité encyclopédique de Photographie*,
Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Volume grand in-8 (25×16) de 602 pages, avec 183 figures;
1904. E. I. 18 fr.

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.

SCHÉLLER,

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 RÉFRACTAIRES. 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.

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.

TRAITÉ DES ESSAIS DE MATÉRIAUX

DESTINÉS A

LA CONSTRUCTION DES MACHINES

Méthodes, Machines, Instruments de mesure

Par A. MARTENS. Traduit de l'allemand par P. BREUIL.

AVEC NOTES ET ANNEXES.

Grand in-8 (25×16), de 671 pages, avec 558 figures, et Atlas (25×16) de 31 planches; 1904..... 50 fr.

ANALYSE INFINITÉSIMALE

A L'USAGE DES INGÉNIEURS (E.T.P.)

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 (E.T.P.),

Par C. COLSON, Conseiller d'État.

TOME I : *Exposé général des Phénomènes économiques. Le travail et les questions ouvrières*. Volume de 600 pages; 1901..... 10 fr.

TOME II : *La Propriété des biens corporels et incorporels. Le Commerce et la circulation*. Volume de 774 pages; 1903..... 10 fr.

TOME III..... (Sous presse.)

LA TANNERIE

Par L. MEUNIER et C. VANEY,

Professeurs à l'École française de Tannerie

et publié sous la direction de LÉO VIGNON,

Directeur de l'École française de Tannerie.

GRAND IN-8 DE 650 PAGES AVEC 98 FIGURES; 1903 (E. I.) 20 FR.

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 :

DICTIONNAIRE DE CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE

A l'usage des Professionnels et des Amateurs,

Par G. et A. BRAUN fils.

Un volume grand in-8 (25×16), de 500 pages..... 12 fr.

LA PHOTOGRAVURE POUR TOUS

MANUEL PRATIQUE

Par G. DRAUX.

In-16 (19×12) de iv-68 pages; 1904..... 1 fr. 50 c.

LE TÉLÉOBJECTIF ET LA TÉLÉPHOTOGRAPHIE,

Par R. DALLMEYER. Traduction par L.-P. CLERC.

Grand in-8 de xi-110 pages, avec 51 figures et 11 planches, 1904.... 6 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.

LE MUSÉE RÉTROSPECTIF DE LA PHOTOGRAPHIE

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900,

Par A. DAVANNE, M. BUCQUET et L. VIDAL.

Grand in-8 avec nombreuses figures et 11 planches; 1903..... 5 fr.

PRÉCIS DE PHOTOGRAPHIE GÉNÉRALE

Par Édouard BELIN.

Deux volumes grand in-8 se vendant séparément.

TOME I : *Généralités. Opérations photographiques.* Vol. de viii-246 pages, avec 96 figures; 1905..... 7 fr.

TOME II : *Applications scientifiques et industrielles.*..... (Sous presse.)

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.

LES INDUSTRIES PHOTOGRAPHIQUES,

Par C. FABRE.

In-8 raisin (25 × 16) de 602 pages, avec 183 figures; 1904..... 18 fr.

TRAITÉ PRATIQUE DU DÉVELOPPEMENT,

Par A. LONDE.

4^e édition. In-16 (19 × 12), avec figures; 1904..... 2 fr. 75 c.

LA PHOTOGRAPHIE SIMPLIFIÉE ET LA LUMIÈRE ARTIFICIELLE,

Par Auguste PIERRE PETIT fils.

In-18 jésus, avec 30 figures; 1903..... 2 fr.

PRÉPARATION DES PLAQUES AU GÉLATINOBROMURE

PAR L'AMATEUR LUI-MÊME,

Par RIS-PAQUOT.

In-16 raisin, avec figures; 1903..... 2 fr.

MANUEL PRATIQUE DE PHOTOGRAPHIE SANS OBJECTIF,

Par L. ROUYER.

In-16 (19 × 12) de viii-96 pages, avec 19 figures; 1904..... 2 fr. 50 c.

TRAITÉ PRATIQUE DES TIRAGES PHOTOGRAPHIQUES,

Par Ch. SOLLET.

Volume in-16 raisin de vi-240 pages; 1902..... 4 fr.

LES TIRAGES PHOTOGRAPHIQUES AUX SELS DE FER,

Par E. TRUTAT.

In-16 (19 × 12) de 232 pages; 1904..... 1 fr. 25 c.

TRAITÉ PRATIQUE DE PHOTOCHROMIE,

Par Léon VIDAL.

In-18 jésus avec 95 figures et 14 planches; 1903..... 7 fr. 50 c.

(Juin 1904.)

36083. — 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)

~~~~~ *Collection Léauté*  
P. n° 416.

EXTRAIT DU CATALOGUE (1)

(Janvier 1905)

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, CASTEX, 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, TREMOLIÈRES, VEYRIÈRES

*4 forts volumes richement cartonnés toile, très largement illustrés de  
figures en noir et de planches en couleurs. . . . . 156 fr.*

TOME I. 1 fort vol. grand in-8° avec 230 figures en noir et 24 planches  
en couleurs. — Anatomie et Physiologie de la Peau; Pathologie  
générale de la Peau; Symptomatologie générale des Dermatoses.  
(*Acanthosis Nigricans* à *Ecthyma*) . . . . . 36 fr.

TOME II. 1 fort vol. grand in-8° avec 168 figures en noir et 21 planches  
en couleurs (*Eczéma* à *Langue*). . . . . 40 fr.

TOME III. 1 fort vol. grand in-8° avec 201 figures en noir et 19 planches  
en couleurs (*Lèpre* à *Pytiriasis*) . . . . . 40 fr.

TOME IV. 1 fort vol. grand in-8° avec 213 figures en noir et 25 planches  
en couleurs (*Poils* à *Zona*). . . . . 40 fr.

(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'ingénieur. 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**

## DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE

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. — MICHAUX. Artères. — QUÉNU. Maladies des veines. — RICARD et DEMOULIN. Lésions traumatiques des os. — PONCET. Affections non traumatiques des os.

**TOME III. — 1 vol. grand in-8° de 940 pages avec 285 figures. 18 fr.**

NÉLATON. Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires. — QUÉNU. Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires. — LAGRANGE. Arthrites infectieuses et inflammatoires. — 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. — GÉRARD MARCHANT. Nez, fosses nasales, pharynx nasal et sinus. — 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. — HARTMANN. Plancher buccal, glandes salivaires, œsophage et pharynx. — WALTHER. Maladies du cou. — 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. — BERGER. Hernies. — JALAGUIER. Contusions et plaies de l'abdomen, lésions traumatiques et corps étrangers de l'estomac et de l'intestin. Occlusion intestinale, péritonites, appendicite. — HARTMANN. Estomac. — FAURE et RIEFFEL. Rectum et anus. — HARTMANN et GOSSET. Anus contre nature. Fistules stercorales. — QUÉNU. Mésentère. Rate. Pancréas. — SEGOND. Foie.

**TOME VII. — 1 fort vol. gr. in-8° de 1272 pag., 297 fig. dans le texte. 25 fr.**

WALTHER. Bassin. — FORGUE. Urètre et prostate. — RECLUS. Organes génitaux de l'homme. — RIEFFEL. Affections congénitales de la région sacro-coccygienne. — TUFFIER. Rein. Vessie. Urètres. Capsules surrénales.

**TOME VIII. — 1 fort vol. gr. in-8° de 974 pag., 163 fig. dans le texte. 20 fr.**

MICHAUX. Vulve et vagin. — PIERRE DELBET. Maladies de l'utérus. — SEGOND. Annexes de l'utérus, ovaires, trompes, ligaments larges, péritoine pelvien. — KIRMISSON. Maladies des membres.

Ouvrage complet.

# Traité

5 forts vol. grand in-8° illustrés de 3750 figures en noir et en couleurs : 160 fr.

# d'Anatomie Humaine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

**P. POIRIER**

Professeur d'anatomie  
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 — A. Cannieu — B. Cunéo — G. Delamare  
Paul Delbet — A. Druault — P. Fredet — Glantenay  
A. Gosset — M. Guibé — P. Jacques — Th. Jonnesco — E. Laguesse  
L. Manouvrier — M. Motais — A. Nicolas — P. Nobécourt  
O. Pasteau — M. Picou — A. Prenant — H. Rieffel  
Ch. Simon — A. Soulié

- TOME PREMIER (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — **Embryologie**  
— **Ostéologie**. — **Arthrologie**. 1 vol. avec 807 figures . . . . . 20 fr.
- TOME II (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — 1<sup>er</sup> Fascicule : **Myo-**  
**logie**. 1 vol. avec 331 figures . . . . . 12 fr.  
2<sup>e</sup> Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Angéiologie**.  
(*Cœur et Artères. Histologie*). 1 vol. avec 150 figures . . . . . 8 fr.  
3<sup>e</sup> Fascicule (*Deuxième édition, revue*) : **Angéiologie** (*Capillaires,*  
*Veines*). 1 vol. avec 75 figures . . . . . 6 fr.  
4<sup>e</sup> Fascicule : **Les Lymphatiques**. 1 vol. avec 117 figures . . . . . 8 fr.
- TOME III (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — 1<sup>er</sup> Fascicule :  
**Système nerveux** (*Méninges, moelle, encéphale, embryologie, histo-*  
*logie*). 1 vol. avec 265 figures . . . . . 10 fr.  
2<sup>e</sup> Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Système**  
**nerveux** (*Encéphale*). 1 vol. avec 131 figures . . . . . 10 fr.  
3<sup>e</sup> Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Système**  
**nerveux** (*Les nerfs, nerfs craniens, nerfs rachidiens*). 1 vol. avec  
228 figures . . . . . 12 fr.
- TOME IV. — 1<sup>er</sup> Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Tube**  
**digestif**. 1 vol. avec 205 figures . . . . . 12 fr.  
2<sup>e</sup> Fascicule (*Deuxième édition, revue*) : **Appareil respiratoire**.  
1 vol. avec 121 figures . . . . . 6 fr.  
3<sup>e</sup> Fascicule : **Annexes du tube digestif. Péritoine**. 1 vol. avec  
361 figures en noir et en couleurs . . . . . 16 fr.
- TOME V. — 1<sup>er</sup> Fascicule : **Organes génito-urinaires**. 1 vol. avec 431  
figures . . . . . 20 fr.  
2<sup>e</sup> Fascicule : **Les Organes des Sens. Glandes surrénales**. 1 vol.  
avec 554 figures . . . . . 20 fr.

**CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD**

BABINSKI, BALLAT, P. BLOCQ, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSSE, CHARRIN, CHAUFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD, L. GUINON, G. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, OETTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT, SOUQUES, THIBIERGE, THOINOT, TOLLEMER, FERNAND WIDAL.

# Traité de Médecine

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.

## DEUXIÈME ÉDITION

10 vol. gr. in-8° avec figures dans le texte. *En souscription* : 150 fr.

**TOME I.** — 1 vol. gr. in-8° de 845 pages, avec figures dans le texte : 16 fr.

Les Bactéries. — Pathologie générale infectieuse. — Troubles et maladies de la Nutrition. — Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux.

**TOME II.** — 1 vol. gr. in-8° de 894 pages avec figures dans le texte : 16 fr.

Fièvre typhoïde. — Maladies infectieuses. — Typhus exanthématique. — Fièvres éruptives. — Erysipèle. — Diphtérie. — Rhumatisme. — Scorbut.

**TOME III.** — 1 vol. gr. in-8° de 102 pages avec figures dans le texte : 16 fr.

Maladies cutanées. — Maladies vénériennes. — Maladies du sang. — Intoxications.

**TOME IV.** — 1 vol. gr. in-8° de 680 pages avec figures dans le texte : 16 fr.

Maladies de la bouche et du pharynx. — Maladies de l'estomac. — Maladies du pancréas. — Maladies de l'intestin. — Maladies du péritoine.

**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. — Maladies du rein et des capsules surrénales. — Pathologie des organes hématopoiétiques et des glandes vasculaires sanguines.

**TOME VI.** — 1 vol. gr. in-8° de 612 pages avec figures dans le texte : 14 fr.

Maladies du nez et du larynx. — Asthme. — Coqueluche. — Maladies des bronches. — Troubles de la circulation pulmonaire. — Maladies aiguës du poumon.

**TOME VII.** — 1 vol. gr. in-8° de 550 pages avec figures dans le texte : 14 fr.

Maladies chroniques du poumon. — Phtisie pulmonaire. — Maladies de la plèvre. — Maladies du médiastin.

**TOME VIII.** — 1 vol. gr. in-8° de 580 pages avec figures dans le texte : 14 fr.

Maladies du cœur. — Maladies des vaisseaux sanguins.

**TOME IX.** — 1 volume grand in-8° avec figures dans le texte : 18 fr.

Maladies de l'encéphale. — Maladies de la protubérance et du bulbe. — Maladies intrinsèques de la moelle épinière. — Maladies extrinsèques de la moelle épinière. — Maladies des méninges. — Syphilis des centres nerveux.

**TOME X.** — 1 vol. grand in-8° avec fig. dans le texte. (Sous presse.)

## Traité de Physiologie ♣ ♣ ♣ ♣

PAR

**J.-P. MORAT**

Professeur à l'Université de Lyon.

**Maurice DOYON**

Professeur adjoint  
à la Faculté de médecine de Lyon.

5 vol. gr. in-8° avec fig. en noir et en couleurs. En souscription. 60 fr.

### VOLUMES PUBLIÉS

- I. — **Fonctions élémentaires** : Prolégomènes, contraction, par J.-P. MORAT, Sécrétion, milieu intérieur, par M. DOYON. 1 volume avec 194 figures. 15 fr.
- II. — **Fonctions d'innervation**, par J.-P. MORAT. 1 vol. avec 263 fig. 15 fr.
- III. — **Fonctions de nutrition** : Circulation, par M. DOYON; Calorification, par P. MORAT. 1 vol. avec 173 figures . . . . . 12 fr.
- IV. — **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. . . . . 12 fr.

## ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ Précis d'Obstétrique

PAR MM.

**A. RIBEMONT-DESSAIGNES**

Agrégé de la Faculté de médecine  
Accoucheur de l'hôpital Beaujon  
Membre de l'Académie de médecine.

**G. LEPAGE**

Professeur agrégé à la Faculté  
de médecine de Paris.  
Accoucheur de l'hôpital de la Pitié.

### SIXIÈME ÉDITION

avec 568 figures dans le texte, dont 400 dessinées par M. RIBEMONT-DESSAIGNES

1 vol. grand in-8° de 1420 pages, relié toile. . . . . 30 fr.

## Les Fractures des Os longs

### LEUR TRAITEMENT PRATIQUE

PAR LES DOCTEURS

**J. HENNEQUIN**

Membre de la Société de Chirurgie

**Robert LÉWY**

Lauréat de l'Institut.

1 volume in-8° avec 215 figures dans le texte . . . . . 16 fr.

# 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 : 18 fr. — Tome II : 18 fr. — Tome III : 28 fr. — Tome IV : 16 fr. — Tome V : 28 fr. — Tome VI : 18 fr.

---

# Manuel de Pathologie externe

PAR MM.

**RECLUS, KIRMISSON, PEYROT, BOUILLY**

Professeurs agrégés à la Faculté de médecine de Paris, chirurgiens des hôpitaux.

*Septième édition illustrée entièrement revue.*

- I. Maladies des tissus et des organes, par le D<sup>r</sup> P. RECLUS.
- II. Maladies des régions, Tête et Rachis, par le D<sup>r</sup> KIRMISSON.
- III. Maladies des régions, Poitrine, Abdomen, par le D<sup>r</sup> PEYROT.
- IV. Maladies des régions, Organes génito-urinaires, par le D<sup>r</sup> BOUILLY

4 volumes in-8° avec figures dans le texte. . . . . 40 fr.  
Chaque volume est vendu séparément . . . . . 10 fr.

---

# Précis de Technique opératoire < <

PAR LES PROSECTEURS

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

AVEC INTRODUCTION PAR LE P<sup>e</sup> PAUL BERGER

Tête et Cou, par CH. LENORMANT. — Thorax et membre supérieur, par A. SCHWARTZ. — Abdomen, par M. GUIBÉ. — Appareil urinaire et appareil génital de l'Homme, par PIERRE DUVAL. — Pratique courante et Chirurgie d'Urgence, par VICTOR VEAU. — Membre inférieur, par G. LABBY. — Appareil génital de la Femme, par ROBERT PROUST.

7 vol., cart. toile, avec environ 200 figures. Chaque volume : 4 fr. 50

# Guide pratique du Médecin

## dans les Accidents du Travail

et leurs Suites médicales et judiciaires

PAR MM.

**E. FORGUE**  
Professeur  
à la Faculté de Montpellier

**E. JEANBREAU**  
Professeur agrégé  
à la Faculté de Montpellier

1 vol. in-8°, de 370 pages, broché, 4 fr. 50

**Les Maladies Populaires, Le Péril vénérien, le Péril alcoolique, le Péril tuberculeux** (*Etude médico-sociale*), par H. RÉNON, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, médecin des Hôpitaux. 1 vol. in-8° de 480 pages, broché . . . . . 6 fr.

**Traité de l'Alcoolisme**, par les docteurs TRIBOULET, médecin des hôpitaux; MATHIEU, médecin des Bureaux de Bienfaisance, et Roger MIGNOT, médecin des Asiles publics d'aliénés, avec préface de M. le professeur JOFFROY. 1 volume in-8° de 480 pages, broché. . . . . 6 fr.

**Commentaire administratif et technique de la loi du 15 Février 1902, relative à la Protection de la Santé Publique** par MM. le Dr A.-J. MARTIN, Inspecteur général de l'Assainissement, et Albert BLUZET, rédacteur principal au Bureau de l'Hygiène. 1 volume in-8° de 480 pages avec une *table alphabétique*, broché, 7 fr. 50; cartonné toile . . . . . 8 fr. 50

**L'ŒUVRE MÉDICO-CHIRURGICAL** (Dr CRITZMAN, directeur)

## Suite de Monographies cliniques

### DERNIÈRES MONOGRAPHIES PUBLIÉES

- 38. De l'Enucléation des fibromes utérins, par TH. TUFFIER, professeur agrégé.
- 39. Le Rôle du Sel en Pathologie, par Ch. ACHARD, professeur agrégé à la Faculté de Paris.
- 40. Le rôle du Sel en Thérapeutique, par Ch. ACHARD.

### 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).

QUATRIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE

→ → → **Traité de Chirurgie d'Urgence**

Par **Félix LEJARS**

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris  
Chirurgien de l'hôpital Tenon, membre de la Société de Chirurgie.

820 fig. dont 478 dessinées par le D<sup>r</sup> E. DALEINE et 16 planches en couleurs.

1 vol. grand in-8° de 1046 pages. Relié toile. . . . 30 fr.

---

**Traité des Maladies de l'Enfance** ←

Deuxième Édition, revue et augmentée

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE MM.

**J. GRANCHER**

Professeur à la Faculté de Paris  
Membre de l'Académie de médecine.

**J. COMBY**

Médecin  
de l'hôpital des Enfants-Malades.

5 vol. grand in-8° avec figures dans le texte. En souscription. 100 fr.

Tome I, 22 fr. — Tome II, 22 fr. — Tome III, 22 fr. — Tome IV, 22 fr.

---

→ → **Traité de Technique opératoire**

**CH. MONOD**

Prof. agrégé à la Faculté de Paris  
Membre de l'Académie de médecine

PAR

**J. VANVERTS**

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.

---

**Traité d'Anatomie pathologique générale**

PAR **R. TRIPIER**

Professeur d'Anatomie pathologique à la Faculté de Lyon.

1 vol. grand in-8°, avec 239 figures en noir et en couleurs. 25 fr.

---

**Glossaire médical illustré** ↘

PAR LES DOCTEURS

**L. LANDOUZY**

Professeur à la Faculté de Paris,  
Membre de l'Académie de médecine.

**F. JAYLE**

Chef de clinique de la Faculté  
à l'Hôpital Broca.

1 vol. in 8° carré de 664 pages, avec 426 figures et 5 cartes en couleurs.  
Cartonné. . . 18 fr. | Broché. . . . 16 fr.

**Les Maladies infectieuses**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin des hôpitaux. 1 vol. in-8° de 1520 pages. 28 fr.

**Les Maladies du Cuir chevelu**, par le Dr R. SABOURAUD, chef du laboratoire de la Ville de Paris à l'hôpital Saint-Louis.

I. **Maladies séborrhéiques : Séborrhée, Acnés, Calvitie.**  
1 vol. in-8°, avec 91 fig. dont 40 aquarelles en coul. . 10 fr.

II. **Maladies desquamatives : Pytiriasis et Alopécies pelli-  
culaires.** 1 vol. in-8° avec 122 figures dans le texte . 22 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 de Toulouse. *Troisième édition, refondue.* 2 vol. grand in-8°. . . . . 22 fr.

**Traité d'Hygiène**, par le Prof. A. PROUST, membre de l'Académie de médecine. *Troisième édition revue et considérablement augmentée*, avec la collaboration de A. NETTER, agrégé, médecin de l'hôpital Trousseau, et H. BOURGES, chef du laboratoire d'hygiène à la Faculté. 1 vol. in-8° de 1240 pages, avec fig. et cartes. 25 fr.

**L'Anesthésie localisée par la Cocaïne**, par PAUL RECLUS, professeur à la Faculté de Paris, chirurgien de l'hôpital Laënnec, membre de l'Académie de médecine. 1 vol. petit in-8°, avec 59 figures . . . . . 4 fr.

**Les Difformités acquises de l'Appareil locomoteur, pendant l'Enfance et l'Adolescence**, par le Prof. E. KIRMISSON, chirurgien de l'hôpital Trousseau. 1 volume in-8°, avec 430 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.

**Nouveaux Procédés d'Exploration**, par CH. ACHARD, professeur à la Faculté de Paris, agrégé. *Deuxième édition.* 1 vol. in-8° avec figures. . . . . 8 fr.

**Thérapeutique des Maladies de la Peau**, par le Dr LEREDDE, directeur de l'Établissement Dermatologique de Paris. 1 vol. in-8°, avec figures dans le texte . . . . . 10 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.*

Vient de paraître :

- Manuel de Pathologie interne**, par G. DIEULAFOY, professeur à la Faculté de médecine de Paris. *Quatorzième édition entièrement refondue et augmentée.* 4 vol. avec fig. en n. et en coul. 32 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.
- Précis de Chirurgie cérébrale**, par Aug. BROCA, chirurgien de l'hôpital Tenon, professeur agrégé à la Faculté de médecine. 1 vol. avec figures . . . . . 6 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 Paris, avec préface par M. RIBEMONT-DESSAIGNES. 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, et E.-J. MASSE-LIN, médecin-vétérinaire. *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.

---

**COLLECTION DE PRÉCIS MÉDICAUX**

*Cette nouvelle collection s'adresse aux étudiants, pour la préparation aux examens, et à tous les praticiens qui, à côté des grands traités ont besoin d'ouvrages concis, mais vraiment scientifiques, qui les tiennent au courant. D'un format maniable, ces livres seront abondamment illustrés.*

Viennent de paraître

## Précis de Physique Biologique

Par **G. WEISS**

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris,  
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

1 vol. petit in-8° de 528 p. avec 543 fig., cartonnage souple. . . 7 fr.

---

## Éléments de Physiologie ♣ ♣

Par **Maurice ARTHUS**

Professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Marseille  
Ancien professeur de physiologie à l'Université de Fribourg (Suisse).

**DEUXIÈME ÉDITION REVUE ET CORRIGÉE**

*Avec 122 figures dans le texte.*

1 vol. petit in-8° de xvi-764 pages, cart. toile anglaise souple. 9 fr.

---

## Action des Médicaments ♣ ♣

PAR **Sir LAUDER BRUNTON**

Docteur en médecine et en droit de l'Université d'Édimbourg.

Traduit de l'anglais par **E. BOUQUÉ** et **J.-F. HEYMANS**

1 vol. in-8° jésus de 596 pages avec 146 figures. Broché . . . 18 fr.

---

## Bibliothèque d'Hygiène thérapeutique

FONDÉE PAR

**Le Professeur PROUST**

*Chaque ouvrage, in-16, cartonné toile, tranches rouges : 4 fr.*

**L'Hygiène du Goutteux. — L'Hygiène de l'Obèse. — L'Hygiène des Asthmatiques. — L'Hygiène du Syphilitique. — Hygiène et thérapeutique thermales. — Les Cures thermales. — L'Hygiène du Névralgique. — L'Hygiène des Albuminuriques. — L'Hygiène du Tuberculeux. — Hygiène et thérapeutique des maladies de la Bouche. — Hygiène des Maladies du Cœur. — Hygiène du Diabétique. — L'Hygiène du Dyspeptique. — Hygiène thérapeutique des Maladies des Fosses nasales.**

Vient de paraître :

# Traité de Chimie minérale

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

**HENRI MOISSAN**

Membre de l'Institut.

5 forts volumes grand in-8°, avec figures. En souscription. 150 fr.

Il est accepté jusqu'à la publication de la fin de l'ouvrage des souscriptions à l'ouvrage complet au prix à forfait de 150 francs.

Les souscripteurs paient en retirant chaque fascicule le prix marqué, mais le dernier fascicule leur sera fourni à un prix tel qu'ils n'aient, en aucun cas, payé plus de 150 fr. pour le total de l'ouvrage.

Les fascicules sont vendus séparément à des prix différents et fixés selon leur importance.

Le fascicule I de chaque volume est vendu séparément jusqu'à la publication du fascicule II. A ce moment, les deux fascicules sont réunis et seul le volume complet est mis en vente.

Néanmoins le fascicule II de chaque volume continue à être vendu séparément pour permettre aux acheteurs du fascicule I de compléter leur volume.

**EN VENTE :**

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| TOME I. — Métalloïdes . . . . . | 28 fr. |
| TOME III. — Métaux. . . . .     | 34 fr. |

Sous presse : Tome II, fascicule I. — Tome IV, fascicule I.

**Traité de Chimie industrielle**, par R. WAGNER et F. FISCHER.  
Quatrième édition française entièrement refondue. Rédigée d'après la quinzième édition allemande, par le D<sup>r</sup> L. Gautier. 2 volumes grand in-8° avec de nombreuses figures . . . . . 35 fr.

**Le Constructeur**, par F. REULEAUX. Troisième édition française, par A. Debize. 1 volume in-8° avec 184 figures. . . . . 30 fr.

**Traité d'Analyse chimique qualitative**, par R. FRÉSENIUS.  
Dixième édition française d'après la 16<sup>e</sup> édition allemande, par L. Gautier. 1 vol. in-8°. . . . . 7 fr.

**Traité d'Analyse chimique quantitative**, par R. FRÉSENIUS.  
Septième édition française, traduite sur la 6<sup>e</sup> édition allemande, par L. Gautier. 1 vol. in-8°. . . . . 16 fr.

**Traité d'Analyse chimique quantitative par Electrolyse**, par J. RIBAN, professeur chargé du cours d'Analyse chimique à la Faculté des Sciences de Paris. 1 volume avec 96 figures. . . . . 9 fr.

**Manuel pratique de l'Analyse des Alcools et des Spiritueux**, par Charles GIRARD et Lucien CUNIASSE, chimiste-expert de la Ville de Paris. 1 vol. in-8° avec figures et tableaux . . . . . 7 fr.

**Précis de Chimie analytique**, par J.-A. MULLER, docteur ès sciences, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger. 1 volume in-12, broché . . . . . 3 fr.

---

# Physique du Globe et Météorologie

PAR **Alphonse BERGET**

Docteur ès sciences.

1 vol. in-8° de 365 pages avec 128 figures et 14 cartes hors texte.  
Broché : 15 fr.

---

# Les Insectes Morphologie - Reproduction Embryogénie

PAR **L.-F. HENNEGUY**

Professeur d'Embryogénie comparée au Collège de France.

Leçons recueillies par **A. LECAILLON** et **J. POIRAULT**

1 volume grand in-8° avec 622 figures, 4 planches en couleurs : 30 fr.

---

# ❖ ❖ ❖ Zoologie pratique ❖ ❖ ❖

Basée sur la dissection des Animaux les plus répandus

PAR **Léon JAMMES**

Maître de conférences de Zoologie à l'Université de Toulouse.

1 volume grand in-8°, avec 317 figures par l'auteur. Relié toile : 18 fr.

---

# Éléments de Paléobotanique

PAR **R. ZEILLER**

Membre de l'Institut, Professeur à l'École supérieure des Mines.

1 vol. in-8° raisin de 421 pages avec 210 figures. Cart. à l'angl. : 20 fr.

---

**Précis de Géographie économique**, par MM. **Marcel DUBOIS**, Professeur à la Faculté des Lettres de Paris, et **J.-G. KERGOMARD**, Professeur au Lycée de Nantes. *Deuxième édition entièrement refondue*, avec la collaboration de **M. Louis Lafitte**, Professeur à l'École de Commerce de Nantes. 1 vol. in-8° . . . . . 8 fr.

**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 Vogué**, de l'Académie française. 1 vol. in-8° avec 118 cartes et figures dans le texte . . . . . 7 fr.

**Chimie Végétale et Agricole** (*Station de Chimie végétale de Meudon, 1883-1889*), par **M. BERTHELOT**. 4 vol. in-8° avec figures 36 fr.

# Traité de Zoologie ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣

Par **Edmond PERRIER**

Membre de l'Institut et de l'Académie de médecine,  
Directeur du Muséum d'Histoire naturelle.

|                                                                                                                   |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| FASCICULE I : <b>Zoologie générale.</b> 1 vol. gr. in-8° de 412 p. avec 458 figures dans le texte . . . . .       | 12 fr. |
| FASCICULE II : <b>Protozoaires et Phytozoaires.</b> 1 vol. gr. in-8° de 452 p., avec 243 figures. . . . .         | 10 fr. |
| FASCICULE III : <b>Arthropodes.</b> 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 : <b>Vers et Mollusques.</b> 1 vol. gr. in-8° de 792 pages, avec 566 figures dans le texte . . . . . | 16 fr. |
| FASCICULE V : <b>Amphioxus. Tuniciers.</b> 1 vol. gr. in-8° de 221 p. avec 97 figures dans le texte . . . . .     | 6 fr.  |
| FASCICULE VI : <b>Poissons.</b> 1 vol. gr. in-8° de 366 pages avec 190 figures dans le texte. . . . .             | 10 fr. |
| FASCICULE VII et dernier : <b>Vertébrés marcheurs</b> ( <i>En préparation</i> ).                                  |        |

## 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**, archiviste-paléographe.

**La Lozère**, par **E. CORD**, ingénieur-agronome, **G. CORD**, docteur en droit, avec la collaboration de **M. A. VIRÉ**, docteur ès sciences.

**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.

**La Haute-Savoie**, par **MARC LE ROUX**, conservateur du Musée d'Annecy.

**La Savoie**, par **J. RÉVIL**, président de la Société d'Histoire naturelle de la Savoie, et **J. CORCELLE**, agrégé de l'Université.

Chaque volume in-16, relié toile anglaise avec figures et cartes en couleurs. . . . . **4 fr. 50**

*En préparation* : **Le Velay — les Alpes du Dauphiné.**

OUVRAGES DE M. A. DE LAPPARENT

Membre de l'Institut, professeur à l'École libre des Hautes-Études.

❖ ❖ ❖ ❖ ❖ ❖ **Traité de Géologie**

QUATRIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE  
3 vol. grand in-8°, avec nomb. fig., cartes et croquis . . . 35 fr.

- Abrégé de géologie.** *Cinquième édition, refondue et augmentée.* 1 vol. 157 gravures et une carte géologique de la France en chromolithographie, cartonné toile . . . . . 4 fr.
- Notions générales sur l'écorce terrestre.** 1 vol. in-16 de 156 pages avec 33 figures, broché. . . . . 4 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

**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. *Sixième édition.*
- Nouvelles Recettes utiles et Appareils pratiques.** *Troisième série,* par Gaston TISSANDIER. *Quatrième édition.*
- Recettes et Procédés utiles.** *Quatrième série,* par Gaston TISSANDIER. *Troisième édition.*
- Recettes et Procédés utiles.** *Cinquième série,* par J. LAPPARGUE, secrétaire de la rédaction de la *Nature*. *Deuxième édition.*

Chaque volume in-18 avec figures est vendu

Broché . . . . . 2 fr. 25 | Cartonné toile . . . . . 3 fr.

**La Physique sans appareils et la Chimie sans laboratoire,** par Gaston TISSANDIER. *Ouvrage couronné par l'Académie (Prix Montyon).* Un volume in-8° avec nombreuses figures dans le texte. Broché, 3 fr. Cartonné toile, 4 fr.

# Le Radium ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣

La Radioactivité et les Radiations  
Les Sciences qui s'y rattachent et leurs applications

COMITÉ DE DIRECTION :

D'ARSONVAL, H. BECQUEREL, BÉCLÈRE, R. BLONDIOT, CH. BOUCHARD,  
P. CURIE, DANYSZ, DEBIERNE, CH. FERRY,  
FINSEN, CH.-E. GUILLAUME, OUDIN, RUBENS, RUTHERFORD.

Secrétaire de la Rédaction : JACQUES DANNE

Revue mensuelle.

Paris et Départements, 12 fr. — Étranger, 15 fr. — Le Numéro, 1 fr.

---

# ♣ ♣ ♣ La Nature ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣

REVUE HEBDOMADAIRE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS  
AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

---

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.

---

MATÉRIAUX POUR L'HISTOIRE DE L'HOMME  
REVUE D'ANTHROPOLOGIE, REVUE D'ÉTHNOGRAPHIE RÉUNIES

# ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ L'Anthropologie ♣

Paraissant tous les deux mois.

RÉDACTEURS EN CHEF :

MM. BOULE et VERNEAU

Un an : PARIS, 25 FR.; DÉPARTEMENTS, 27 FR.; UNION POSTALE, 28 FR.

---

# ♣ La Presse Médicale ♣ ♣ ♣ ♣

Journal bi-hebdomadaire, paraissant le Mercredi et le Samedi

RÉDACTION : E. DE LAVARENNE, DIRECTEUR

SECRETARIAT : P. DESFOSSÉS — J. DUMONT — R. ROMME

---

DIRECTION SCIENTIFIQUE

F. DE LAPPERSONNE, E. BONNAIRE, E. DE LAVARENNE, L. LANDOUZY,  
M. LETULLE, J.-L. FAURE, H. ROGER, M. LERMOYER, F. JAYLE

---

Paris et Départements, 10 fr.; Union postale, 15 fr.

---

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 8878.

---