

De la préparation des charbons à la préparation des matières

Réflexions pédagogiques

Paul MOISET *

RESUME

L'auteur se propose d'exposer son expérience pédagogique dans le domaine de la préparation des minerais et matières.

Dans de nombreux pays, on ne se préoccupe guère de généraliser ni les principes ni l'objectif des procédés de préparation et, là où on a tenté de le faire, on est souvent tombé dans le travers de la haute spécialisation sans dépasser le niveau purement technique. On a plutôt tendance à séparer la préparation des charbons de la préparation des minerais, voire de la minéralurgie et de celle des matières.

Dès lors, les traités existants tentent d'être complets dans chacun de ces domaines; on y trouve un luxe de commentaires descriptifs accessibles avec profit sans doute à un spécialiste, mais trop technologiques pour l'étudiant ingénieur.

Il lui a paru essentiel de tenter de réunir en une discipline unique les procédés de concentration, séparation, épuration, n'utilisant que des méthodes physiques au risque d'amputer une partie de la minéralurgie dans laquelle interviennent des transformations de nature chimique.

Cette optique a semblé lui avoir fourni l'outil capable de créer chez l'étudiant une manière de penser spécifique à la préparation et d'entrevoir la possibilité de réserver à cet enseignement une place de choix dans l'ensemble des cours plutôt que de le laisser se rattacher à d'autres estimés plus fondamentaux.

Pour atteindre son but, il a considéré charbon, minéral ou matière comme un mélange dont on désire dissocier les constituants sans modifier l'entité de ses éléments.

SAMENVATTING

De auteur neemt zich voor zijn pedagogische ervaring uiteen te zetten op het gebied van de bereiding van erts en stoffen.

In vele landen houdt men zich nauwelijks bezig met het algemeen maken van de principes, noch met de doelstelling van de bereidingsprocedures, en daar waar men poogde het te doen kwam men vaak terecht in de grilligheid van de hoge specialisatie zonder het louter technische niveau te overschrijden. Men heeft eerder de neiging om de steenkoolbereiding te scheiden van de ertsbereiding, ja zelfs van de toegepaste delfstofkunde en van de stoffenbereiding.

Bijgevolg trachten de bestaande handleidingen volledig te zijn in elk van deze domeinen; men vindt er een luxe aan beschrijvende commentaren die ongetwijfeld met nut toegankelijk zijn voor een deskundige, maar te technisch uitvallen voor de student ingenieur.

Het leek hem van overwegend belang te trachten de concentratie-, ontmengings- en zuiveringsprocedures bijeen te brengen in één enkele wetenschap, waarbij enkel gebruik wordt gemaakt van fysische methodes op gevaar af een deel van de toegepaste delfstofkunde waarin omzettingen van chemische aard voorkomen te beknotten.

Deze zienswijze leek hem het werkmiddel te hebben verschaft dat bij de student een specifieke denkwijze t.o.v. de bereiding kan vormen en de mogelijkheid openlaat om dit onderricht een uitgelezen plaats toe te wijzen in het geheel van de vakken eerder dan het zich te laten verbinden met andere welke als zijnde fundamenteler worden beschouwd.

* Professeur de Minéralurgie à la Faculté polytechnique de Mons, rue de Houdain, 9 - B - 7000 Mons.

Il a été aidé dans cette voie par les progrès réalisés peu de temps avant la 2e guerre mondiale et surtout après celle-ci entre les années 1946 à 1950 par le Cerchar.

Il étudie les propriétés particulières des constituants d'un mélange binaire, ce qui permet de définir la notion de séparation parfaite et de séparation industrielle qu'il lie entre elles par la fonction de partage.

Il montre alors la possibilité de prédéterminer les résultats des concentrations gravimétriques ou d'autres dont on connaît le coefficient d'imperfection.

Enfin, la dernière étape de cette généralisation est abordée en application aux procédés de préparation des matières.

Pour conclure, l'auteur explique comment il a été amené à concevoir l'enseignement de ces notions pour introduire la description critique des procédés de concentration eux-mêmes.

Il estime pour sa part que l'enseignement reposant sur une base quasi doctrinale est devenu plus attrayant à la fois pour le maître et surtout pour l'étudiant, plus sensible qu'on n'imagine à l'esprit d'un cours qu'aux informations techniques ou technologiques qu'il contient.

Il reste cependant nécessaire de rattacher à tout instant la spéculation théorique aux réalités industrielles.

Enfin, pareil enseignement ne peut porter ses fruits que si on prend soin de le lier à d'autres disciplines dont il explique le rôle et l'objet.

Om zijn doel te bereiken beschouwde hij steenkool, erts of stof als een mengsel waarvan men de bestanddelen wenst te onderscheiden zonder het geheel van zijn elementen te wijzigen.

Hij werd hierbij geholpen door de kort voor de 2e wereldoorlog geboekte vooruitgang en vooral daarna, tussen de jaren 1946 tot 1950 door CERCHAR.

Hij bestudeert de bijzondere eigenschappen van de bestanddelen van een binair mengsel waardoor het begrip ideale ontmenging en industriële ontmenging kunnen worden bepaald die hij onderling verbindt door de verdeelfunctie.

Hij toont dan de mogelijkheid aan om de resultaten van gravimetrische of andere concentraties waarvan de onvolmaaktheidscoëfficiënt gekend is vooraf te bepalen.

De laatste etappe van deze algemeenmaking wordt ten slotte aangevat in toepassing op de stofbereidingsprocedures.

Tot besluit verklaart de auteur hoe hij ertoe kwam het onderricht van deze begrippen op te vatten om de kritische omschrijving van de concentratieprocedures zelf in te leiden.

Hij is de mening toegedaan dat het op een quasi doctrinale basis steunende onderwijs aantrekkelijker geworden is, zowel voor de lesgever, en vooral voor de student die veel gevoeliger is dan men denkt voor de geest van een vak dan voor de technische of technologische informatie die het bevat.

Het blijft evenwel noodzakelijk de theoretische speculatie steeds te verbinden met de industriële werkelijkheid.

Ten slotte kan een dergelijk onderwijs slechts vruchten dragen indien men er zorg voor draagt het in verband te brengen met andere wetenschappen waarvan het de rol en het doel verklaart.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Verfasser möchte seine eigene pädagogische Erfahrung auf dem Gebiet der Erz- bzw. der Stoffaufbereitung darlegen.

In vielen Ländern legt man überhaupt keinen Wert auf die Verallgemeinerung der Grundsätze noch des Zieles der Aufbereitungsverfahren. Dort wo Versuche in dieser Richtung unternommen wurden, fiel man der Überspezialisierung zum Opfer, ohne über das rein technische Niveau hinauszukommen. Man ist eher geneigt, die Kohlaufbereitung von derjenigen der Erze zu trennen, ebenso verhält es sich zwischen Mineralurgie und Stoffaufbereitung.

SUMMARY

The author sets out his teaching experience in the field of the preparation of ores and other substances.

In many countries, there is no real attempt to make generalizations in respect of either the principles or the methods of preparation ; where such attempts are made, the authors have frequently fallen into the trap of a high degree of specialization without getting past the purely technical level. They have rather tended to separate coal preparation from ore preparation — and of minerals in general — and of other substances.

Hence, the existing textbooks strive for completeness in each of these fields ; they comprise a wealth of descriptive remarks which are doubtless of benefit

Deshalb versucht man im Rahmen der vorhandenen Fachbücher in jedem dieser Gebiete ein vollständiges Bild zu zeigen. Dort findet man eine große Fülle von Beschreibungen und Kommentaren, die zweifelsohne für den Fachmann leicht faßlich sind ; sie sind aber zu technologisch für den angehenden Ingenieur.

Der Verfasser hat sich zur Hauptaufgabe gestellt, die Verfahren betreffend die Konzentration, die Aufbereitung und die Reinigung in einer einzigen Disziplin zusammenzufassen. Hierbei bedient er sich nur physikalischer Methoden, auch wenn ein Teil der Mineralurgie, in dem Verwandlungen chemischer Art vorkommen, geopfert werden sollte.

Es scheint, daß er mit dieser Auffassung in der Lage ist, dem Studenten eine Denkweise einzuprägen, die für die Aufbereitung spezifisch ist. Des weiteren besteht die Möglichkeit, daß diese Disziplin in den gesamten Lehrgängen einen wichtigen Platz einnehmen wird, anstatt bei anderen Lehrgängen einverleibt zu werden, die als wesentlicher betrachtet werden.

Um sein Ziel zu erreichen, betrachtet er die Kohle, das Erz oder den Stoff als ein Gemisch, dessen Bestandteile man aussondern möchte, ohne dabei die Wesenheit seiner Elemente zu ändern.

Auf diesem Wege profitierte er von den kurz vor dem zweiten Weltkrieg erzielten Fortschritten und vor allem, nach dem zweiten Weltkrieg zwischen 1946 und 1950, von den Erfahrungen von CERCHAR.

Er untersucht die besonderen Eigenschaften der Bestandteile eines Zweistoffgemisches, so daß er in der Lage ist, den Begriff der vollständigen bzw. der industriellen Trennung zu bestimmen. Beide werden von ihm durch die Teilfunktion miteinander verbunden.

Er weist dann auf die Möglichkeiten hin, die Resultate der gewichtsanalytischen Konzentrationen oder auch weitere Ergebnisse, deren Fehlordnung bekannt ist, im voraus zu bestimmen.

Schließlich bildet die Anwendung der Stoffaufbereitungsverfahren das Schlußkapitel dieser Verallgemeinerung.

Als Schlußfolgerung erläutert der Verfasser, wie er die Lehre dieser Begriffe auffaßt, um die kritische Beschreibung der Konzentrationsverfahren selbst einzuführen.

Er ist der persönlichen Auffassung, daß der sich auf eine beinahe doktrinale Grundlage stützende Unterricht sowohl für den Lehrer als auch vor allem für den Studenten attraktiver geworden ist. Dieser ist nämlich empfänglicher als man annimmt für die Konzeption eines Lehrstoffes als für die in diesem Lehrstoff enthaltenen technischen bzw. technologischen Informationen.

for the specialist (since he can understand them) but too highly technical for the student engineer.

The author considers it essential to attempt to combine in a single discipline the processes of concentration, separation and cleaning, using only physical methods, at the risk of ignoring a part of the ore dressing science which involves chemical transformation phenomena.

This approach constitutes, in the author's view, the instrument which can inculcate in the student a manner of thinking which is specific to preparation technique ; moreover, it offers the possibility of assuring by this means that this branch of teaching occupies a prime place in the course programme, rather than simply hanging it on to other branches, which are considered to be of more fundamental importance.

To attain this end, the author has viewed coal, ores and other substances as a mixture which one wishes to dissociate into its constituents without modifying the nature of these elements.

In this enterprise, the author was assisted by the advances made shortly before the Second World War and especially after it by the work of CERCHAR during the years 1946-50.

The author examines the particular properties of the constituents of a binary mixture ; this enables him to define the concepts of perfect separation and industrial separation. He then proceeds to link these two by the partition function.

The author goes on to demonstrate the possibility of predetermining the results of a gravimetric — or other type of — concentration, where the coefficient of imperfection is known.

The last stage of this generalization is approached in terms of its application to the preparation of various substances.

In conclusion, the author explains how he planned his teaching programme for these ideas with a view to introducing the critical description of the concentration processes themselves.

The author believes that teaching based on a quasi-doctrinal basis has gained in attractiveness for both the professor and the student ; the latter, one can well imagine, is more open to the spirit of a course of study than to the technical or technological data contained therein.

Es ist jedoch unerlässlich, daß die theoretische Forschung der industriellen Wirklichkeit jederzeit untergeordnet wird.

Schließlich kann dieser Unterricht nur dann Früchte tragen, wenn man dafür Sorge trägt, daß er mit weiteren Disziplinen, deren Rolle und Gegenstand er in ein klares Licht stellt, in Zusammenhang bringt.

It still remains necessary to create at any moment a link between the speculations of theory and the industrial realities.

Finally, it can be asserted that such a system of teaching cannot bear its fruit unless care is taken to link it to other disciplines ; the author explains their role and their aim.

Le professeur de minéralurgie éprouve les mêmes difficultés pédagogiques que ses collègues chargés de l'enseignement d'autres cours à caractère technique.

Son rôle consiste à apporter à des étudiants complètement étrangers aux préoccupations de la minéralurgie une manière de penser et de réagir particulière à cette discipline. Il est donc indispensable qu'il présente son cours, non pas comme une succession de chapitres sans liaison apparente et logique, mais en lui trouvant une structure pouvant lui servir de guide. Il est autrement facile de rédiger un manuel qui s'adresse aux praticiens informés qu'un cours destiné à de jeunes candidats ingénieurs encore tout imprégnés de la rigueur des sciences pures.

Placé devant ces difficultés, l'auteur s'est vu contraint de choisir un mode d'exposé qui repose sur une doctrine ou plutôt sur une conception à laquelle il peut rattacher les phénomènes qui gouvernent les méthodes de concentration.

Depuis plus de vingt ans, il a adopté la notion de mélange binaire pour représenter un minerai en voie de concentration.

Depuis longtemps, les laveurs de charbon ont utilisé les courbes de lavabilité et on sait tout le parti qu'ils en ont tiré.

Le développement considérable donné à la théorie du lavage des charbons par l'équipe du Cerchar après la deuxième guerre, reprenant les études de Tromp et Terra datant de 1937-1938, a permis de concevoir la théorie de la concentration sur des bases théoriques parfaitement logiques.

Le charbon peut être schématisé comme un minerai binaire. Il laisse entrevoir la possibilité d'une généralisation de ce concept à tous les autres minerais, à condition de les considérer comme constitués d'un minéral utile et d'un stérile global avant l'extraction du concentré de chacun des minéraux utiles à isoler.

C'est pour cette raison que nous avons adopté, en la généralisant, la doctrine de la préparation des charbons.

Après avoir apporté à l'étudiant le vocabulaire de base permettant de décrire les opérations élémentaires de la minéralurgie, l'auteur met immédiatement l'accent sur le « premier principe », c'est-à-dire celui de la libération des minéraux ou des constituants du mélange auquel on assimile le minerai.

De nombreux exemples sont nécessaires pour asseoir, au départ, une notion qui ne doit plus quitter l'esprit du minéralurgiste en formation. Cette notion essentielle doit déclencher chez lui un réflexe conditionné chaque fois qu'il aborde le problème de la concentration d'un minerai.

Il faut ensuite montrer que les éléments (grains de minerai) des mélanges binaires ont un poids spécifique lié de manière bi-univoque à leur teneur en l'un des deux constituants purs, pour autant que ceux-ci aient des poids spécifiques différents.

Cette notion importante permet d'opérer la concentration non pas en fonction de la teneur des grains, mais de leur poids spécifique.

L'analyse densimétrique peut dès lors être définie, ainsi que la notion de séparation parfaite dont on déduit facilement les propriétés (conduisant à la construction des courbes de lavabilité). On peut alors azorder le concept de concentration industrielle grâce à l'existence de la fonction de dispersion permettant de distribuer chacune des tranches densimétriques du brut d'alimentation entre le concentré et le rejet.

On est naturellement amené à introduire le calcul du rendement pondéral d'une concentration industrielle continue exigeant un échantillonnage correct du brut d'alimentation du concentré et du rejet. Ce rendement est déterminé en général par application de la méthode des moindres carrés (dite de Grumbrecht) et, à cette occasion, on donne de nombreux exemples réels qui permettent d'apprécier la précision qu'on peut attendre de cette méthode.

En possession de cette valeur, on calcule la composition du brut reconstitué et on déduit la dispersion pour chaque intervalle de poids spécifique. L'étude de cette fonction permet de mettre en évidence les anomalies de fonctionnement du concentrateur, assimilables à des erreurs systématiques dont on recherchera les causes pour y porter remède.

On pourra alors juger de la précision de coupure du concentrateur, voire qualifier celle-ci par un nombre sans dimension que Belugou a appelé coefficient d'imperfection. Ainsi donc, l'ingénieur est en mesure de contrôler une installation existante en fonctionnement.

La démarche inverse est également possible, à savoir : prédéterminer les résultats d'une concentration industrielle à réaliser dans un appareil donné à partir

d'un brut d'alimentation connu et cela, sans même devoir effectuer des essais en installation pilote.

On peut donc ainsi établir un choix de procédés applicables à un minerai brut, étant entendu que la précision de séparation peut être dans chaque cas représentée par la valeur correspondante du coefficient d'imperfection qui lui correspond et dont les valeurs sont bien connues des utilisateurs.

Pareil problème peut être programmé et on obtient les résultats de la concentration très rapidement.

On peut alors faire choix du procédé en tenant compte des prix des traitements correspondants, de l'amortissement du matériel, c'est-à-dire, en un mot, prédéterminer le bénéfice à attendre de l'opération.

Le futur ingénieur minéralurgiste dispose donc des outils, non seulement lui permettant de contrôler le fonctionnement du lavoir, mais d'apporter à un bureau d'études de projets l'aide efficace dans la prédétermination des garanties de fonctionnement de l'atelier de préparation. En un mot, il dispose de toute la stratégie de la conduite d'une installation.

Il est évidemment nécessaire d'apporter à cet enseignement théorique de nombreux appuis techniques choisis dans une documentation de première main, comme par exemple celle issue des procès-verbaux de réception d'installations industrielles.

Il est alors possible d'aborder l'étude des procédés de concentration par la description raisonnée des phénomènes physiques ou autres qui leur servent de base et de montrer pour chacun d'eux comment le fonctionnement des appareils peut influencer leur imperfection de nature.

Ce texte devant être nécessairement limité, il ne peut expliquer tous les problèmes qui se posent, mais il est clair que les solutions apparaissent d'elles-mêmes comme la conséquence logique de la doctrine.

L'étudiant est en mesure, par exemple, de juger de la nécessité d'une pré-concentration éventuelle et de ses avantages, de faire le choix adéquat d'une méthode pour extraire d'un minerai le concentré de qualité requise. Ainsi, il peut concevoir que, dans certains cas, il ne doit pas nécessairement recourir au procédé le plus précis et il en connaîtra les raisons.

Dès lors, l'exposé des procédés n'est pas une description fastidieuse de techniques, car il est toujours possible de définir le domaine d'application le plus adéquat qui se trouve naturellement justifié par la doctrine.

Pour atteindre ce but, il faut évidemment disposer d'une documentation glanée au cours du temps et accepter de consacrer le nombre de leçons indispensable sans lequel l'exposé de la doctrine n'aurait aucun effet. Il faut aller jusqu'au bout et dans les

détails de manière à prouver à l'étudiant que cette doctrine est un outil précieux et non un quelconque prétexte de meubler un horaire.

On peut s'étonner de n'avoir pas vu figurer en tête de notre exposé les notions de fragmentation et de criblage. Elles ne sont pas nécessaires à ce niveau. Il suffit que l'étudiant (qui ne connaît rien ou presque des techniques minéralurgistes au départ) sache que la fragmentation est nécessaire pour libérer le minéral à extraire.

Après l'exposé des procédés, on peut alors développer les méthodes auxiliaires qui se trouvent justifiées comme opérations intermédiaires nécessaires à la réalisation du flow sheet de traitement : broyage, classification, décantation, filtration, dépoussiérage, séchage, etc. Le broyage donne lieu à un exposé assez étendu sur le calcul de l'énergie et le choix des appareils.

La classification oblige à examiner la notion de granulométrie et des distributions, de la surface spécifique. On en profitera pour étendre la fonction de dispersion à la classification sous toutes ses formes (voies sèche et humide), appliquée aussi bien aux minerais qu'aux matières naturelles et artificielles.

On peut encore développer le concept global de l'efficacité et montrer son intérêt et son application aux séparations solide-liquide. Par exemple, on peut contrôler le fonctionnement d'une essoreuse et mesurer la concentration des pulpes d'entrée et de sortie par la détermination rapide et précise du poids spécifique de ces pulpes, sans jamais recourir au séchage des échantillons prélevés.

Le picnomètre pneumatique apporte une aide considérable dans la conduite de ces engins, car la mesure qu'il réalise est simple, précise et rapide. Il permet donc de suivre les effets d'une modification des réglages d'un appareil de concentration ou de séparation quelconque, voire de flottation, en régime.

Le lecteur a donc été amené insensiblement du domaine de la préparation des charbons, qui permet l'épanouissement de la théorie de la concentration des mélanges binaires, à celui des matières en parcourant au passage celui des minerais qui ne diffère pas des autres, en principe.

L'auteur est persuadé, à la suite de son expérience, qu'il reste dans l'esprit de l'étudiant une manière de penser dont il ne se départira pas, même si ses futures fonctions le tiennent éloigné de la minéralurgie.

L'échantillonnage rationnel est l'indispensable complément de la collecte des échantillons à partir desquels on peut obtenir les informations nécessaires à l'application de la doctrine. Aussi, lui donne-t-on le développement indispensable qui permet au futur ingénieur d'utiliser une méthode dont il pourra juger du taux de confiance qui lui est attaché.

Des applications nombreuses sont là aussi absolument nécessaires. Enfin, il faut établir une liaison solide avec d'autres enseignements et leur contenu. C'est la raison qui a milité pour faire introduire par un collègue spécialiste un cours de physico-chimie des surfaces servant de base à la flottation, au bouletage et à d'autres applications.

De même, l'élaboration des flow sheets modernes ne peut plus se passer de l'automatique. Un cours spécial suivi de travaux est également donné aux futurs ingénieurs (dans le cadre de la minéralurgie pour les travaux de fin d'études).

Pour les futurs mineurs, en plus des cours normaux de métallurgie des métaux non-ferreux, on a mis sur pied un cours de 15 leçons d'hydro-métallurgie groupant les procédés par cyanuration, extraction par solvants, échanges ioniques, etc., non pas au niveau de spécialistes, mais pour montrer l'origine des exigences que le métallurgiste impose au minéralurgiste chargé de la production des concentrés de base.

Le volume horaire de l'enseignement de la minéralurgie est ainsi réparti sur une durée de 1 ou 3 ans suivant la spécialité.

SPECIALITE MINES

3^e année — 15 leçons (18 h 3/4). Doctrine de la séparation des mélanges binaires. Notions de granulométrie.

4^e année — 28 leçons (35 h). Les procédés de concentration. Le transport pneumatique et hydraulique des matières. 3 séances de travaux (9 h 3/4) : exercices relatifs au cours de 3^e.

5^e année — 15 leçons (18 h 3/4). L'échantillonnage des minerais et matières. 20 leçons (25 h). Les méthodes auxiliaires de la minéralurgie. 22 séances de travaux (71 h 1/2). Procédés de concentration, procédés auxiliaires. Echantillonnage. Projets.

4^e année — 25 leçons (31 h 1/4). Systèmes asservis et régulation linéaire.
— 15 leçons (18 h 3/4). Physico-chimie des surfaces. 5 séances de travaux (16 h 1/4) de physico-chimie des surfaces.

5^e année — 6 séances de travaux (20 h) de projets de régulation.

5^e année — 15 leçons (18 h 3/4). Compléments de métallurgie.

SPECIALITE METALLURGIE

4^e année — 21 leçons (26 h 1/4). Doctrine et procédés de concentration. 5 séances de travaux (16 h 1/4) Procédés de concentration.

4^e année — 25 leçons (31 h 1/4). Systèmes asservis et régulation linéaire.

SPECIALITE CHIMIE

4^e année — 19 leçons (23 h 3/4). Doctrine et procédés auxiliaires 5 séances de travaux. Séparation solide-liquide; fluidisation, etc.

DISCUSSION

G. Panou

Je suis totalement d'accord avec le Professeur Moiset sur la façon d'envisager les problèmes de la préparation des minerais. Il existe un procédé de séparation solide-liquide (la flottation) pour lequel la théorie du lavage n'a pas été appliquée. Le Professeur Moiset voudrait-il nous indiquer si des progrès ont été réalisés dans cette direction ?

P. Moiset

Il est évidemment plus aisé d'appliquer la théorie de la séparation des mélanges binaires aux minerais

en grains de poids spécifiques inférieurs à celui du bromoforme qu'aux minerais très fins destinés à la flottation.

Au-delà du poids spécifique de 3,0 kg/dm³, nous employons le sulfamate de plomb fondu, nous permettant d'atteindre 3,6 kg/dm³. Nous couvrons ainsi une plage importante des minéraux usuels, les plus lourds pouvant être séparés par d'autres procédés.

Pour les fins, on éprouve des difficultés dues à l'agglomération dans les liqueurs organiques.

Cependant, pour les charbons, on peut encore dresser l'analyse densimétrique des schlamms suivant une méthode préconisée par l'Inichar et

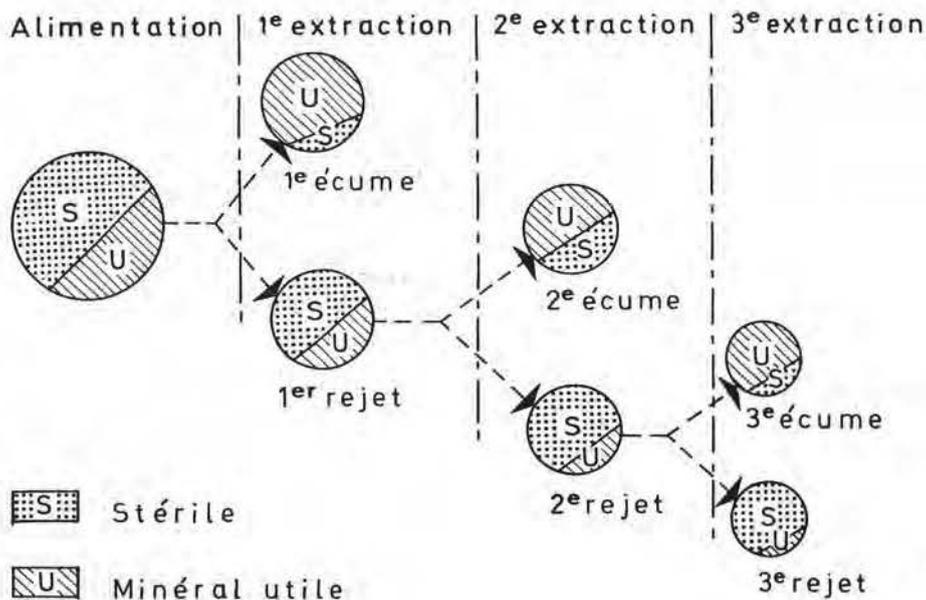


Fig. 1

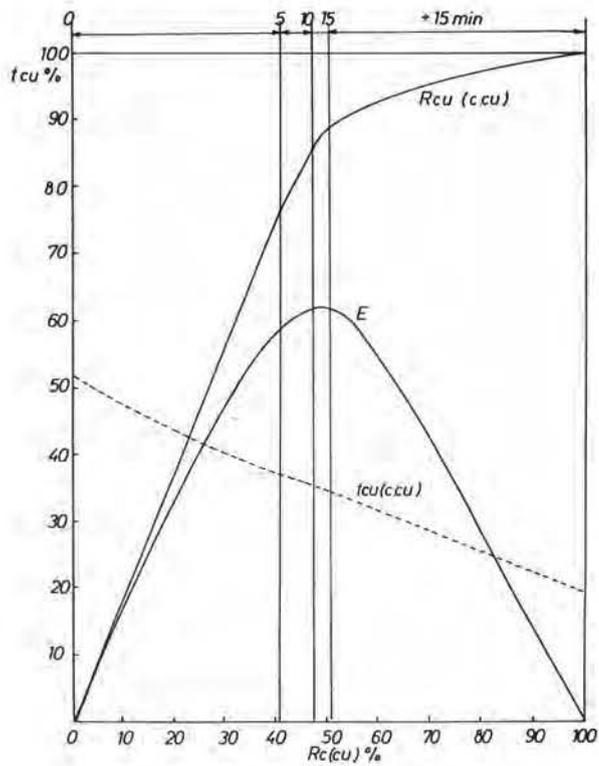


Fig. 2

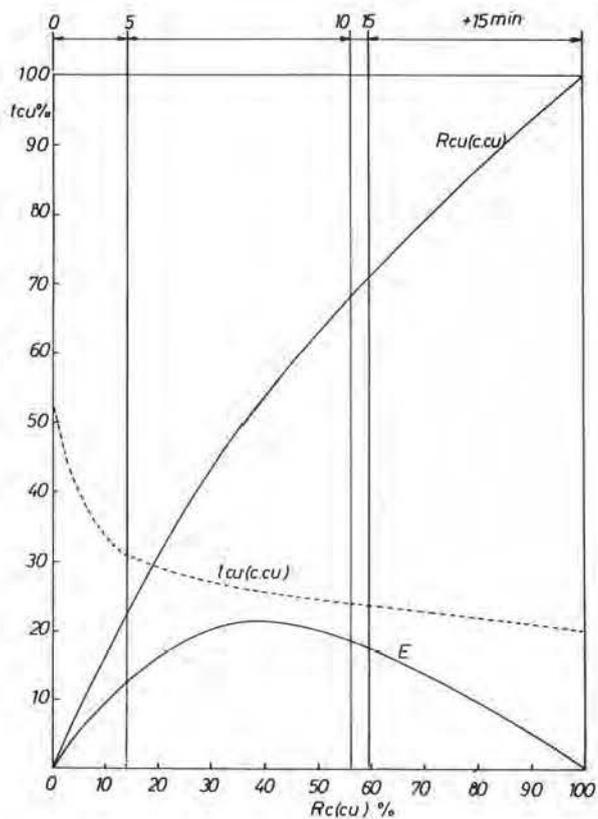


Fig. 3

adoptée par les charbonnages d'Hensies-Pommerœul. On peut représenter alors la courbe de flottation industrielle dans le diagramme semi-vectorel U-R et apprécier la valeur de l'imperfection correspondante qui permet de comprendre bien des comportements du schlamm soumis à la flottation (H. Dufour : Traitement du 0-1 mm par flottation. 3^e Conf. Int. sur la préparation du charbon).

Pour les minerais, nous avons préféré recourir à la notion d'efficacité en la calculant après chaque extraction d'écume correspondant, soit à l'introduction d'une dose de réactif, soit à un temps d'extraction ou les deux à la fois.

Sans refaire la théorie de la détermination de l'efficacité, on peut cependant en donner l'expression.

$$E = 1 - R_1 - R_2$$

R_1 = rendement en stérile du concentré de minéral utile

R_2 = rendement en minéral utile du rejet.

Le schéma de l'opération est représenté à la figure 1.

On peut alors suivre le déroulement de la flottation sur les diagrammes suivants.

Le premier se rapporte à la flottation du minerai de Ruwe en cellule pneumatique à fond poreux. On y a figuré en abscisse le rendement pondéral du concentré de cuivre (fig. 2).

En ordonnée, on trouve la teneur en cuivre du concentré allant de la teneur du minéral pur à celle du brut. On a aussi tracé la courbe du rendement cuivre du concentré de cuivre et l'efficacité E. On voit croître d'abord l'efficacité, la quantité de minéral utile emportée par les écumes successives étant supérieure à celle du stérile. Elle atteint un maximum pour descendre ensuite pour la raison inverse.

Le deuxième diagramme se rapporte à la flottation du même minerai dans une cellule sub-aération utilisant les mêmes doses de réactifs (fig. 3).

On peut dès lors comparer le travail des deux machines. On ne peut cependant pas tirer de conclusion absolue pour des raisons évidentes de cinétique sur la transposition aux modèles industriels mais, quand la chose est possible, on peut donner une valeur équivalente de l'imperfection et prédéterminer la courbe de flottation (cas des charbons fins). Il faut toutefois se garder de faire porter par la machine seule l'imperfection de la séparation, le minerai lui-même n'y étant pas étranger.

Ceci montre que, si un enseignement au départ se doit d'être schématique pour accrocher l'étudiant, celui-ci doit nécessairement prendre peu à peu conscience des écarts entre les modèles et la réalité des phénomènes.

Cette remarque est vraie dans toutes les disciplines. Néophytes et initiés ne peuvent nécessairement pas se situer au même niveau.