

**Séance du 15 juin 1971**



**Zitting van 15 juni 1971**

## Séance du 15 juin 1971

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. M. *Walraet*, directeur de la Classe pour 1971.

Sont en outre présents: MM. V. Devaux, A. Durieux, R.P. A. Roeykens, M. J. Stengers, R.P. M. Storme, M. E. Van der Straeten, membres; R.P. J. Denis, MM. A. Duchesne, W.-J. Ganshof van der Meersch, J.-P. Harroy, J. Jacobs, chan. L. Jadin, M. Luwel, P. Piron, A. Sohier, E. Vandewoude, associés, ainsi que M. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel honoraire.

Absents et excusés: MM. A.-G. Baptist, E. Bourgeois, E. Coppieters, le comte P. de Briey, N. De Cleene, N. Laude, A. Rubbens, F. Van Langenhove, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

### Supplément aux Codes congolais

M. P. *Piron* présente à ses Confrères le volume IV de la publication intitulée *Supplément aux Codes congolais. Législation de la République démocratique du Congo*, qu'il a rédigée en collaboration avec MM. L. DE WILDE et Ph. PIRON.

Il fait un exposé sur l'évolution de la législation au Congo et signale les principales innovations qui caractérisent sa physionomie actuelle (p. 504).

M. P. *Piron* répond ensuite à des questions que lui posent MM. W. *Ganshof van der Meersch*, Jean *Sohier* et Jean *Stengers*.

### Proverbes juridiques des Mongo

M. J. *Jacobs* présente un travail du R.P. G. *Hulstaert*, correspondant de l'Académie à Mbandaka (République démocratique du Congo), intitulé comme ci-dessus.

Cette note sera publiée dans le *Bulletin des séances* (p. 525).

## Zitting van 15 juni 1971

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de H. M. *Walraet*, directeur van de Klasse voor 1971.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. V. Devaux, A. Durieux, E.P. A. Roeykens, de H. J. Stengers, E.P. M. Storme, de H. E. Van der Straeten, leden; E.P. J. Denis, de HH. A. Duchesne, W.-J. Ganshof van der Meersch, J.-P. Harroy, J. Jacobs, kan. L. Jadin, M. Luwel, P. Piron, A. Sohier, E. Vandewoude, geassocieerden, alsook de H. E.-J. Devroey, erevaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. A.-G. Baptist, E. Bourgeois, E. Coppieters, graaf P. de Briey, N. De Cleene, N. Laude, A. Rubbens, F. Van Langenhove, alsook de H. P. Staner, vaste secretaris.

### « Supplément aux Codes congolais »

De H. P. *Piron* stelt aan zijn Confraters deel IV voor van de publicatie getiteld « *Supplément aux Codes congolais. Législation de la République démocratique du Congo* », die hij opstelde in samenwerking met de HH. L. DE WILDE et Ph. PIRON.

Hij geeft een uiteenzetting over de evolutie van de wetgeving in Kongo en wijst op de belangrijkste nieuwigheden die er het huidig inzicht van bepalen (blz. 504).

De H. P. *Piron* beantwoordt vervolgens vragen die hem gesteld worden door de HH. W. *Ganshof van der Meersch*, Jean *Sohier* en Jean *Stengers*.

### « Proverbes juridiques des Mongo »

De H. J. *Jacobs* stelt een werk voor van E.P. G. *Hulstaert*, correspondent der Academie te Mbandaka (Democratische Republiek Kongo), getiteld als hierboven.

Deze nota zal gepubliceerd worden in de *Mededelingen der Zittingen* (blz. 525).

**Comité secret**

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret, procèdent aux élections suivantes:

1. En qualité de titulaire, MM. *A. Maesen* et *J. Sobier*;
2. En qualité d'associé: MM. *André Huybrechts*, docteur en droit et docteur en sciences économiques, et *Jacques Vanderlinden*, docteur en droit.

La séance est levée à 16 h 25.

**Geheim comité**

De ere- en titelvoerende leden, verenigd in geheim comité, gaan tot volgende verkiezingen over:

1. Als titelvoerend lid, de HH. *A. Maesen* en *J. Sobier*;
2. Als geassocieerde, de HH. *André Huybrechts*, doctor in de rechten en in de economische wetenschappen, en *Jacques Vanderlinden*, doctor in de rechten.

De zitting wordt gesloten te 16 h 15.

**P. Piron. — Présentation du Supplément aux Codes congolais. Législation de la République Démocratique du Congo (1960 - 1970).**

Supplément aux Codes congolais. — Législation de la République démocratique du Congo, 1960-1970, publié sous la direction de Pierre PIRON, professeur aux Universités de Kinshasa et de Louvain, avec la contribution de la Commission d'élaboration des Codes de la République démocratique du Congo et avec la collaboration de Lode DE WILDE, magistrat, licencié en criminologie et de Philippe PIRON, avocat près la Cour d'appel de Kinshasa. (Bruxelles, F. Larcier; Kinshasa, Présidence de la République (O.N.R.D.). 1970, 4 vol., IV-108 p., IV-292 p., IV-376 p., IV-104 p.)

## INTRODUCTION

Ce recueil peut être considéré comme assurant la liaison entre la série des Codes et lois du Congo belge et la prochaine édition qui sera la première des Codes de la République démocratique du Congo.

On se souviendra qu'après HÉBETTE et PETIT, puis LYCOPS c'est notre regretté confrère O. LOUWERS qui assumait en 1905 la publication des Codes de l'Etat indépendant du Congo. C'est lui encore qui entama la série des Codes et lois du Congo belge, qui devait être continuée, à partir de la période de guerre, sous la direction de notre confrère Léon STROUVENS prématurément décédé, en nous laissant la charge de poursuivre sa tâche.

Cette collection constitue la vivante illustration de l'évolution législative du Congo. A cet égard, la dernière édition des *Codes et lois du Congo belge* (1960) peut être considérée comme le bilan de l'œuvre législative réalisée par la Belgique au Congo.

Une lacune à signaler cependant: l'absence de tables générales, les autorités du Ministère des Affaires africaines ayant, en 1960,

refusé d'exécuter la disposition du budget, pourtant régulièrement engagée, devant assurer leur financement. (1) \*

Dix années se sont écoulées depuis lors, dix années au cours desquelles le Congo a dû, malgré des conditions particulièrement difficiles, repenser sa législation pour la faire passer du stade colonial au stade de l'indépendance.

C'est le *bilan législatif* de ces 10 ans que présente le supplément aux codes congolais.

Mais une question préalable se pose:

*Pourquoi un supplément plutôt qu'un nouveau code?*

C'est qu'il est apparu que la publication d'une nouvelle édition complète ne pouvait être envisagée que moyennant réalisation d'un certain nombre de conditions préalables, notamment:

— Une mise en ordre des textes qui, sous peine de complications excessives, ne pouvait se faire que sur base de la seule classification existante, en l'occurrence celle de l'édition de 1960;

— La prise de conscience de ce qui a été réalisé et de ce qui reste à faire, prise de conscience qui eût été impossible sans cette mise en ordre préalable, compte tenu notamment de l'irrégularité des publications officielles et de l'existence de nombreuses législations contradictoires;

— L'achèvement des réformes législatives les plus urgentes (sous peine de voir la nouvelle édition immédiatement dépassée);

— L'élaboration d'un plan adapté aux nouvelles conditions politiques et économiques du Congo.

Tout cela était certes réalisable moyennant un délai suffisant. Mais, entre la date à laquelle la décision des autorités congolaises est devenue effective et celle de la sortie de presse imposée à l'ouvrage, les auteurs et l'imprimeur n'ont disposé que de 8 mois.

Depuis longtemps, la publication de ce recueil était réclamée par les autorités politiques, judiciaires et administratives du

---

\* Les chiffres entre parenthèses renvoient aux notes *in fine*.

Congo aussi bien que par les milieux d'affaires, compte tenu du désordre des publications officielles, de l'absence de tables, du nombre de textes législatifs et réglementaires qui n'avaient pas été publiés autrement que par des annonces à la radio ou dans la presse.

Chaque année, les auteurs étaient contactés par les autorités congolaises en vue d'assurer cette mise à jour. Mais chaque fois aussi, le même obstacle s'opposait à sa réalisation: l'inexistence des crédits dont la nécessité et le montant gonflaient de plus en plus au fur et à mesure que le temps passait et que les textes s'accumulaient. Quelle qu'en soit la cause, malgré la bonne volonté de leurs fonctionnaires, les ministres intéressés ne parvenaient pas à les réunir.

Quant à l'administration belge de la coopération au développement qui aurait pu jouer en ce domaine un rôle analogue à celui qu'elle vient d'assumer pour le Burundi (2), et rendre ainsi des services signalés à la coopération belgo-congolaise, elle opposa depuis 1962 une inertie bien administrative à toutes les démarches entreprises, en faveur d'une intervention, tant par les auteurs que par des hommes politiques clairvoyants.

Certes, du chaos législatif congolais émergeaient parfois des repères.

Indépendamment d'articles publiés dans les revues juridiques et politiques congolaises, quelques recueils, quelques répertoires, tentaient de mettre de l'ordre dans les matières touchant particulièrement les justiciables. Au fil de la plume, en demandant aux autres de m'excuser de les avoir omis, en voici quelques-uns: les recueils des ministères intéressés sur les Finances publiques, les Douanes, les Impôts; les notes officieuses des Ambassades étrangères et notamment de celle de Belgique; la *Revue congolaise du Travail*; le recueil de l'I.N.S.S.; le Code des investissements; les recueils des textes non encore publiés au *Moniteur congolais* sur la législation minière, la loi Bakajika, etc.

Et aussi des manuels extrêmement précieux tels que les deux excellents volumes consacrés par M. DEMEUS à la fonction de greffier en République démocratique du Congo, les traités de M. WEMBI sur la Sécurité sociale, de M. VIEUX sur la fonction publique, et spécialement celui de notre confrère Antoine RUBENS sur le droit judiciaire, etc.

Sans compter les multiples et méritoires efforts tentés par des particuliers pour essayer de tenir les justiciables au courant des législations qui les concernent. Et je ne voudrais pas ne pas citer l'œuvre de la CADICEC, celle de la F.E.C. et surtout les tables méthodiques du CEDIUM qui ont réussi, au fur et à mesure de la publication des *Moniteurs congolais*, à assurer la relation entre les textes nouveaux et les textes anciens.

Mais il a fallu l'organisation auprès de la Présidence de la République d'un Collège juridique et politique, et surtout la désignation d'un Conseiller juridique conscient de l'importance du problème (3) pour que la décision soit prise. C'était en mars 1968. Depuis lors, l'organisation de l'O.N.R.D. et diverses difficultés administratives ont imposé de nouveaux retards à l'impression de l'ouvrage (4) dont la sortie de presse put enfin avoir lieu en 1970, « année du bilan » de la 2<sup>e</sup> République.

1960-1970. Dix ans d'évolution législative. Mais dix années particulièrement importantes puisqu'elles représentent les dix premières années de l'indépendance de la République démocratique du Congo.

Retracer l'historique de cette évolution législative nous mènerait trop loin: nombre de législations et non des moindres (matières politiques, sociales, économiques, etc.) ont été remaniées, refondues parfois, à plusieurs reprises. Cependant, chaque fois que les circonstances s'y prêtent, des annotations attirent l'attention du lecteur sur cette évolution.

Mais il est symptomatique que, la période troublée des premières années mise à part, une certaine stabilisation se manifeste. C'est ainsi que sur les 1 350 textes cités ou reproduits dans l'ouvrage, environ 800 ont été promulgués de 1965 à 1969 (et encore ne tient-on pas compte de ceux qui n'ont pu être repris faute d'avoir été l'objet d'une publication officielle), les autres se répartissant à raison de plus de 300 édictes en vue de la préparation de l'indépendance, et de moins de 250 du 30 juin 1960 à fin 1964.

Les mêmes fluctuations se retrouvent dans le volume des publications officielles: le *Moniteur congolais* a retrouvé en 1968 et 1969 de mille à deux mille pages, comme avant l'indépendance, alors que de 1961 à 1964 il n'atteignait généralement pas 500

pages dont les actes d'intérêt général n'occupaient d'ailleurs qu'une minime partie.

Le bilan législatif présenté par le supplément aux codes congolais est donc, pour l'essentiel, à côté de celui — trop écourté — de la préparation à l'indépendance, celui des cinq dernières années: celui de la 2<sup>e</sup> république. Il apparaît encore comme un ensemble inachevé, mais eut certes été plus complet et plus cohérent s'il avait pu comporter les nombreuses mesures législatives et réglementaires qui, bien que pratiquement entrées en vigueur, n'ont, par suite du retard du *Moniteur congolais*, fait l'objet d'aucune publication.

Passons maintenant en revue les principaux éléments de ce bilan.

## I. LOIS FONDAMENTALES

La constitution actuelle est la troisième du Congo indépendant.

La loi fondamentale du 19 mai 1960 sur les structures politiques du Congo avait été élaborée sur la base des conclusions de la Table ronde politique de 1960. Visant à concilier les nécessités de l'unité du pays avec les tendances centrifuges, elle avait organisé un régime parlementaire dont l'efficacité fut rapidement battue en brèche par des gouvernements provinciaux dotés de pouvoirs étendus. Elle ne reçut qu'une application limitée, tant, en fait, suite à la situation politique, qu'en droit, ses principes ayant été bouleversés par divers décrets-lois constitutionnels (5).

Suite à la carence du Parlement, ce fut une « Commission constitutionnelle », composée en ordre principal de délégués des provinces, qui fut chargée de préparer la constitution du 1<sup>er</sup> août 1964, dite « de Luluabourg ». Bien que, pour des raisons d'opportunité politique, le terme n'y ait pas figuré, elle donnait en fait aux institutions congolaises un caractère fédéral (6).

Son application ne mit fin ni aux difficultés économiques, ni à l'instabilité politique. Par proclamation du 24 novembre 1965, le Haut Commandement de l'Armée nationale destituait le Président de la République et conférait les prérogatives constitutionnelles du Chef de l'Etat au général MOBUTU (7).

Suivit une période transitoire au cours de laquelle la plénitude du pouvoir fut progressivement attribuée au seul Président de la République et l'application de la Constitution virtuellement suspendue. Cette période fut mise à profit pour apporter d'importantes réformes aux structures politiques, administratives et économiques du pays et pour préparer la nouvelle constitution qui fut adoptée par referendum et proclamée le 23 juin 1967 (8).

Parmi les caractéristiques de la constitution de 1967, on peut souligner notamment sur le *plan politique*:

— Le caractère strictement unitaire du pays (art. 1), voulu en vue de mettre fin aux particularismes locaux et de favoriser l'éclosion d'un sentiment national dans la population. C'est ainsi que les provinces, dont le nombre est réduit de 21 à 8, ne sont plus que de simples subdivisions administratives (art. 1);

— L'adoption du système du « Présidentialisme africain », le Chef de l'Etat, institution-clé du régime, étant à la fois chef de l'exécutif, chef d'un gouvernement responsable exclusivement devant lui et doté de certains pouvoirs législatifs (art. 20 à 34);

— Un Parlement monocaméral (art. 36), l'Assemblée nationale, doté d'un pouvoir législatif limité (art. 46), le pouvoir résiduaire étant attribué au Président;

— Une période transitoire de deux ans et demi (Titre IX) destinée à permettre au Président de mettre en place et de consolider les institutions avant la première élection du Parlement (qui eut lieu en décembre 1970).

La constitution intègre les *partis* dans la structure gouvernementale du pays mais elle en limitait le nombre à deux (art. 4), dont l'un existait: le Mouvement populaire de la révolution. Il a depuis lors été institutionnalisé, de sorte que l'on se trouve désormais en présence d'un régime à parti unique (9).

Parmi les *droits fondamentaux*, la constitution accorde à tous notamment la liberté de pensée et de religion, le droit à la vie, à l'intégrité physique et au libre développement de la personnalité. Elle réserve aux seuls Congolais l'égalité devant la loi, les

libertés d'expression, d'association et de résidence; elle garantit la protection de la famille et interdit tout acte de discrimination raciale, ethnique ou religieuse; elle prévoit enfin certains droits économiques et sociaux: enseignement, travail (assorti d'une obligation corrélative), action syndicale, grève (conformément aux lois) (art. 5 à 18).

Le principe de l'égalité devant la loi ne s'oppose pas à l'application des coutumes, mais pour autant qu'elles soient *conformes* aux lois et à l'ordre public de l'Etat (art. 57) (10).

Des *dispositions transitoires* assurent la continuité de la législation. De même que celles de 1960 et de 1964, la constitution de 1967 maintient expressément en vigueur jusqu'à leur abrogation les textes législatifs et réglementaires qui ne sont pas incompatibles avec ses dispositions. Il en est de même des traités internationaux conclus avant l'indépendance, mais pour autant qu'ils n'aient pas été modifiés par une loi nationale (11).

### *Relations internationales*

Comme la plupart des Etats nés de la décolonisation, le Congo a tenu à s'affirmer sur le plan international.

En témoignent notamment les nombreuses confirmations expresses d'engagements souscrits au nom du Congo avant l'indépendance ainsi que les multiples conventions passées avec des organismes internationaux et des pays étrangers, particulièrement dans le domaine de la coopération technique et en matières commerciale et sociale (12). L'art. VI des dispositions transitoires de la constitution l'a d'ailleurs expressément confirmé.

Sur le plan de la politique internationale, le Congo a adopté une attitude de non-alignement mais il a maintenu sa coopération avec la CEE en adhérant aux conventions conclues successivement à Yaoundé le 20-7-1963 et le 29-7-1969.

Il prend par ailleurs une part active aux efforts tentés en vue de la réalisation de l'unité africaine: cette action, proclamée dans le préambule de la Constitution, s'est concrétisée par l'adhésion à divers groupements africains et par des conventions particulières avec plusieurs pays voisins (13).

## II. DROIT CIVIL

L'Ordonnance du 14-5-1886 sur les *principes à suivre dans les décisions judiciaires* n'a pas été abrogée. Mais la notion de « Principes généraux du droit » qui avait été tant discutée a été précisée par le législateur: c'est du droit national qu'il s'agit (O.L. du 10-7-1968 sur l'Organisation judiciaire, art. 126) (14).

Le livre « Des Personnes » n'a guère subi de modifications importantes si ce n'est en ses articles relatifs à l'immatriculation et à la nationalité. A signaler toutefois une simplification apportée par un Décret du 16-1-1960 à la procédure du *divorce*: la possibilité de dispenser le demandeur résidant à l'étranger de la comparution personnelle.

Incompatible avec le principe de l'égalité devant la loi, la procédure de l'*immatriculation* est généralement considérée comme abrogée (15). Il en résulte que les Congolais disposent pour chacun de leurs actes juridiques d'une option entraînant nécessairement toutes ses conséquences logiques, mais limitées à l'acte envisagé.

Conformément à la pratique admise en 1960 (16), la Constitution de 1964 avait généreusement octroyé la *nationalité congolaise*, mais sur base exclusive du jus sanguinis (17).

Les D.L. des 13 mars et 18 septembre 1965 (18) ont confirmé la volonté du législateur de ne reconnaître la nationalité congolaise que moyennant des conditions particulièrement restrictives à ceux qui ne sont pas de souche congolaise. La *naturalisation* notamment nécessite, outre les conditions traditionnelles, certaines conditions d'aptitude physique et morale.

La déchéance, limitée à ceux qui ne sont pas Congolais de naissance, peut être prononcée par le Président de la République notamment dans certains cas d'agissements considérés comme antinationaux.

En matière d'*obligations* civiles et commerciales, de même qu'en procédure, les délais, prescriptions et péremptions ont été prorogés de 7 mois à titre transitoire, ce en vue de résoudre certaines situations nées des troubles qui ont suivi l'indépendance (19).

Dans le domaine des contrats, il y a lieu de signaler le Décret du 23 juin 1960 qui a introduit dans le code civil le *contrat de*

*société* (20). Les *ventes et prêts à tempérament* ont été réglementés par l'O.L. du 7 mars 1960 inspirée du droit belge (21). Pour le surplus, diverses mesures de circonstances inspirées par la pénurie des logements et le souci d'éviter la spéculation sur les prix et la monnaie, ont organisé le contrôle des ventes d'immeubles et des baux à loyer (22).

Les mesures mettant en cause la *responsabilité des pouvoirs publics* du chef de dommages causés à l'occasion de troubles ont été abrogées avec effet rétroactif. L'application de la responsabilité de droit commun n'est prévue par l'O.L. du 1<sup>er</sup> octobre 1969 que moyennant la preuve de conditions assez strictes (23).

### III. CODE DE COMMERCE

A la veille de l'indépendance, la législation sur les *sociétés commerciales* a été complétée, refondue peut-on dire, par un décret de dernière minute destiné à légaliser l'organisation de fait existant au Congo, de sociétés autres que par actions à responsabilité limitée (24).

Les sociétés privées à responsabilité limitée (le droit belge emploie l'expression « sociétés de personnes ») ne peuvent faire appel à la souscription publique. Mais, conformément à l'usage implanté au Congo, il ne leur est pas interdit de comprendre, parmi leurs associés, des personnes morales aussi bien que des personnes physiques.

Un D.L. du 19 septembre 1965 a réorganisé le mode de publication des actes de sociétés. Il n'a toutefois pas encore été mis en vigueur.

Dans le cadre des mesures tendant à assurer la décolonisation économique du pays, une O.L. du 7 juin 1966 a imposé aux sociétés dont le principal siège d'exploitation est situé au Congo d'y établir leur siège social et leur siège administratif (25).

C'est dans le même esprit que l'immatriculation au *registre de commerce* des étrangers et des sociétés — même congolaises mais dont le capital ou la direction est en majeure partie étrangère — a été subordonnée à d'importantes garanties financières (26).

L'assurance a été rendue obligatoire dans diverses branches (maritime, automobile, incendie, aéronefs, cycles à moteur) (27). Elle a été nationalisée et confiée à un organisme parastatal, la « Société nationale d'assurance » (SONAS).

Le *Code de la navigation maritime* (O.L. du 14 mars 1966), reprenant sous réserve de modifications de forme et de terminologie trois décrets du 27 juin 1960, est inspiré de la loi belge (28).

Tendant à favoriser l'expansion de la flotte congolaise tout en assurant les mesures transitoires nécessaires, il comporte trois parties consacrées respectivement au régime des navires, au statut civil et pénal des marins et à l'exploitation commerciale du navire.

Une lacune à signaler: il ne régleme pas l'assurance maritime.

Le *Code de la navigation fluviale et lacustre* (29) reprend ces mêmes rubriques, mais en les adaptant aux nécessités, propres au Congo, de ce moyen de communication qui y joue un rôle fort important. Il vise essentiellement les bâtiments de vingt tonnes au moins ainsi que les pirogues destinées à une exploitation lucrative. En ce qui concerne le personnel navigant les conditions d'aptitude ont été assouplies mais une plus grande sévérité a été adoptée notamment pour sanctionner l'ivresse à bord.

#### IV. CODE PÉNAL

Les modifications apportées au droit pénal congolais depuis l'indépendance se caractérisent essentiellement par un renforcement de la répression (30).

C'est ainsi notamment que l'O.L. du 3 mai 1968 a prévu la peine de mort en cas de meurtre (sans préméditation) ainsi que pour le détournement de deniers publics atteignant 10 000 Zaïres.

Mais c'est surtout dans les matières touchant à l'*ordre public et à la sûreté de l'Etat* que le législateur s'est montré actif: diverses législations, incorporées ou non au code pénal, répriment les

outrages envers les autorités congolaises et étrangères, envers l'emblème national, les atteintes à la sûreté intérieure ou extérieure de l'Etat; les propagandes subversives, les manifestations de racisme et de tribalisme.

## V. POLICE ET SURETÉ

Les mesures préventives ont également été renforcées.

L'O.L. du 2 août 1967 sur la *police des étrangers* a remplacé l'ancienne législation sur l'immigration. La « carte de résident permanent » a été supprimée, mais un régime plus favorable est prévu en faveur des étrangers qui justifient d'un séjour prolongé au Congo (31).

Le droit de perquisition, d'internement et de mise sous surveillance par mesure administrative, qui avait été supprimé avant l'indépendance, a été remis en vigueur par l'O.L. du 25 février 1961 (32).

## VI. ORGANISATION JUDICIAIRE ET PROCÉDURE

Parmi les innovations introduites par le nouveau code de l'Organisation et de la Compétence judiciaires (O.L. du 10 juillet 1968) (33), on peut relever notamment:

— L'organisation d'une *Cour suprême de justice*, à la fois Cour de Cassation et dotée de compétences en matière de conflits d'attribution et, en matière pénale, à l'égard de certaines personnalités (34);

— L'organisation d'une troisième Cour d'appel (à Kisan-gani);

— L'attribution à la Cour suprême et aux Cours d'appel d'une compétence administrative analogue à celle de la section d'administration du Conseil d'Etat;

— L'organisation de *Tribunaux de paix* destinés à remplacer progressivement les juridictions coutumières et les tribunaux de police;

— L'organisation de *Tribunaux du travail* présidés par un magistrat et composés sur une base paritaire (35).

L'organisation du *Ministère public* mérite une mention spéciale: l'exercice de l'action publique a été confié dans sa plénitude non aux procureurs généraux près la Cour d'appel mais au « Procureur Général de la République » près la Cour suprême de Justice (36).

La mission de tutelle conférée au M.P. par l'ancienne législation a été maintenue, mais, sans discrimination raciale, « au profit de toute personne lésée qui serait inapte à ester en justice, à assurer sa défense ou à y pourvoir (37).

Un « *Code provisoire de justice militaire* » (D.L. du 18 décembre 1964) régleme à la fois l'organisation judiciaire et la procédure pénale militaire et la répression des infractions pénales militaires qu'il prévoit.

Sauf lorsque les juridictions militaires (une Cour militaire et des Conseils de guerre) sont appelés à substituer leur action à celles des juridictions de droit commun, leurs décisions ne sont susceptibles ni d'opposition, ni d'appel (38).

Le *Barreau* organisé au siège de chaque Cour d'Appel, a été organisé par l'O.L. du 10 juillet 1968 conformément aux normes admises dans les pays occidentaux (39).

La profession d'avocat, réservée aux titulaires d'un diplôme de licencié ou docteur en droit, n'est accessible en principe qu'aux Congolais. A titre transitoire, des étrangers peuvent y être admis moyennant certaines conditions, dont notamment, la justification de la connaissance du droit congolais. Le stage est organisé.

A côté du barreau il est formé, au siège de chaque tribunal de première instance, un tableau du *Corps des défenseurs judiciaires* (40). Cette profession est accessible aux Congolais justifiant d'un minimum de connaissances juridiques et de certaines conditions de moralité. Ils ne peuvent plaider que devant les tribunaux de paix et les tribunaux de districts.

## VII. ORGANISATION ADMINISTRATIVE

Des ordonnances récentes détaillent l'organisation et le fonctionnement du *Gouvernement* (41), du « Bureau de la Présidence » (42) et la compétence respective des ministères (43).

L'organisation territoriale, politique et administrative des *provinces*, districts et territoires, telle qu'elle résulte des principes de la Constitution de 1967, s'inspire de très près de l'organisation de l'époque coloniale, mais avec une tendance à la centralisation beaucoup plus poussée (44).

L'organisation des « *Collectivités locales décentralisées* » est réservée au pouvoir législatif (45).

Un statut spécial est attribué à la *capitale*, Kinshasa, qui relève du gouvernement central (46).

Les autres *villes* sont rattachées aux provinces. Leurs autorités sont notamment un Premier bourgmestre, nommé, sur proposition du Parti par le Ministre de l'intérieur et un Conseil de ville dont les membres sont désignés suivant un système de représentation des intérêts. Elles sont divisées en « Communes », simples subdivisions administratives ayant à leur tête un Bourgmestre, agent de l'administration (47).

Les « *Collectivités locales* », qui ont remplacé les anciennes « Circonscriptions » sont, suivant le cas, des « Chefferies », des « Secteurs » ou des « Centres ». Leurs organes sont un « Chef », investi dans les chefferies, nommé dans les autres cas, assisté d'un Conseil composé de membres de droit (notamment les autorités traditionnelles) et de membres nommés. Le « Collège permanent », institué par l'ancienne législation, a été supprimé (48).

Bien entendu, de nouveaux statuts réglementent les diverses catégories d'*agents des Pouvoirs publics* (49). C'est au Pouvoir législatif que la Constitution de 1967 (comme celle de 1964) réserve l'élaboration de leurs règles fondamentales, le pouvoir exécutif étant habilité à prendre les règlements d'exécution intéressant spécialement certains cadres particuliers.

## VIII. LÉGISLATION SOCIALE

C'est sans doute en matière sociale que la législation a subi les bouleversements les plus importants. Dès que les circonstances

l'ont permis, le gouvernement s'est en effet attaché à remplacer les régimes discriminatoires existant avant l'indépendance, par des textes unifiés, applicables à tous.

Le D.L. du 1<sup>er</sup> février 1961 sur le louage de services fut successivement remplacé par celui du 21 février 1965 et enfin par l'actuel « *Code du travail* » du 9 août 1967, largement inspiré des normes du B.I.T. comme le sont d'ailleurs les Codes du Travail de la plupart des pays francophones d'Afrique (50).

Ce code couvre un domaine extrêmement étendu, intéressant à la fois le contrat d'apprentissage et le contrat de travail: indépendamment de la réglementation des relations individuelles et collectives du travail, il organise l'hygiène et la sécurité du travail et l'organisation professionnelle; il institue divers organes administratifs (Inspection du travail, service national de l'emploi, institut national de préparation professionnelle, etc.) chargés de la coordination et du contrôle de ces relations ainsi que de l'éducation ouvrière.

Diverses conventions collectives interprofessionnelles et professionnelles sont actuellement en vigueur.

La sécurité sociale est organisée sur base d'un D.L. du 29 juin 1961, modifié à diverses reprises par la suite (51). Son application est confiée à l'I.N.S.S. qui s'est attachée principalement à l'assurance des risques professionnels ainsi qu'aux pensions de retraite et de survie. Quant aux *allocations* familiales, elles sont directement à charge de l'employeur, la compensation ayant été provisoirement supprimée dans ce domaine.

A signaler encore qu'en vue de protéger la main-d'œuvre nationale, une ordonnance du 2 juillet 1970 organise la limitation, dans des proportions assez strictes, de l'engagement du personnel étranger.

## IX. RÉGLEMENTATION ÉCONOMIQUE

Telle qu'elle se traduit dans les textes, la *politique économique* du Congo vise essentiellement à décoloniser économiquement le pays, en vue de favoriser son développement harmonieux par la mise en valeur de ses richesses naturelles et son industrialisation grâce à l'apport de capitaux et de techniciens étrangers,

combiné avec la formation et l'africanisation progressive des cadres. Des sanctions sévères sont prévues en vue de prévenir et de réprimer les fraudes.

Un « *Plan national de développement économique et social* » est élaboré en vertu de l'O.L. du 18 mars 1966 (52). Outre les services du Haut commissaire au plan et à la reconstruction nationale, plusieurs organismes d'économie mixte collaborent à sa réalisation, notamment la Banque congolaise d'équipement et de développement industriel (O.L. du 15 mars 1966) (53) et la société de financement du développement (O.L. du 9 janvier 1970) (54).

Le régime fiscal n'a pas été l'objet d'une réforme de structure: il reste un ensemble de contributions cédulaires non chapeautées d'un impôt sur le revenu global. Il a cependant été complètement remanié dans la forme.

Déjà avant l'indépendance, l'impôt indigène avait été remplacé par une *contribution personnelle minimum* imposée aux contribuables non soumis à une autre taxe professionnelle (55). Son produit est actuellement versé aux collectivités locales.

L'ancien impôt sur les revenus a pris le nom de *contribution cédulaire sur les revenus* (56); un impôt spécial frappe les rémunérations du personnel expatrié (57); l'impôt dit « personnel » sur les quatre bases est devenu la « *contribution réelle* », une contribution foncière remplaçant les deux premières anciennes bases (58). Enfin, une contribution sur le *chiffre d'affaires* frappe les importations, les exportations et quelques services (59).

Le régime douanier n'a guère été l'objet de modifications fondamentales. Quant aux taxes de consommation, elles ont été réorganisées, étendues à d'autres produits (ciment, eaux minérales, sucre...) et coordonnées avec le régime des boissons alcooliques, sous l'appellation de *droits de consommation*.

En vue d'assainir la *situation monétaire*, une nouvelle monnaie, le Zaïre, a été instituée par l'O.L. du 23 juin 1967 (61).

Par ailleurs, plusieurs mesures législatives ont été prises en vue de lutter contre les spéculations monétaires. C'est notamment le cas de la législation sur le *contrôle des prix* (D.L. du 28 mars 1961) qui autorise, tant pour les produits importés que pour les produits de fabrication locale, la fixation, selon les circonstances économiques, de prix maxima et des marges bénéficiaires (62).

Le *commerce extérieur* est contrôlé par la Banque nationale qui jouit des pouvoirs les plus étendus pour régler tous transferts de biens et de devises avec l'étranger. Elle peut charger certains intermédiaires de l'exercice de ce contrôle, conformément à ses instructions qui sont publiées sous forme de « circulaires » (63).

Le *Code des investissements* (O.L. du 26 juin 1969 remplaçant le D.L. du 30 août 1965) tend à la fois à favoriser la création d'entreprises nouvelles et l'extension des entreprises existantes ainsi que leur modernisation. Il vise, dans ce but, tant à attirer les capitaux étrangers qu'à stimuler la mobilisation des ressources nationales (64).

A cet effet, il prévoit un *ensemble de mesures* — avantages fiscaux et garanties de change —, regroupées en deux régimes privilégiés: d'une part, un *régime général*, conféré par voie d'agrément aux entreprises dont la création, l'extension ou la modernisation est de nature à exercer une impulsion sur le développement de l'économie; d'autre part un *régime conventionnel*, réservé aux entreprises dont les projets d'investissements sont en outre jugés, en raison de leur dimension ou de leur effet d'entraînement, d'un intérêt majeur pour le développement du pays.

Des dispositions spéciales garantissent le transfert des revenus à l'étranger.

Un Fonds national de crédit agricole et artisanal tend, parallèlement, à favoriser les petites entreprises autochtones (O.L. du 2 mars 1967) (65).

Diverses mesures sont destinées à assurer la protection et le développement du patrimoine national:

C'est le cas de la *Loi minière nationale* du 11 mai 1967 qui coordonne les dispositions relatives aux mines, aux carrières et aux hydrocarbures (66). Elle précise que les mines appartiennent à la nation et constituent un domaine public particulier et tend à sauvegarder ce patrimoine par une réglementation plus stricte des permis et de l'étendue des concessions. Un certain nombre d'exploitations minières importantes ont d'ailleurs été reprises par des organismes de droit public, Régies, Offices ou Sociétés d'économie mixte (67).

Parmi les innovations introduites par la loi minière nationale, on peut citer notamment:

— La création d'un permis d'exploitation artisanale réservé aux congolais;

— L'association des ayants-droit coutumiers de la jouissance du sol aux revenus de l'exploitation du sous-sol;

— L'organisation de l'amodiation qui permet, moyennant certaines conditions, au titulaire d'un titre d'exploitation, de faire fructifier la mine par un tiers.

Enfin, par une O.L. du 7 juin 1966 dite « *Loi Bakajika* » (68) qui constitue une dérogation au code des investissements, l'Etat a repris la libre disposition de tous les droits fonciers, forestiers et miniers concédés ou cédés avant le 30 juin 1960, se réservant de procéder à une nouvelle répartition de ces droits.

Cette répartition s'effectue suivant une procédure purement administrative. Dans la pratique, les droits sont, soit restitués à leur ancien titulaire (ce qui sera souvent le cas si la mise en valeur est considérée comme satisfaisante), soit modifiés quant à leur étendue et à leur durée, soit encore refusés, auquel cas ils réintègrent le domaine privé de l'Etat. Les décisions sont sans recours.

\* \* \*

Quelques réflexions pour terminer cette présentation.

Un recueil de ce genre ne peut être qu'une œuvre collective et de bonne volonté: ce n'est pas sans une accumulation de recher-

ches parfois interminables et pénibles, dans des conditions d'inconfort que seuls peuvent imaginer ceux qui les ont vécues que l'on tente de remettre de l'ordre dans dix ans de chaos. Les chausse-trappes, voulues ou non, ne manquent pas. Mais quelle joie aussi de découvrir, parfois là où on s'y attend le moins, des concours précieux sans lesquels on a l'impression que jamais on n'aurait pu aboutir.

A part les personnalités citées dans l'introduction et indépendamment des fidèles collaborateurs qui, de la première page du manuscrit à la dernière des recherches n'ont pas ménagé leurs efforts, on n'ose citer de noms de crainte d'en oublier. Puis-je pourtant passer sous silence le patient et ingrat travail de MM. VERWILGHEN, assistant à l'Université de Louvain et MUNGANGA, assistant à l'Université de Kinshasa, qui ont contribué au dépouillement des publications officielles, celui de mes collègues de Kinshasa qui ont passé des heures, chacun dans leur domaine, à contrôler les références, celui des agents du *Moniteur congolais* et du bureau des ordonnances de la Présidence de la République qui ont consacré leur temps à découvrir à mon intention des textes « introuvables », celui aussi de tous les fonctionnaires congolais auxquels je n'ai jamais fait appel en vain, celui enfin de tous ceux et celles qui, au cours de longs mois, ont inlassablement assuré les tâches obscures mais combien importantes du secrétariat et du collationnement sans lesquelles cet ouvrage n'aurait pu voir le jour. Tous ont eu leur part dans la réalisation de ce travail; à tous aussi merci.

Mais la « machine à légiférer » ne cesse de fonctionner. Et si, à l'heure actuelle, on s'en rend peut être moins compte au Congo qu'ailleurs, c'est uniquement parce que le recueil destiné à assurer la publication des textes législatifs n'est publié que d'une manière extrêmement irrégulière. C'est ainsi que, au 1<sup>er</sup> mai 1971, les collections du *Moniteur congolais* de 1968 et 1970 n'étaient pas encore entièrement publiées et qu'aucun numéro de 1971 n'était sorti de presse.

Bien que la pratique ait fait entrer en vigueur la plupart des textes non publiés, la question de leur validité risque d'être soulevée par le pouvoir judiciaire sur la base de l'art. 51 de la Constitution.

S'il fallait enfin tirer une conclusion de ce panorama de dix ans de législation congolaise, se serait en faveur de la prudence du législateur.

Certes, dans les domaines politique, judiciaire, administratif, social, économique, de nombreuses adaptations se sont imposées pour répondre aux circonstances. Pour le surplus, le législateur congolais s'est solidement accroché aux institutions et aux cadres qui avaient été réalisés pour lui jusqu'en 1960, évitant ainsi toute brusque rupture avec le passé et toute expérience hasardeuse pour l'avenir.

14 juin 1971.

#### NOTES

(1) Cette regrettable omission a heureusement pu être réparée à l'occasion de la publication du supplément: le tome IV, consacré aux tables comporte, outre les tables détaillées du supplément proprement dit, une table chronologique complète et une table alphabétique de toutes les dispositions d'intérêt général reproduites ou citées dans l'ouvrage de base.

(2) Voir Remi BELLON et Pierre DELFOSSE: Codes et Lois du Burundi (Bruxelles, Larcier; Bujumbura, Ministère de la Justice, 1970).

(3) Léon LOBITSH, actuellement Procureur général de la République, à l'initiative duquel le Président MOBUTU nous confia la direction du travail de préparation des codes congolais (15-3-1968).

(4) L'Office national de la Recherche et du Développement fut créé par l'O.L. du 10 août 1967 sous la présidence de M. Joseph ILEO. Le travail de préparation des codes congolais a été intégré (13-9-1968) dans le programme de la section des recherches sociales et juridiques de l'O.N.R.D., dont le délégué général est M. Marcel LIHAU, Premier Président de la Cour Suprême.

Une commission d'élaboration des nouveaux codes congolais, envisagée le 25-5-1969 en vue de décider de la conception du travail, fut constituée le 24 décembre 1969.

Indépendamment de l'auteur, elle était composée de MM.: M. LIHAU, Premier Président de la Cour suprême; L. LOBITSH, Procureur général de la République; N. BAYONNE, Conseiller à la Cour suprême de justice; COLLINET, Conseiller juridique à la présidence de la République; PIERARD, Professeur de droit à l'université officielle du Congo; NEVEN, bibliothécaire en chef de l'université de Lovanium; Ph. PIRON, avocat près la Cour d'appel de Kinshasa; KALALA-ILUNGA, Conseiller à la Cour suprême de justice; L. KABUITA, Conseiller juridique à la Présidence de la République.

Elle s'est réunie le 21 février 1970 et a approuvé les mesures prises en vue de la présentation du supplément ainsi que le principe de la publication d'une édition ultérieure.

(5) Tome I, p. 13.

(6) Tome I, p. 14.

(7) Tome I, p. 15.

(8) Tome I, p. 1.

(9) La loi n° 70/001 du 23 décembre 1970 (première loi votée par la nouvelle Assemblée nationale) a révisé la Constitution en vue de proclamer le Mouvement Populaire de la Révolution comme seul parti politique et « l'institution suprême de la République », à laquelle toutes les autres institutions sont subordonnées.

(10) L. LOBITSH. - Le passé, le présent et l'avenir de la coutume congolaise dans l'intégration des droits. (Mercuriale du 10 octobre 1970).

(11) Voir: loi fondamentale du 19 mai 1960, art. 2; Constitution du 1er août 1964, art. 179; Constitution du 23 juin 1967, titre IX, art. I et III.

(12) Tome I, pp. 17 et 20.

(13) Tome I, p. 19.

(14) Tome II, p. 8.

(15) L. LOBITSH, *op. cit.*, p. 22.

(16) Pour remédier à l'insuffisance des cadres autochtones qualifiés, tout en écartant les natifs du Congo de souche européenne, il avait été fait appel aux mulâtres même résidant à l'étranger.

(17) Tome I, p. 38: « descendants d'une tribu ou partie de tribu établie sur le territoire du Congo avant le 18 octobre 1908. »

(18) Tome I, p. 35.

(19) D.L. du 1-12-1960, Tome I, p. 25.

(20) Tome I, p. 26.

(21) Tome III, p. 115.

(22) Tome I, p. 25.

(23) Tome I, p. 102. — Cette disposition porte notamment que les décisions judiciaires prises avant son entrée en vigueur et condamnant l'Etat à réparer des dommages ne seront pas exécutées.

(24) D. du 23-6-1960, tome I, p. 50.

(25) Tome I, p. 59.

(26) O. L. du 21 avril 1966, tome I, p. 44.

(27) O. L. du 23 novembre 1966, tome III, p. 101.

(28) Tome III, p. 246.

(29) O. L. n° 96 du 14 mars 1966, tome III, p. 300.

(30) Tome I, p. 61.

(31) Tome I, p. 71.

(32) Tome I, p. 103.

(33) Tome II, p. 1. — A noter que ces tribunaux ne fonctionnent pas encore.

(34) Voir O. L. du 8 janvier 1969, tome II, p. 23.

(35) Voir O. L. du 29 mars 1968, tome II, p. 56.

(36) O. L. du 25 février 1970.

(37) Art. 8 et 114.

(38) Tome II, p. 35.

(39) Tome II, p. 19.

(40) Art. 29 à 44.

(41) Ord. du 1er août 1969, tome II, p. 61.

(42) Ord. du 8 mai 1969, tome II, p. 63.

(43) Ord. du 1er août 1969, tome II, p. 65.

(44) O.L. du 10 avril 1967, tome II, p. 66.

(45) Const., art. 65.

(46) O.L. n° 24 du 20 janvier 1968, tome II, p. 73.

(47) O.L. n° 25 du 20 janvier 1968, tome II, p. 78.

(48) O.L. du 12 mars 1969, tome II, p. 85.

(49) D.L. du 20 mars 1965, tome II, p. 231.

(50) Tome III, p. 1.

(51) Tome III, p. 55.

(52) Tome II, p. 97.

(53) Tome III, p. 103.

(54) Tome II, p. 98.

(55) D. du 20 janvier 1960, tome III, p. 187. — Le produit en est actuellement versé aux collectivités locales.

- (56) Ord. n° 9 du 10 février 1969, tome III, p. 173.
- (57) O.L. n° 7 du 10 février 1969, tome III, p. 190.
- (58) O.L. n° 6 du 10 février 1969, tome III, p. 190.
- (59) O.L. n° 58 du 5 décembre 1969, tome III, p. 199. Les services visés sont notamment les opérations de banque, la location de chambres d'hôtels, les opérations de courtage et de commissions, etc...
- (60) O.L. du 6 janvier 1968, tome III, p. 145.
- (61) Tome II, p. 122.
- (62) Tome III, p. 354.
- (63) Tome III, p. 109.
- (64) Tome III, p. 204.
- (65) Tome III, p. 128.
- (66) Tome III, p. 218.
- (67) Voir les textes repris tome III, p. 245.
- (68) Tome III, p. 369.

## G. Hulstaert. — Proverbes juridiques des Mongo

### SAMENVATTING

In de woordkunst van de Afrikaanse volken spelen de „formules” met mnemotechnische eigenschappen (spreekwoorden, raadsels, spreuken, enz.) een grote rol. Daar er niet geschreven wordt, dienen immers een groot aantal zaken in een korte en gemakkelijke vorm onthouden te worden.

In de woordkunst van een Afrikaanse gemeenschap komen spreekwoorden in groten getale voor.

GADEN publiceerde er 1 282 van de Fulani, DOKE 1 615 van de Lamba, HULSTAERT 2 500 van de Mongo en RODEGEM 4 000 van de Rundi.

Bij de Afrikaanse volken worden spreekwoorden bij de rechtspleging gebruikt. Er is bij de Mongo zelfs een spreekwoord dat zegt: Men beslecht geen geding zonder spreekwoord.

In deze studie over de rechtskundige spreekwoorden bij de Mongo worden door P. G. HULSTAERT voorbeelden gegeven die o.m. betrekking hebben op: het recht, de procedure, de schuld, de verantwoordelijkheid, de eigendom, het huwelijk.

### RESUME

Dans les littératures orales des populations africaines les « formules » à caractère mnémotechnique (proverbes, devinettes, etc.) jouent un rôle important.

Les proverbes sont difficiles à comprendre et exigent non seulement une connaissance approfondie de la langue, mais également de la culture de la population.

Des collections importantes de proverbes ont déjà été publiées: GADEN publia 1 282 proverbes des Fulani, DOKE 1 615 des

Lamba, HULSTAERT 2 500 des Mongo, RODEGEM 4 000 des Rundi.

Un grand nombre de proverbes sont utilisés en droit coutumier. Chez les Mongo un proverbe dit: On ne peut juger une affaire sans proverbes.

Dans cette étude au sujet des proverbes juridiques chez les Mongo, le P. G. HULSTAERT donne entre autres des exemples concernant: le droit, la procédure, la culpabilité, la responsabilité, la propriété, le mariage.

\* \* \*

On pense parfois que les peuples claniques ou à organisation segmentaire ignorent des maximes exprimant le droit. De savants ethnographes ont même écrit que dans telle peuplade déterminée n'existe rien qui ressemble à un principe ou à une formule juridique. Ainsi le P.L. DE SOUSBERGHE dans Zaïre, avril 1955 p. 339 ss. Toutefois il cite plusieurs « proverbes », « maximes » qui paraissent bien être des énonciations de principes juridiques et que de bons juristes ont comprises comme telles.

Que la façon de formuler les règles de droit n'est pas cartésienne, abstraite, à la façon de l'Europe des légistes, n'infirmes point leur caractère juridique. Le Congolais aime à exprimer sa pensée dans le mode poétique et allégorique. Est-ce que l'énonciation au moyen de phrases strictement rationnelles et abstraites est la seule valable? Est-elle seule suffisante et rigoureuse? Peut-être pour un esprit cartésien. Mais pour les esprits infiniment plus nombreux, pour l'immense majorité de l'humanité? Jésus Christ se servait de procédés stylistiques similaires pour apprendre aux hommes de Palestine les plus hautes vérités et leur enseigner les principes de la morale la plus sublime.

Des règles de droit coulées dans une forme de parabole ou d'allégorie n'en sont pas moins des règles de droit qu'on invoque pour motiver une sentence. La forme est une chose, le fond est autre chose. Se baser sur la forme pour récuser le fond ne me semble pas justifié. Il faut seulement s'assurer du sens véritable et de l'application précise de chacun de ces adages.

Quoi qu'il en soit ailleurs, les Mongo ne connaissent pas seulement des principes de droit, mais certaines règles sont exprimées couramment sous forme de proverbes ou d'adages. Ceux qui sont cités ici ne couvrent pas la totalité des règles et des principes, mais leur existence, fût-ce dans un nombre restreint d'applications, ne permet pas de conclure à l'absence de règles de droit clairement formulées.

Les proverbes juridiques ont la forme de tout proverbe, c'est-à-dire ils sont de nature poétique ou plutôt: artistique. Cette nature consiste soit en un jeu rythmique, soit en une allégorie, soit en une formulation concise non employée dans le langage usuel. C'est l'application qui en est faite, l'interprétation qui lui est donnée, qui en fait un axiome juridique; au lieu d'un adage exprimant la sagesse en général, ou une règle de conduite morale ou sociale en particulier.

Pour cela il ne suffit pas d'entendre le proverbe. Il faut se référer à l'explication qu'en donnent les autochtones; en premier lieu les juristes, mais aussi les justiciables, car beaucoup de ces adages sont assez généralement connus par les personnes d'un certain âge et d'une culture traditionnelle moyenne.

Quelques brocards n'ont pas la forme allégorique. Mais leur énonciation dans un moule rythmique est fixée invariablement. Ce qui leur donne malgré tout l'allure de véritables adages, surtout aux yeux de l'Européen, tandis que l'autochtone ne les considère pas comme des proverbes au sens strict. De toute façon, ces adages sont manifestement des formules stéréotypées pour exprimer des règles juridiques.

Que l'un ou l'autre de ces brocards peut aussi être appliqué à une situation ordinaire, en dehors du droit ou de la justice proprement dits, ne peut suffire à lui dénier le caractère d'axiome juridique.

Les exemples qui suivent sont classés idéologiquement, selon la nature de la règle qu'ils énoncent. Certains ont trait à l'administration de la justice ou à la procédure, d'autres expriment des principes de droit proprement dits: droits des choses, institutions, relations entre les personnes, etc.

Avec les exemples qui se trouvent déjà dans les *Proverbes mongo* (Tervuren, 1958) le numéro d'ordre de ce recueil est ajouté.

I. NATURE DU DROIT

1. *Lokolé áfótéfélé l'ónéne* (1 519): le tam-tam ne parle pas par sa grosseur. Ce n'est pas à cause de son volume qu'il communique des messages, mais par sa nature même de tam-tam.

L'application de l'allégorie est: les droits ne proviennent pas de l'âge, mais de la naissance, de la place hiérarchique qu'on occupe dans la société. Ainsi un jeune peut avoir l'autorité sur des personnes ou des droits sur les biens, avant de plus âgés. C'est d'ailleurs par ou pour lui que l'axiome est cité.

C'est ce qui est explicité pleinement par les paroles qu'on ajoute parfois librement: *lɔfɔsɔ áfólilé te nɔpule nkína ntefele*: une affaire n'attend pas que je grandisse pour que je puisse la traiter. Dès maintenant c'est mon droit et je tiens à l'exercer.

Une variante de l'explication est: *ikókolé l'eléngé yókit'enan-ga*: un petit tam-tam même médiocre atteint les autres tribus. C'est-à-dire: mon droit ne tient pas à mon âge. Tout jeune que je suis, mon droit doit être respecté, tout comme un petit tam-tam s'entend au loin.

2. *kólókóló ntátómbéláká kalakala* (1 352): jadis ne le cède jamais à autrefois. Le verbe peut être aussi: *ntóféláká*: n'oublie jamais.

Ce brocard affirme l'absence de prescription dans le droit *mɔngɔ*. D'autres adages énonçant le même principe sont: 827, 1 155 1 267, 2 424, 2 447. Ils signifient proprement qu'une affaire qui n'a pas encore été jugée ne peut être considérée comme terminée; on peut toujours la porter devant un tribunal.

Aussi les *Mɔngɔ* ne comprennent pas la prescription du droit écrit et continuent sans désespérer à revendiquer des droits, surtout fonciers, là où la loi écrite fait intervenir la prescription. Une affaire ne meurt jamais aussi longtemps qu'elle n'a pas été définitivement close.

Ces axiomes sont aussi appliqués dans la vie de tous les jours pour signifier qu'une affaire (palabre, différend, etc.) ne doit pas être considérée comme terminée, parce que le lésé s'abstient de poursuivre temporairement, aussi longtemps qu'elle n'a pas été liquidée en due forme elle demeure. L'emploi en dehors du droit est accessoire; la signification juridique est primordiale.

La même règle est encore exprimée par le losáko donné dans LOSAKO, la salutation solennelle des Nkundo (ARSOM Bruxelles, 1958) n° II, 48. De même par le proverbe: *ǰfɔndaka ndé losusulu, nteji ntáfɔndáká*: c'est la couche de radicelles spongieuses qui pourrit, mais l'aiguille (qu'on y a cachée) ne pourrit jamais.

3. *éki bekungú tǎmbúná besénga báfaómbúna* (776): comme les *Piptadenia* ne m'ont pas brisé, les *Pycnanthus* ne me briseront point.

L'explication citée dans le recueil est secondaire. Ce brocard est primordialement juridique: le fait que je suis établi ici prouve mon droit. Sinon j'aurais été évincé ou chassé par les ancêtres. Puisque eux ont admis ma position, je suis dans mon droit et ce n'est pas leurs descendants — considérés de nature comme plus faibles — qui pourront me le ravir.

On pourrait penser ici au brocard français: Possession vaut titre.

## II. DROITS INDIVIDUELS

4. *Tosangí nyangó, byomba bont'onto* (2 512): nous sommes nés d'une même mère (mais) nos biens sont individuels.

Les liens les plus intimes dans la parenté ne peuvent annuler les droits strictement personnels de chaque membre. Cette règle s'étend jusqu'aux frères utérins qui, dans la descendance d'un même père, ont en commun certains droits qui les séparent des enfants d'autres épouses (cf. Proverbes 2 498 et n° 5 plus loin).

Cet axiome protège les droits individuels contre les empiètements qui pourraient provenir d'une tendance à invoquer d'une manière excessive la solidarité familiale. Les deux bras de la balance doivent demeurer en équilibre, car les deux sphères de droits coexistent (mais ce n'est pas ici le lieu de les délimiter).

5. *tófóyatándólé, tóyasangela ndé baanyang'áina* (2 498): nous ne nous désavouons pas, nous nous disons seulement les noms de nos mères.

La solidarité dans la parentèle n'abolit pas les droits individuels. Il s'agit de distinguer ce qui doit être distingué, unir ce qui

doit être uni. Ce n'est pas un signe de désaveu ou de mauvaise grâce. Dans ce sens le proverbe est aussi cité dans la vie de chaque jour.

6. *tosangí nyangó, elongi bont'onto*: nous sommes apparentés de mère, ayant la même mère, cependant nous avons chacun notre visage.

Application: même les enfants d'une même mère, donc unis plus intimement que frères seulement de père, ont chacun leur position déterminée dans la famille et donc leur droits personnels et inaliénables.

### III. PROCÈS

7. *baúta bitéy'óna* (225): l'huile que répand ton enfant. On n'a qu'à constater et supporter la chose, car on ne peut faire de procès à son propre enfant.

Cet axiome signifie qu'entre parents il ne peut y avoir de procès sur les biens, puisqu'ils peuvent en jouir tous, soit solidairement soit à tour de rôle.

Ce qui n'empêche pas les droits individuels, comme le proclament les proverbes précités. Il s'agit seulement de bien interpréter pour discerner à quels cas s'appliquent les uns et les autres; ce qui n'est pas toujours facile pour un étranger, surtout européen. Et pour les contestations entre parents au sujet de ces droits individuels, un procès n'est jamais possible; le « père » ou patriarche de la famille ou lignage tranche souverainement.

8. *ifaká yòsúwa ndá ntando* (1 045): le couteau est tombé dans la rivière. Comme le précédent, mais appliqué aussi aux pertes irréparables en général.

9. *mbwá éa fafá áslá nyam'éa fafá* (1 703): le chien de papa a mangé la viande de papa. Aucune poursuite n'est possible: on ne peut mettre son propre chien en justice, de même un parent.

10. *ntaa éy'ombeké áslá bayés b'ombeké* (2 014): la chèvre de Bomboké a mangé les têtards de Bomboké. Même sens que le précédent.

11. *yǎndá yǒbúnga ndá ngond'èa nkóló* (2 645): la hache s'est perdue dans la forêt de son propriétaire. Encore le même sens que les précédents, de même que ses variantes citées *o.c.* 2 646 et 2 660.

Entre tous ces adages il n'y a d'autre différence que celle que comporte le sens obvie des mots: une insistance plus ou moins grande sur l'impossibilité de procès onéreux selon les degrés de parenté.

12. *bokiló ntáwáká ndá ngond'èy'okanga* (319): l'allié ne peut mourir dans la forêt de son allié.

Cet axiome est appliqué aux procès entre parents par alliance. En dehors des obligations découlant de part et d'autre du contrat matrimonial, il ne peut être question d'affaires de justice entre alliés.

Qu'il s'agit d'une règle juridique est encore prouvé par l'*hostilité de fait* qui peut régner entre eux. Cf. Proverbes 313, 317, 321. Ce n'est donc pas un proverbe de sagesse populaire.

13. *ólóngi ní'elónga tolóngóólé* (2 279): tu as bien eu gain de cause, mais n'exagère pas ta victoire.

Le juge cite le brocard au gagnant, pour qu'il n'abuse pas de son triomphe en humiliant son adversaire ou en exigeant une indemnité excessive. Sinon il se met lui-même dans l'injustice et sera l'objet d'une condamnation.

A celui qui agirait contrairement à cet adage, on adresse le reproche *Elónga ékí mbónjú* (834): la victoire du Randia. Cet arbrisseau en dansant de joie pour sa victoire demeura tordu pour de bon. Ou encore on dit: *Elónga mbálaka*: la victoire (deviendra) indemnité (à payer pour excès après le triomphe) (836).

14. *mpótá éfǒngé mbútúté* (1775): une blessure ne peut être faite en coupant en arrière. En effet, on coupe par devant soi. Ensuite il ne faut pas y ajouter d'autres blessures en portant le couteau par dessus l'épaule; ce qui ne va pas d'ailleurs.

Application: après avoir battu ton adversaire devant les juges, n'exagère pas ton triomphe en y ajoutant des insultes, etc. Car tu seras condamné par un nouveau procès que te fera le tribunal. En

effet, le but ultime de toute la procédure est la réconciliation et la paix; dès que l'affaire est tranchée toute manifestation de haine doit cesser.

15. *embengá nd'ókóma* (842): le pigeon au piège. On peut compléter: *wě ntawókómá, bokóma bókě bókela bakitányá*: tu ne l'as pas étranglé, ton étranglement arrive trop tard.

Cité pour dire que le *délai* est passé. Ou pour toute affaire qu'on présente aux juges quand les circonstances dans lesquelles on aurait dû agir sont passées.

Ce n'est pas une règle au sens strict, bien que les juges répondent ainsi au plaignant. Mais le texte prouve l'existence d'une règle de délais.

16. *likambo otswaka nkóna nd'étóo* (1 402): la palabre entre dans l'habit de l'arbitre.

Cet adage consacre le droit de celui qui s'estime condamné injustement d'attaquer le juge en l'injuriant, p.ex. ce qui constitue une forme d'*appel*, parce que la querelle qui s'en suit conduit à un nouveau procès contre le juge qui a mal jugé.

17. *jwǎngá áfótúngámé totúngama tófé* (1 327): un prisonnier n'est pas capturé deux fois.

Les diverses applications sont de nature juridique: on ne peut *revenir* sur une affaire tranchée; on ne peut être pénalisé deux fois pour la même infraction.

#### IV. CULPABILITE

18. *otswá mbóngó l'ondâmba* (2 388): celui qui lance une pointe et celui qui répond. On ajoute parfois l'explicitation bien connue de tous: *ólóngí* (ou *ólóngaka*) *ńk'ondâmba*: c'est celui qui répond qui a gain de cause.

Comme le note déjà le recueil des proverbes, ceci est un axiome proprement juridique. Celui qui commence une querelle, une affaire quelconque, est reconnu (coupable et) responsable des conséquences.

L'application rigoureuse et sans nuances conduit parfois à de véritables injustices (*summum jus summa injuria...*). Mais celles-ci sont généralement la conséquence d'un formalisme rigide, malheureusement pas rare du tout dans les tribunaux indigènes. Souvent on ne tient pas même compte du fait que : p.ex. celui qui commence une affaire est dans son droit le plus strict. Ainsi (cas vécu) : je suis volé et porte plainte contre le voleur. Appréhendé celui-ci est condamné, battu, emprisonné, etc. Je suis attaqué par la famille, car je suis la cause de l'emprisonnement, des mauvais traitements par la police, et (cas aussi historique) de la mort accidentelle du prisonnier — il ne serait pas mort sans ma plainte pour vol. Cf. ci-après n° 20.

Le Proverbe 186 est une sorte de synonyme. La formulation est moins directe, mais encore ses termes sont suffisamment clairs.

## V. RESPONSABILITE

19. *mbél'iná ngond'otséte, lilaká liná ngond'otátsíke* (1 625) : on ne lance pas d'appel en forêt lorsqu'on n'a pas donné de rendez-vous en forêt.

Ce brocard attribue la *responsabilité* pour un égaré en forêt, uniquement au cas où les deux compagnons se sont concertés sur l'expédition. S'il n'y a pas eu d'accord préalable, on sera blâmé si on n'a pas essayé de ramener l'égaré, mais on ne peut être rendu civilement responsable de la mort de l'égaré ou de ses blessures.

20. *lákíngólókésó ntéá lókendó* (1 588) : la plante Boerhaavia ne savait pas marcher. On complète parfois : *ijwél'étó'òndòlambóli* : c'est un haillon d'étoffe qui l'a répandue.

Les fruits de cette plante se répandent uniquement en collant aux habits ou à la peau. Sinon elles resteraient sur place.

D'où l'application dans le droit : le mandant est responsable des actes du mandataire. Ce qui arrive en service commandé est imputable à l'employeur.

Tout comme le n° 18, ce proverbe purement juridique est parfois étendu indument. Le formalisme de beaucoup de juges *mngó* fait que, souvent, ils imputent au mandant même la res-

ponsabilité des actes qu'il n'a pas commandés; voire qui sont manifestement contraires à sa volonté bien connue.

Comme une sorte de synonyme, les juges appliquent parfois aussi le n° 197, d'une nature cependant plus générale.

## VI. OBLIGATION

21. *lemból'ònséngé, nyongo nd'ékè môngó* (1 371): délie ta ceinture, c'est en effet ta propre obligation.

On doit toujours s'acquitter d'une obligation, même si pour cela on doit se mettre dans le besoin ou s'exposer à la honte; ce qui est figuré ici par l'absence de ceinture, de sorte que l'étoffe-culotte tombe par terre. Le devoir prime.

22. *nyong'èa njku, witsi ô njku* (2 140): la dette de l'éléphant, le payeur aussi l'éléphant. Comme la dette incombe à l'éléphant, c'est à lui de s'exécuter. Cf. *l.c.* une légère variante.

Comme le dit le recueil, cette sentence du droit s'applique à deux cas:

a) L'obligation doit être exécutée personnellement; c'est donc le créancier (ou un membre de sa parentèle qui a sur lui le pouvoir familial) qui doit assumer ce devoir. Personne d'autre ne peut le faire en son nom.

b) La dette doit être payée à égalité absolue, tant quantitativement que qualitativement.

Mais on ne peut exiger le remboursement *des objets mêmes prêtés* ou versés comme dot. Il suffit que le nombre et la qualité générale y soient. Ce qui est énoncé par le proverbe 1 353: *kong'ǎfa l'elongi*: un anneau de cuivre n'a pas de visage (auquel on puisse reconnaître son individualité, comme les hommes).

## VII. PROPRIÉTÉ

23. *linkò lifolomwa lile l'omóngó* (1 439): la banane qui dégringole a un propriétaire.

Normalement le régime est coupé avant la maturité complète. Si pour une cause quelconque un régime mûrit sur le bananier, de manière que les bananes tombent à terre une à une, on n'en peut déduire qu'il s'agit d'un objet délaissé, d'une *res nullius*. Quelqu'un l'a planté et en est le propriétaire.

De même un terrain momentanément inoccupé ne retourne pas pour autant au domaine familial indivis. Ceci s'applique spécialement aux jachères, sur lesquelles celui qui a abattu la forêt continue d'avoir des droits exclusifs et personnels, aussi longtemps que demeure son « animus domini », dans les délais raisonnables de renouveau forestier.

24. *isé ntákstá ngonda, bína ntáléká mpumbá* (1 229): si le père n'a pas abattu la forêt, le fils ne mange point la jachère. Le fils ne peut revendiquer une jachère que si elle est le produit de l'activité personnelle de son père. Et corollairement: si le père a abattu la forêt, le fils hérite de la jachère, du champ, etc. Le fruit du travail personnel est hérité de droit par le fils: l'héritage passe en ligne directe et non en ligne collatérale, comme pour les pouvoirs sur le domaine familial ou pour l'autorité dans le lignage. Le frère n'hérite de son frère aîné, que dans le cas rarissime d'absence d'un héritier direct.

Des variantes de cet axiome sont: *isé ntákstá ngonda, bína áfaáksta bembámbó*: si le père n'a pas abattu la forêt, le fils ne coupera pas les parasoliers (qui poussent dans le recrû). Et *isé ntákombá lokombo, bína ntááták'ólóló* (1 228): si le père n'a pas établi de clôture de chasse le fils ne possède point de laie (sur laquelle la clôture était établie), cf. *Aequatoria* XXV. p. 13.

25. *yá wáli y'òme, y'ónjemba y'ís'á nyangó* (2 636): ce qu'a l'épouse appartient au mari, ce qu'a le célibataire appartient à ses parents.

L'activité de la femme mariée doit être dirigée vers la prospérité de son mari et sa parentèle. Au contraire ce qu'un homme ou une femme célibataire gagne est au profit de ses parents.

Pour la première moitié du dicton, cf. notre Mariage des Nkundo (Bruxelles 1938) p. 262.

VIII. MARIAGE

26. *mbímbo ile nd'âns'ôímbo íf'â nkóló* (1 639): les fruits qui se trouvent sous le *Treculia* n'ont point de maître.

Interprétation: une fille qui n'a pas encore fait l'objet d'un versement dotal est encore libre d'être épousée par n'importe qui, tout comme un fruit trouvé en forêt sous un arbre peut être ramassé par le premier venu. Mais au contraire, dès qu'un versement dotal, même initial, a été fait, elle n'est plus disponible et son fiancé a sur elle certains droits, cf. notre Mariage des Nkundo (Bruxelles 1938) p. 118.

27. *yándá ng'óokafa tolángóják'ônkómá* (2 643): si tu as donné ta hache, n'écoute plus son bruit. Variante n° 2 321.

Outre l'application très générale (donner et retenir ne vaut), il y a l'application juridique qui semble primordiale: on ne peut intervenir dans le ménage de sa fille, sa parente mariée.

28. *ótsw'â nyangó ótswá l'óna* (2 386): celui qui va avec la mère va aussi avec l'enfant.

Encore un adage que l'absence de parabole rend clair par lui-même. Celui qui épouse une femme doit prendre la charge de son enfant en bas âge, quitte à toucher plus tard des indemnités de la part de la famille paternelle de l'enfant, à titre de frais de garde d'enfant (cf. B.J.I.D.C.C. IX 1941, p. 29).

29. *ósangol'ekóta, ósangol'efɔɔ* (2 350) si tu hérites une vieille, tu hérites aussi l'affaire.

C'est-à-dire: celui qui épouse une veuve, assume en même temps les obligations qui découlent de cette situation: droits à verser à la parentèle du premier mari, devoirs envers la famille de l'épouse, etc. L'héritage d'une veuve est indivisible.

L'application est plus large, générale, s'étendant à toute sorte d'héritage: c'est alors l'équivalent de l'adage latin: *res transit cum suo onere*.

Les applications données dans le recueil *Proverbes* sont impropres et accessoires. L'adage est principalement juridique.

Une variante aussi employée est: *ósangol'etuk'ósangol'akambo*: si tu hérites une veuve tu hérites les procès.

30. *njéngi la njéngi ntäkímánáká* (1 826): verseur de dot et verseur de dot ne peuvent se poursuivre.

Ce brocard est clair par ses propres termes. Deux maris successifs ne peuvent se poursuivre l'un l'autre pour exiger le remboursement des dots. La dot est affaire exclusivement entre la famille de la femme et le mari ou son remplaçant — c'est pourquoi le terme général de *njéngi* est employé. Le premier mari doit réclamer le remboursement à la parentèle de la femme.

Il faut donc condamner les tractations directes entre maris successifs qui se sont développées grâce à l'action de l'administration et de la justice coloniales, ignorantes du droit coutumier, et de certains polygames intéressés, influents auprès de l'administration ou juges des tribunaux soi-disants coutumiers.

31. *esesú éa yúka áwá ô nd'ókongɔ wá nkóló* (1 020): une hotte usée meurt sur le dos du maître. Variante: *enganyú éa yúka...* une hotte évasée...

Une épouse, même vieille, demeure à charge de son mari. Même veuve, elle ne peut être laissée à l'abandon ou renvoyée dans sa famille à elle, qui, d'autre part, ne peut réclamer son retour prétextant son grand âge.

Des applications à d'autres situations sont parfois faites, ainsi celle qui est citée dans les Proverbes. Ou celle-ci: les défauts et les fautes des enfants incombent aux parents. Cependant ces applications ne sont qu'accessoires.

32. *òtsw'á Nkóká òkund'Oyamba*: c'est celui qui va avec Nkoka qui enterre Boyamba.

Adage signifiant que le mari de la fille doit contribuer aux frais d'enterrement de sa belle-mère, notamment par le moyen de certains payements funéraires.

## IX. LA PROCÉDURE

### A. *L'attitude des juges*

33. *nkónɡa ntásámbołáká likambo*: l'arbitre (juge) ne peut étendre le procès.

Les paroles indiquent clairement le sens. Le juge doit se tenir rigoureusement à l'affaire qui lui est soumise et aux dépositions faites. Même s'il connaît d'autres affaires qu'ont les parties, fussent-elles plus ou moins liées à l'affaire en cours, il lui est interdit de s'y référer. Seules les parties peuvent le faire. Si elles ajoutent ces faits, le juge peut en connaître, mais seulement dans ces conditions.

Variante: *nkónɡa áfósámboélé bakambo* (même sens).

34. *mbíkí la nkónɡa ô bomóngó nyongo áokobíkya* (1 634): être sauvé grâce au juge n'est possible que lorsque le créancier te sauve (en te remettant ta dette).

On ne peut gagner un procès par la partialité du juge ami. Aussi longtemps que le créancier ne se déclare pas satisfait, l'affaire demeure.

Il va sans dire qu'ici comme dans d'autres pays, même civilisés, cette règle souffre beaucoup d'exceptions, selon les circonstances.

35. *isénjú lɔfetako nk'itáfɔjwêla mbúla* (1 236): le menu bois de chauffage brûle bien aussi longtemps qu'il n'a pas encore été mouillé par la pluie.

L'application ne diffère point de l'adage précédent.

36. *likɔngá lakó mbótswá, lióka botúli* (1 421): la lance ne connaît pas de parents, elle frappe le forgeron.

Application: la lance frappe n'importe qui, sans tenir compte des liens les plus intimes, ne respectant même pas son auteur le forgeron. De même le tribunal est impartial (du moins il doit l'être). Rappelle notre: la justice est aveugle.

Les autres applications sont secondaires (mort, maladie).

37. *litóí áfa l'ofaya* (1 473): pour l'oreille il n'y a point d'étranger, elle ne voit pas la différence entre un parent et un étranger.

De même le juge doit être impartial, acceptant la déposition ou le témoignage aussi bien de tout étranger que de ses proches. Donc aussi: tous les témoins doivent être écoutés, quels qu'ils soient et d'où qu'ils viennent.

38. *ntāsámáká likambo la mbótswangóya* (2 062): on ne peut juger un différend à cause de la parenté maternelle.

La parenté du côté maternel est la plus intime. Même entre parents de même mère l'impartialité doit être observée. Le recueil des Proverbes note qu'un juge qui serait (anciennement, s'entend) convaincu d'avoir enfreint cette règle peut se voir condamner à payer une forte indemnité.

39. *ósámba awêlaka* (2 348): celui qui juge peut tomber victime, c'est-à-dire de sa sentence, de son jugement. On peut ajouter: *bosúki ngá bobunyi*: interveneur comme un guerrier, c'est-à-dire: parce qu'il est intervenu à la façon d'un guerrier (qui, évidemment, est toujours partial, se battant contre son adversaire), au lieu de trancher selon la justice et en s'efforçant de rétablir la paix, but de toute la justice *mngó*. Or, s'il agit autrement, il aggrave la situation au lieu de réconcilier les parties. Cf. Prov. 581.

#### B. *Publicité*

40. *ngúma báfíses'ónsínsímí* (1 814): un python, on ne le dépèce pas en silence. Car la bête est trop grande pour être découpée par une seule personne; puis c'est un animal noble, qui donc doit être dépécé devant tout le clan et partagé entre tous les membres.

Appliqué aux procès. Mais aussi à d'autres actions où la publicité est requise, p.ex. le mariage. L'adage n'est donc pas exclusivement réservé aux procès.

Le même sens est attaché au proverbe 2 065: *ntāsesáká njku wisísa ng'ófálá*: on ne dépèce point un éléphant un secret comme une antilope.

#### C. *Le plaignant*

41. *òndóka nkéle ótswák'okóma*: c'est celui qui se met en colère qui doit aller se pendre. Le suicide par pendaison arrivait (arrive) plus ou moins fréquemment, à cause d'une colère exaspérée mais surtout par grande honte. Mais on ne suicide pas à la place d'un autre.

Application: c'est la personne lésée elle-même qui doit porter plainte. Ce n'est pas au tribunal à l'y inviter ou à une autorité quelconque à commencer un procès à sa place. Ce qui ne porte pas atteinte à l'autorité du patriarche qui peut (et doit au besoin) prendre la responsabilité pour tous ses sujets. Mais un étranger ne peut s'en charger, pas plus que les juges.

42. *bəkəkwanyi ntáonda botúli ntáondáká*: si le profane n'a pas fait l'ébauche de l'objet à forger, le forgeron ne peut ébaucher. Un forgeron ne forge un objet que si le client l'y invite et commence par l'aider dans son travail.

Application: un juge ne peut entamer un procès, il doit recevoir une plainte de qui se croit lésé.

#### D. *Droit de défense*

43. *likambo la nkaló báfjlené* (1 399): procès et réponse ne se séparent pas.

Devant le tribunal il y a toujours un droit de réponse, de défense à toute accusation. Le droit de défense est sacré.

Les applications de la vie journalière sont purement accessoires.

#### E. *Attitude des parties*

44. *bātswéi likambo báfóyalaké beləkj* (222): ceux qui comparaissent devant le tribunal ne s'enseignent pas les dépositions.

Chaque partie doit pourvoir à sa propre défense; elles ne peuvent se questionner entre elles. C'est aux juges de demander des explications.

Cette règle est souvent enfreinte, le procès devenant facilement une querelle.

Des variétés se trouvent en Prov. 32, 172, 187.

#### F. *Dire la vérité*

45. *báfise kong'étóo* (43): on ne cache pas un anneau de cuivre dans la culotte. Car il serait vite remarqué et tomberait, suggérant qu'il a été volé.

Il faut de même dire toute la vérité.

Des applications se font à toutes sortes de situations où il faut dire la vérité. Variantes Prov. n° 42 et 502.

46. *ěfětǎl'ís mbindo áa nd'ǎkeli* (996): c'est bien dans le ruisseau qu'on se nettoie des saletés.

C'est en exposant son cas honnêtement aux juges que l'affaire peut être arrangée.

47. *šoálana wě l'okiló, nsóny'ěosíla* (2 317): tu as eu des rapports sexuels avec ta parente par alliance, il n'y a plus de honte. Car cette action étant très ignominieuse, on n'a plus honte de rien.

Dès qu'on est engagé dans un procès il ne faut plus rougir de dévoiler même les faits honteux. Les juges citent ce proverbe (ou sa variante 2 322) pour inciter les parties à dire toute la vérité, même honteuse.

#### G. Répétition d'exposés

48. *bolá wǎ ngóya byěn'ěfé?* (353): est-ce qu'on voit le village de maman deux fois?

On ne recommence pas sa déposition au tribunal. Le juge ne peut exiger cette répétition; il n'a qu'à mieux écouter.

Cet adage s'applique aussi aux situations ordinaires.

#### H. Nécessité des témoins

49. *etuk'ěa mbá ěky'ânt'ǎfé* (969): le régime de fruits de palme de deux personnes.

Lorsqu'elles se le disputent, il est impossible de savoir qui est dans son droit. Il faut donc recourir au témoignage.

De même il faut dans un procès faire appel aux témoins pour pouvoir établir la vérité.

Le proverbe s'applique aussi en dehors de la justice.

#### I. La présomption en faveur de l'accusé

50. *nkwá nd'ótéma áfókáné jci* (1 956): aussi longtemps que les excréments sont dans les intestins, on n'en sent pas la puanteur.

Application: le délit ne peut être présumé, il doit être prouvé. Se dit aussi en dehors du tribunal.

### J. Nécessité des preuves

51. *wiyi la lina* (2 626): un voleur à cause d'une trace.

Ce brocard est une abréviation de 2 039: *nřakandáká wiy'a lina*: on ne peut arrêter un voleur sur (la simple indication d'une) trace. C'est-à-dire: de simples indices ne suffisent pas pour établir une condamnation. Il faut des preuves sûres et le suspect doit pouvoir se défendre. Cf. aussi le proverbe 1 827 qui insiste également sur la nécessité de preuves solides: *nřén'ilongo, mřéne mbóka, eléngé ěa lina řónt'ómřké*: je vois une clairière, mais je ne vois pas le chemin, c'est tout comme la trace d'un seul homme; le témoignage d'un seul est insuffisant.

### K. Délibération et sentence

52. *ěsunya mřóng'ěa linko banto báféne* (927): que l'inflorescence du bananier qui s'incline n'est vu par personne. Cette opération de la nature qui fait l'inflorescence du bananier s'incliner en se courbant vers le sol se passe inaperçue, car elle se fait progressivement.

Application: la délibération des juges (qui inclinent la tête pour réfléchir et se communiquer leur opinion à voix basse, remarquez la figure) doit se faire en secret, à l'insu des parties.

53. *ntalítow'ánto* (2 053): les hommes ne seraient pas morts.

On peut compléter: *mbúnyi nd'ěséndé*: si ce n'était que l'écu-reuil les eût invités, appelés au secours.

Application: la sentence ne peut se baser sur les simples faits extérieurs, il faut aller au fond des choses et rechercher la vraie cause de l'affaire, les vrais responsables de la bataille, ceux qui sont les instigateurs (cf. ci-dessus n° 18 et 20).

54. *likamb'áténya nd'ělřké* (1 394): le procès est tranché sur les exposés des parties.

Cet adage, clair par lui-même, signifie que les juges doivent

baser la sentence sur les exposés des parties. Dans la véritable conception mongo de l'administration de la justice, les faits constatés, les témoignages, etc. ne sont que des moyens pour obtenir les déclarations et les aveux, qui sont seuls fondements d'un verdict définitif.

On cite parfois encore comme synonyme le n° 1 395: *likambo bosí litóí*: le procès est un membre de la famille « oreille ». C'est-à-dire, ce n'est qu'en écoutant les déclarations des parties que le juge peut trancher une affaire. L'axiome a cependant des applications extra-judiciaires.

55. *elónga l'osísé, ekwa l'osísé* (835): victoire avec annonce, condamnation avec annonce. Cet axiome de procédure dit que chaque sentence doit être motivée. Les juges ne peuvent se contenter de prononcer le verdict, ils doivent dire aux parties et au public pourquoi l'un a gagné et l'autre a perdu le procès.

#### L. Conciliation

56. *bosúki ntáwéláká* (582): le conciliateur ne peut être victime.

Celui qui s'interpose pour arrêter une rixe, un combat, etc. ne peut être victime de sa bonne action. Les parties ne peuvent jamais se retourner contre celui qui a essayé de les réconcilier, empêché de se battre, etc. Adage juridique, comme l'indique le recueil des Proverbes *l.c.*

#### M. Annexe

57. *yámbo yá Bongíli, ekila nd'ifunjí*: Le ramassage des Bongili, ce qui est défendu c'est le pillage.

Ce dicton, noté chez les Bombwanja de la région de Bokatola, est généralement dit en deux moitiés: la première est prononcée par une personne, la seconde par l'assistance.

La première partie est prononcée par la personne qui a trouvé un objet. Par ces paroles elle annonce le fait au public, de sorte que le propriétaire puisse reprendre son bien.

Ainsi elle peut se déclarer innocente de vol. Ce qui est confirmé par la réponse du public.

Ainsi la chose trouvée devient la propriété de celui qui l'a trouvée. Elle est devenue *res nullius* par cette déclaration publique.

Il faut donc, dit l'adage, distinguer entre un objet volé et un objet trouvé. Seuls le vol et le pillage sont des infractions.

Chez les Injɔɔ de la Loilaka on remplace Bongili par le nom d'un village proche: Boyela.

Mbandaka, 4 avril 1971.

**CLASSE DES SCIENCES NATURELLES  
ET MEDICALES**

---

**KLASSE VOOR NATUUR- EN  
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN**

## Séance du 25 mai 1971

La séance est ouverte par M. J. Opsomer, vice-directeur pour 1971.

Sont en outre présents: MM. A. Dubois, F. Evens, F. Jurion, W. Robyns, P. Staner, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele, J. Van Riel, membres; MM. B. Aderca, P. Benoit, G. Boné, F. Corin, C. Donis, A. Fain, R. Germain, F. Hendrickx, J. Kufferrath, J. Mortelmans, associés; M. P. Raucq, correspondant, ainsi que M. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel honoraire.

Absents et excusés: MM. R. Bouillenne, A. Castille, M. De Smet, G. de Witte, A. Duren, J. Hiernaux, J. Jadin, P.-G. Janssens, A. Lambrechts, J. Lebrun, J. Lepersonne, G. Neujean, G. Sladden, R. Tavernier.

### Les pegmatites de Madagascar

M. F. Corin présente à ses Confrères l'étude de M. N. Varlamoff, correspondant, intitulée comme ci-dessus.

La Classe décide la publication de ce travail dans la collection des *Mémoires in-8°*.

### Les épidémies de l'*Oidium heveae* et la phénologie de son hôte dans le monde

M. F. Hendrickx présente à la Classe une étude de M. C. POPULER intitulée comme ci-dessus.

Cet exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part MM. A. Fain, C. Donis, R. Vanbreuseghem, R. Germain, F. Jurion, P. Raucq, P. Staner, J. Opsomer.

### Texte des questions du concours annuel 1973

La Classe arrête comme suit le texte des troisième et quatrième questions du concours annuel 1973:

## Zitting van 25 mei 1971

De zitting wordt geopend door de H. J. Opsomer, vice-directeur voor 1971.

Zijn bovendien aanwezig: De H.H. A. Dubois, F. Evens, F. Jurion, W. Robyns, P. Staner, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele, J. Van Riel, leden; de HH. B. Aderca, P. Benoit, G. Boné, F. Corin, C. Donis, A. Fain, R. Germain, F. Hendrickx, J. Kufferath, J. Mortelmans, geassocieerden; de H. P. Raucq, correspondent, alsook de H. E.-J. Devroey, erevaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. R. Bouillenne, A. Castille, M. De Smet, G. de Witte, A. Duren, J. Hiernaux, J. Jadin, P.-G. Janssens, A. Lambrechts, J. Lebrun, J. Lepersonne, G. Neujean, G. Sladden, R. Tavernier.

### « Les pegmatites de Madagascar »

De H. F. Corin legt aan zijn Confraters de studie voor van de H. N. Varlamoff, correspondent, getiteld als hierboven.

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°*.

### « Les épidémies de l'*Oidium heveae* et la phénologie de son hôte dans le monde »

De H. F. Hendrickx legt aan de Klasse een studie voor van de H. C. POPULER, getiteld als hierboven.

Deze uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen de HH. A. Fain, C. Donis, R. Vanbreuseghem, R. Germain, F. Jurion, P. Raucq, P. Staner et J. Opsomer.

### Tekst der vragen voor de jaarlijkse wedstrijd 1971

De Klasse stelt als volgt de tekst vast der derde en vierde vraag van de jaarlijkse wedstrijd 1973:

3. On demande des recherches récentes concernant les viroses des agrumes.

4. On demande une contribution à l'étude des Saprolegnioses des poissons dans les régions tropicales.

### Concours annuel 1971

Le Secrétaire perpétuel dépose un travail de M. P. VAN WETTERE, régulièrement introduit en réponse à la troisième question du concours 1971 et intitulé: « *Bijdrage tot de kennis van Glossina palpalis palpalis (Rob.-Desb. 1830) en de faktoren die de overdracht van Trypanosoma gambiense bevorderen* ».

La Classe désigne MM. F. Evens, A. Fain et R. Vanbreuseghem en qualité de rapporteurs.

### Comité secret

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret:

1. Prennent acte de la demande de M. G. de Witte qui, en raison de son âge, sollicite l'application en sa faveur de l'article 4 des Statuts relatif à l'élévation à l'honorariat.

Ils émettent un avis favorable à cette demande.

2. Echantent leurs vues sur les candidatures proposées et dressent une liste de deux associés candidats pour une place vacante de titulaire.

La séance est levée à 16 h.

3. Men vraagt recente onderzoekingen over de virusziekten der citrusvruchten.

4. Men vraagt een bijdrage tot de studie der Saprolegniosen van de vissen in de tropische streken.

### Jaarlijkse wedstrijd 1971

De *Vaste Secretaris* legt een werk neer van de H. P. VAN WETTERE, regelmatig ingediend als antwoord op de derde vraag van de wedstrijd 1971 en getiteld: « *Bijdrage tot de kennis van Glossina palpalis palpalis (Rob.-Desb. 1830) en de factoren die de overdracht van Trypanosoma gambiense bevorderen* ».

De Klasse wijst de HH. F. Evens, A. Fain en R. Vanbreuseghem aan als verslaggevers.

### Geheim comité

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité:

1. Nemen kennis van het verzoek van de H. G. de Witte die, gezien zijn leeftijd, de toepassing vraagt te zijnen gunste van artikel 4 der Statuten, dat betrekking heeft op het verheffen tot het erelidmaatschap.

Zij brengen gunstig advies uit over dit verzoek.

2. Wisselen van gedachten over de voorgestelde kandidaturen en stellen een lijst op van 2 geassocieerden die kandidaat zijn voor een openstaande plaats van titelvoerend lid.

De zitting wordt gesloten te 16 h.

## Séance du 22 juin 1971

La séance ouverte par M. J. Opsomer, vice-directeur pour 1971.

Sont en outre présents: MM. P. Brien, A. Dubois, J. Jadin, F. Jurion, J. Lepersonne, W. Robyns, P. Staner, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele, J. Van Riel, membres; MM. P. Basilewsky, G. Boné, F. Corin, R. Devignat, C. Donis, A. Fain, R. Germain, J. Kufferath, G. Mortelmans, J. Mortelmans, M. Poll, associés; M. P. Raucq, correspondant ainsi que M. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel honoraire.

Absents et excusés: MM. A. Castille, M. De Smet, G. de Witte, A. Duren, F. Evens, P.-G. Janssens, J. Lebrun, G. Neujean, G. Sladden, R. Tavernier, J. Thoreau.

### « Hydra. Essays on the biology of Fresh-Water Polyps »

M. P. Brien présente à ses Confrères l'ouvrage russe susdit de I. KANAËV (1952), traduit par E. T. BURROWS et H. M. LENOHOFF (p. 451, 1961) offert à l'Académie. Il fait un bref exposé sur les aspects particuliers de l'histologie et de la physiologie des Hydres d'eau douce (p. 554).

Il répond aux questions de MM. F. Corin, A. Dubois, R. Vanbreuseghem, R. Devignat et M. Poll.

### Concours annuel 1971

Se ralliant aux conclusions des trois rapporteurs, MM. A. Fain, F. Evens et R. Vanbreuseghem, la Classe décide de décerner le titre de lauréat de l'Académie, avec prix de 10 000 F à M.P. VAN WETTERE pour son travail intitulé: « *Bijdrage tot de kennis van Glossina palpalis palpalis (Rob.-Desb. 1830) en de factoren die*

## Zitting van 22 juni 1971

De zitting werd geopend door de H. J. Opsomer, vice-directeur voor 1971.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. P. Brien, A. Dubois, J. Jadin, F. Jurion, J. Lepersonne, W. Robyns, P. Staner, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele, J. Van Riel, leden; de HH. P. Basilewsky, G. Boné, F. Corin, R. Devignat, C. Donis, A. Fain, R. Germain, J. Kufferath, G. Mortelmans, J. Mortelmans, M. Poll, geassocieerden; de H. P. Raucq, correspondent, alsook de H. E.-J. Devroey, erevaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. A. Castille, M. De Smet, G. de Witte, A. Duren, F. Evens, P.-G. Janssens, J. Lebrun, G. Neujean, G. Sladden, R. Tavernier, J. Thoreau.

### « Hydra. Essays on the biology of Fresh-Water Polyps »

De H. P. Brien stelt aan zijn Confraters het bovenvermeld Russisch werk voor van I. KANAIEV (1952), vertaald door E. T. BURROWS en H. M. LENHOFF (451 p., 1961) aangeboden aan de Academie (blz. 554). Hij geeft een korte uiteenzetting over de bijzondere aspecten van de histologie en de fysiologie der zoetwater-Hydra.

Hij beantwoordt vervolgens vragen van de HH. F. Corin, A. Dubois, R. Vanbreuseghem, R. Devignat en M. Poll.

### Jaarlijkse wedstrijd 1971

Zich verenigend met de besluiten van de drie verslaggevers, de HH. A. Fain, F. Evens en R. Vanbreuseghem, beslist de Klasse de titel van laureaat der Academie, met een prijs van 10 000 F, toe te kennen aan de H. P. VAN WETTERE voor zijn werk getiteld: « *Bijdrage tot de kennis van Glossina palpalis palpalis (Rob-*

*de overdracht van Trypanosoma gambiense bevorderen* » et répondant à la troisième question posée pour le concours annuel 1971.

La Classe décide en outre de publier cette étude dans la collection des *Mémoires in-8°*. Après modification du texte suivant les suggestions des rapporteurs.

#### **Comité secret**

Les membres honoraires et titulaires réunis en comité secret, élisent en qualité de membre titulaire M. *G. Neujean*.

La séance est levée à 16 h.

*Desb. 1830) en de factoren die de overdracht van Trypanosoma gambiense bevorderen*», en ingestuurd als antwoord op de derde vraag van de jaarlijkse wedstrijd 1971.

De Klasse beslist daarenboven deze studie te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°*, na herwerking van de tekst volgens de suggesties der verslaggevers.

### **Geheim comité**

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité, verkiezen als titelvoerend lid de *H. G. Neujean*.

De zitting wordt gesloten te 16 h.

## P. Brien. — Présentation de l'ouvrage HYDRA

*Essays on the Biology of Fresh-water Polyyps* by Prof. I. KANAËV. (Soviet Academic of Sciences - Moscou 1952), translated by E.T. BURROWS and H.M. LENHOFF, edited by H.M. LENHOFF, Prof. of Biology (University of California) 1969, sous les auspices de Loomis Institute of Scientific research, the National Institut of Health, the Cocos Foundation.

L'Académie a reçu un des cent exemplaires photocopiés de cette traduction. Il s'agit d'un ouvrage russe très remarquable, consacré exclusivement à l'étude du genre *Hydra*. Il comprend le relevé complet de la bibliographie et l'exposé très explicite des recherches dont l'hydre d'eau douce fut l'objet depuis qu'elle fut découverte, sans être comprise, par LEEUWENHOCK en 1702, introduite dans le domaine scientifique par les mémoires célèbres d'Abraham TREMBLEY de 1744, jusqu'aux travaux dont les résultats parurent en 1948.

Cette mise au point monumentale, la plus importante qui ait été réalisée, date d'une vingtaine d'années. Elle reste l'outil indispensable, le livre fondamental pour les Biologistes préoccupés de la biologie de l'Hydre, considérée sous tous ses aspects. La systématique, l'histologie, l'écologie, le comportement, la physiologie, le parasitisme y sont traités. Des chapitres étendus sont consacrés à la nutrition, au métabolisme, à la reproduction asexuée et au bourgeonnement, à la reproduction sexuée, et au développement embryonnaire, aux phénomènes de régulation dans la régénération et les greffes.

La traduction est scrupuleusement fidèle, reproduisant les illustrations et rappelant à chaque page, la pagination de l'édition russe originale. Cet ouvrage mérite d'être traduit. Il devrait être continué, complété par les données récemment acquises. Les vingt dernières années ont été particulièrement fécondes dans tous les pays du monde et sont venues corriger, élargir, renouveler les

conceptions biologiques qui se dégagent de la connaissance des Hydres.

Célèbre depuis les admirables études de TREMBLEY, l'Hydre d'eau douce a droit à l'attention exceptionnelle qui lui est accordée. Diploblastique, elle a l'organisation métazoaire la plus simple; son élevage est facile; elle se prête à toute expérimentation. Les phénomènes biologiques propres aux Métazoaires, s'y présentent sous leur aspect le plus fondamental, sans les particularités secondaires qui les compliquent et qui, chez les animaux plus évolués, en masquent souvent les caractères essentiels.

31 mai 1971.

## CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES

Séance du 28 mai 1971

M. R. *Spronck*, directeur de la Classe pour 1971, ouvre la séance.

Sont en outre présents: MM. L. Calembert, I. de Magnée, E.-J. Devroey, P. Evrard, L. Jones, A. Lederer, A. Rollet, R. Van Ganse, membres; MM. P. Bourgeois, J. De Cuyper, G. de Rosenbaum, P. Fierens, R. Thonnard, associés; M. W. Bourgeois, correspondant, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. P. Bartholomé, L. Brison, F. Campus, J. Charlier, P. Grosemans, L. Hellinckx, L. Pauwen, R. Vanderlinden.

### **Etude cinétique de la flottation de minerais sulfurés**

M. P. *Fierens* présente à la Classe son étude intitulée comme ci-dessus et rédigée en collaboration avec M. G. LAMBIN.

Cet exposé est suivi d'une discussion à laquelle prennent part MM. R. *Van Ganse*, I. de Magnée, J. De Cuyper et L. Calembert.

La Classe décide de publier ce travail dans le *Bulletin des séances* (p. 562).

### **Résultats de certains travaux de prospection minière et de géologie appliquée**

Le *Président* souhaite la bienvenue à M. P. *Routhier*, correspondant de l'Académie à Paris, qui assiste pour la première fois à nos séances.

M. P. *Routhier* entretient la Classe des résultats de certains travaux de son laboratoire de prospection minière et de géologie appliquée et notamment de certains types inusuels de gisement.

## KLASSE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Zitting van 28 mei 1971

De H. R. *Spronck*, directeur van de Klasse voor 1971, opent de zitting.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. L. *Calembert*, I. de *Magnée*, E.-J. *Devroey*, P. *Evrard*, L. *Jones*, A. *Lederer*, A. *Rollet*, R. *Van Ganse*, leden; de HH. P. *Bourgeois*, J. *De Cuyper*, G. de *Rosenbaum*, P. *Fierens*, R. *Thonnard*, geassocieerden; de H. W. *Bourgeois*, correspondent, alsook de H. P. *Staner*, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. P. *Bartholomé*, L. *Bri-son*, F. *Campus*, J. *Charlier*, P. *Grosemans*, L. *Hellinckx*, L. *Pauwen*, R. *Vanderlinden*.

### « Etude cinétique de la flottation de minerais sulfurés »

De H. P. *Fierens* legt aan de Klasse zijn studie voor, die bovenstaande titel draagt en die hij opstelde in samenwerking met de H. G. *LAMBIN*.

De uiteenzetting wordt gevolgd door een bespreking waaraan deelnemen de HH. R. *Van Ganse*, I. de *Magnée*, J. *De Cuyper* en L. *Calembert*.

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 562).

### « Résultats de certains travaux de prospection minière et de géologie appliquée »

De *Voorzitter* verwelkomt de H. P. *Routhier*, correspondent der Academie te Parijs, die voor het eerst aan onze zittingen deelneemt.

De H. P. *Routhier* onderhoudt de Klasse over de resultaten van bepaalde opzoekingen van zijn Laboratorium van mijnpros-

Il répond aux questions de MM. *P. Evrard, L. Calembert* et *R. Spronck*.

La Classe décide la publication de cette communication dans le *Bulletin des séances* (p. 573).

#### **Etude de la flottation de la cassitérite aux réactifs CITREX**

*M. W. Bourgeois* présente à la Classe un travail de *M. G. PANOU*, intitulé comme ci-dessus. Il répond aux questions que lui posent MM. *L. Calembert, R. Van Ganse, R. Spronck* et *J. De Cuyper*.

MM. *P. Fierens* et *J. De Cuyper* feront rapport sur ce travail à la prochaine séance.

#### **Etude comparative des coûts et charges de transport par route dans divers pays d'Afrique tropicale**

MM. *E.-J. Devroey* et *A. Lederer* font rapport sur le travail de *M. J. FEDERWISCH*, intitulé comme ci-dessus, et qui avait été présenté par *M. I. de Magnée* à la séance du 26 mars 1971.

La Classe décide la publication de ce travail dans la *Collection des mémoires in-8°*.

#### **Texte des questions du concours annuel 1973**

La Classe arrête comme suit le texte des cinquième et sixième questions du concours annuel 1973:

5. *On demande une étude sur les aspects économiques de l'industrie des matériaux de construction dans les pays en voie de développement, compte tenu des ressources en matières premières, de l'évolution des besoins et des marchés extérieurs.*

6. *On demande de proposer les modalités de réalisation d'une carte géotechnique en faisant l'état de la question aux points de vues: réalisations effectuées à l'étranger, définition des renseignements à fournir, mode de représentation graphique, traite-*

pectie en toegepaste aardkunde en meer bepaald over bepaalde ongewone typen van lagen.

De Klasse beslist deze mededelingen te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 573).

**« Etude de la flottation de la cassitérite aux réactifs CITREX »**

De H. W. *Bourgeois* legt aan de Klasse een werk voor van de H. G. PANOU, getiteld als hierboven.

Hij beantwoordt vragen die hem gesteld worden door de HH. L. *Calembert*, R. *Van Ganse*, R. *Spronck* en J. *De Cuyper*.

De HH. P. *Fierens* en J. *De Cuyper* zullen verslag uitbrengen over dit werk op de volgende zitting.

**« Etude comparative des coûts et charges de transport par route dans divers pays d'Afrique tropicale »**

De HH. E.-J. *Devroey* en A. *Lederer* brengen verslag uit over het werk van de H. J. FEDERWISCH, getiteld als hierboven, en dat voorgelegd werd door de H. I. *de Magnée* op de zitting van 26 maart 1971.

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°*.

**Tekst der vragen van de jaarlijkse wedstrijd 1973**

De Klasse stelt als volgt de tekst der vijfde en zesde vragen van de jaarlijkse wedstrijd 1973:

5. *Men vraagt een studie over de economische aspecten der industrie van bouwmaterialen in de ontwikkelingslanden, rekening houdend met de hulpbronnen voor de grondstoffen en de evolutie van de binnenlandse markt.*

6. *Men vraagt de modaliteiten voor te stellen voor het opstellen van een geotechnische kaart, met de status questionis van volgende punten: wat gerealiseerd werd in het buitenland en in België, het bepalen der te verstrekken inlichtingen, de wijze van grafische voorstelling, het automatisch behandelen van de ge-*

*ment automatique des informations utilisés, et présentation d'un cas concret d'exécution.*

### **Concours annuel 1971**

Le *Secrétaire perpétuel* dépose un travail de M. J.-J. PETERS, régulièrement introduit en réponse à la cinquième question du concours 1971 et intitulé: *La dynamique de la sédimentation de la région divagante du bief maritime du fleuve Congo.*

La Classe désigne MM. R. Spronck, J. Lamoën, et L. Calembert en qualité de rapporteurs.

### **Comité secret**

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret, échangent leurs vues sur les candidatures proposées.

Ils dressent une liste de 2 associés candidats pour une place vacante de titulaire.

La séance est levée à 16 h.

*bruikte gegevens en het voorleggen van een concreet geval van uitvoering.*

### **Jaarlijkse wedstrijd 1971**

De *Vaste Secretaris* legt een werk neer van de H. J.-J. PETERS, regelmatig ingediend als antwoord op de vijfde vraag van de wedstrijd 1971 en getiteld: « *La dynamique de la sédimentation de la région divagante du bief maritime du fleuve Congo* ».

De Klasse wijst de HH. R. Spronck, J. Lamoen en L. Calembert als verslaggevers aan.

### **Geheim comité**

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité, wisselen van gedachten over de voorgestelde kandidaturen.

Zij stellen een lijst op van 2 geassocieerden kandidaten voor een beschikbare plaats van titelvoerend lid.

De zitting wordt gesloten te 16 h.

## P. Fierens et G. Lambin. — Etude cinétique de la flottation de minerais sulfurés

### RESUME

Les auteurs ont réalisé une étude cinétique de la flottation de minéraux sulfurés extraits de la mine de Kipushi (Katanga): chalcopryrite, blende, bornite et pyrite. Utilisant une cellule automatique de laboratoire, ils ont examiné la flottabilité naturelle, la flottabilité en présence d'éthylxanthate de sodium et la flottabilité dans des conditions se rapprochant le plus possible de la pratique industrielle.

### SAMENVATTING

De auteurs verwezenlijkten een kinetische studie van de flotatie van zwavelhoudende mineralen afkomstig uit de mijn van Kipushi (Katanga): chalcopryriet, blende, borniet en pyriet. Hierbij werd een automatische laboratoriumcel gebruikt. De natuurlijke floteerbaarheid, de floteerbaarheid in aanwezigheid van natriummethylxanthaat en de floteerbaarheid onder voorwaarden die de industriële methoden zo dicht mogelijk benaderden, werden onderzocht.

#### 1. *Introduction*

Le minerai tout-venant extrait de la mine de Kipushi (Katanga) est très complexe.

Il est constitué de gangue, de chalcopryrite, de bornite, de blende et de pyrite. On y trouve encore d'autres constituants, en moindre proportion (minerai de germanium, par exemple).

Le rôle du concentrateur n'est pas seulement de rejeter la majeure partie de la gangue, mais aussi de séparer les minerais de cuivre et de zinc l'un de l'autre, la pyrite étant également éliminée.

Le schéma de flottation adopté industriellement fait appel à de l'éthylxanthate de sodium comme collecteur.

La dépression de la blende est obtenue grâce à une solution de NaCN, de NaHSO<sub>3</sub>, de ZnSO<sub>4</sub> et de NaHS.

Afin de mieux comprendre le mécanisme de cette flottation différentielle, telle qu'elle est pratiquée industriellement, il a paru souhaitable de connaître le comportement relatif d'échantillons purs de chalcoppyrite, de bornite, de blende et de pyrite.

Le département Recherche et Expérience de la Société exploitante a gracieusement fourni ces échantillons, que nous avons étudié au moyen d'une machine de flottation automatique de laboratoire (1) adaptée à la cinétique de la flottation de fines fractions granulométriques (2).

Notre étude a porté, successivement, sur la flottabilité naturelle, sur la flottabilité par l'éthylxanthate de sodium et sur la flottabilité dans des conditions se rapprochant le plus possible de la pratique industrielle.

## 2. Préparation des minerais

Les échantillons massifs sélectionnés sont broyés, d'abord à sec à 10 mailles, ensuite sous eau distillée dans un broyeur à boulets en porcelaine.

Le tamisage s'effectue également sous eau distillée. Il est à noter qu'un contact prolongé des toiles en laiton des tamis altère la chalcoppyrite humide, dont la teinte devient alors d'un violet intense.

Les fractions ainsi tamisées sont traitées au débourbeur rotatif (3).

Le débouillage de la fraction 200-270 mailles est terminé en 24 heures pour la chalcoppyrite et la blende, en 48 heures pour la bornite et la pyrite (mis en suspension dans l'eau, le minerai décante rapidement et totalement).

Signalons, à titre de comparaison, que pour obtenir un résultat semblable avec la malachite 200-270 mailles, il faut poursuivre l'opération pendant environ 2 semaines.

Ces fractions ainsi traitées sont utilisées sans tarder et entre-temps conservées au débourbeur rotatif.

### 3. Conduite générale des essais

L'étude a porté uniquement sur la fraction 200-270 mailles dont environ 1 gramme a été utilisé à chaque essai.

Les essais définitifs ont été réalisés dans le temps minimum (30 heures environ) afin de limiter l'influence d'une éventuelle altération des minerais.

Les résultats numériques ont été groupés au § 7, dans 4 tableaux, chacun de ceux-ci se rapportant à un minéral.

### 4. Etude de la flottabilité naturelle des minerais (Essais Ia et Ib) (Fig. 1 et 2)

La flottabilité en l'absence de réactif collecteur a été étudiée dans deux séries d'essais.

La série Ia se rapporte aux minerais débourbés, tels quels.

La série Ib est relative aux mêmes minerais débourbés mais traités avant la flottation par une solution « déprimante » dans les conditions ci-après.

#### Rendement de la flottation

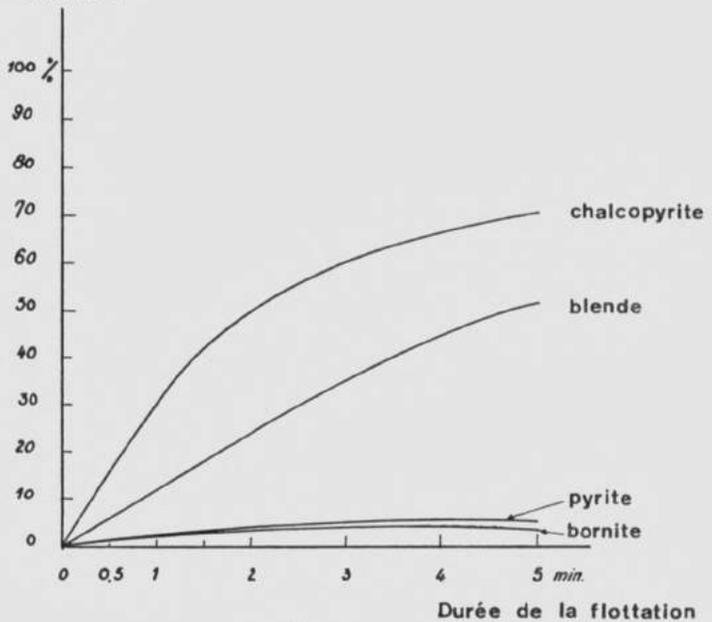


Fig. 1.

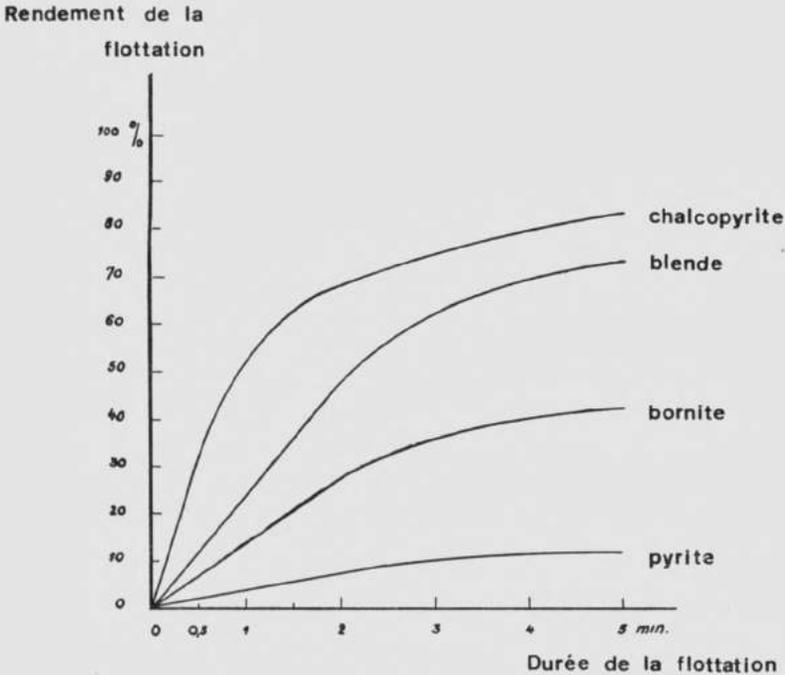


Fig. 2.

*Action de la solution déprimante:* 5 g de minerai débourbé sont conditionnés, pendant 30 minutes, dans un petit bécber, sous agitation intense, par 20 ml d'une solution (pH: environ 6) contenant par litre: 20 mg de NaCN; 20 mg de NaHSO<sub>3</sub>; 75 mg de ZnSO<sub>4</sub>.

Après cette action, le minerai est séparé par décantation et utilisé immédiatement pour les essais Ib, IIb, III et IV.

*Mode opératoire des essais Ia et Ib:* Le minerai débourbé humide (série Ia) et traité par une solution déprimante (série Ib) est introduit dans la cellule de flottation. Cette dernière est remplie d'eau distillée et la flottation est immédiatement commencée.

*Conclusions des essais Ia et Ib:* L'examen de la colonne Ia des quatre tableaux groupant les résultats expérimentaux, montre que, d'une part, la flottabilité naturelle de la chalcopyrite de la

blende est loin d'être négligeable; tandis que celle de la bornite et de la pyrite est nettement plus réduite.

En ce qui concerne les colonnes Ib des quatre tableaux, on voit que l'action préalable de la solution « déprimante » augmente la flottabilité naturelle des minerais étudiés dans des proportions importantes, sauf pour la pyrite.

Notons toutefois qu'il ne faut pas attacher une importance absolue aux résultats relatifs à la flottabilité naturelle.

En effet, des essais d'orientation nous ont montré que les rendements de flottation naturelle sont sensibles à l'« histoire » du minerai, et notamment à la durée de la conservation sous eau après broyage et débouillage.

5. *Etude de la flottabilité par l'éthylxanthate de sodium (Essais IIa et IIb) (Fig. 3 et 4)*

La flottabilité par ce réactif a été étudiée dans deux séries d'essais.

Rendement de la  
flottation

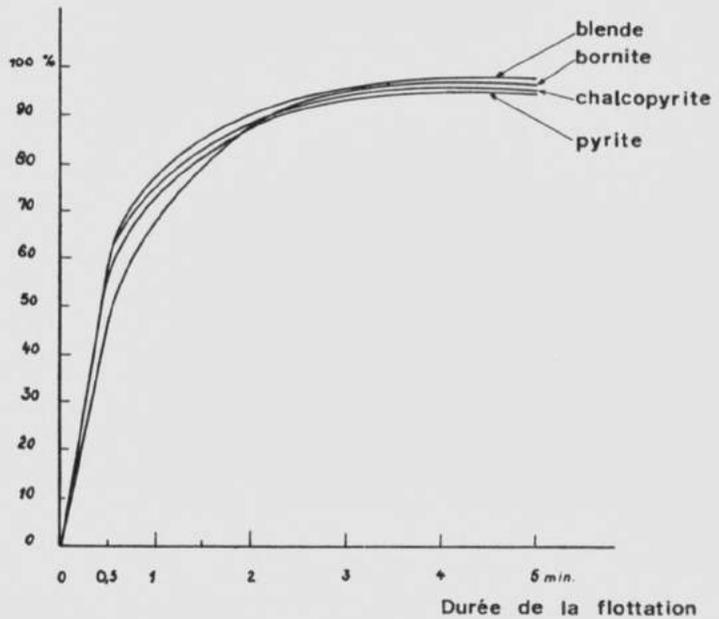


Fig. 3.

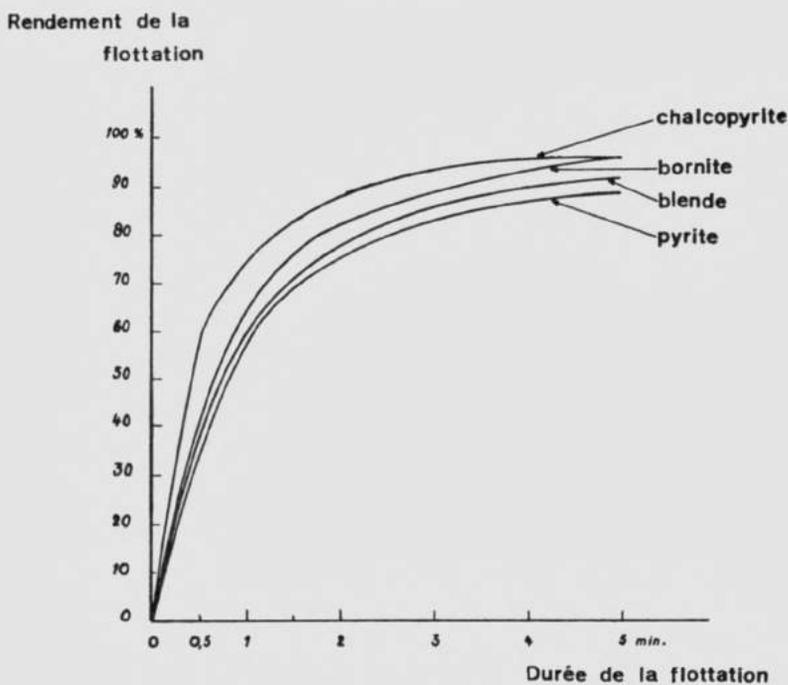


Fig. 4.

La série IIa est relative aux minerais débourbés, tels quels.

La série IIb concerne les minerais débourbés puis préalablement traités par la solution déprimante contenant du cyanure, du bisulfite et du sulfate de zinc (cf. § 4).

*Mode opératoire des essais IIa et IIb:* Le minerai débourbé humide (série IIa) et traité par la solution déprimante (série IIb) est introduit dans la cellule de flottation.

On conditionne durant 4 minutes par 10 ml d'une solution contenant 5 mg d'éthylxanthate de sodium par litre.

Lorsque l'étape conditionnement est terminée, la colonne de flottation est remplie par une solution contenant par litre 2,5 mg d'éthylxanthate de sodium et 15 mg d'huile de pin.

Ceci a pour but d'éviter une désorption du xanthate, désorption qui semble se produire lorsqu'on remplit la colonne avec de l'eau pure.

*Conclusions des essais IIa et IIb:* Les résultats de la série IIa (cf. § 7) montrent que les quatre minerais étudiés ont une flottabilité quasi-identique en présence d'éthylxanthate de sodium.

Les données numériques de la série IIb comparées à celles de la série IIa permettent de constater que l'action préalable de la solution déprimante (cf. § 4) n'a pratiquement pas d'effet sur la chalcopirite et la bornite et que l'on décèle une certaine diminution des rendements pour la blende et la pyrite.

6. *Etude de la flottabilité dans des conditions similaires à celles de la pratique industrielle (Essais III et IV) (Fig. 5 et 6)*

Dans la pratique industrielle, les réactifs déprimants sont introduits au broyage et donc mélangés. La flottation s'effectue aussi en présence de ces réactifs.

La série d'essais III a porté sur la flottabilité des minerais préalablement traités par la solution déprimante (cf. § 4), la flottation (conditionnement et flottation proprement dite) se

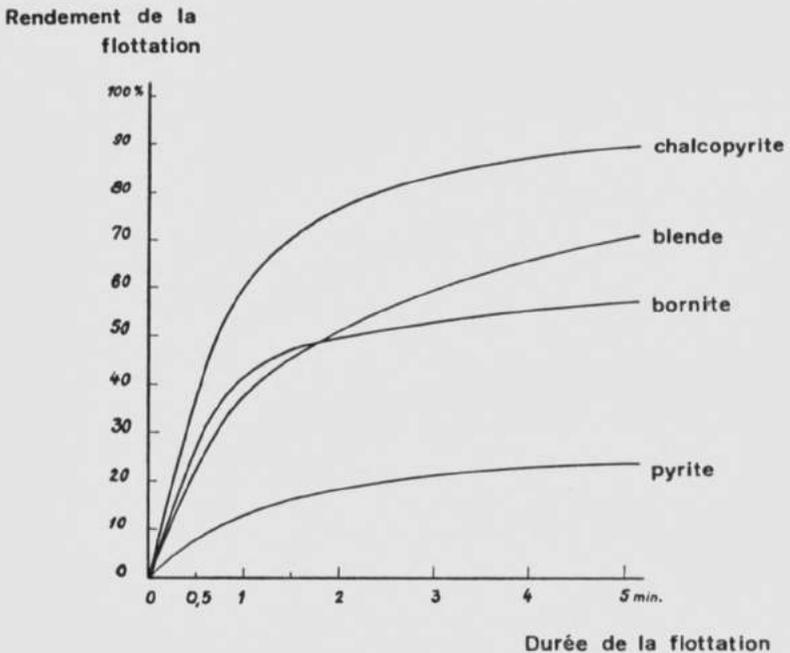


Fig. 5.

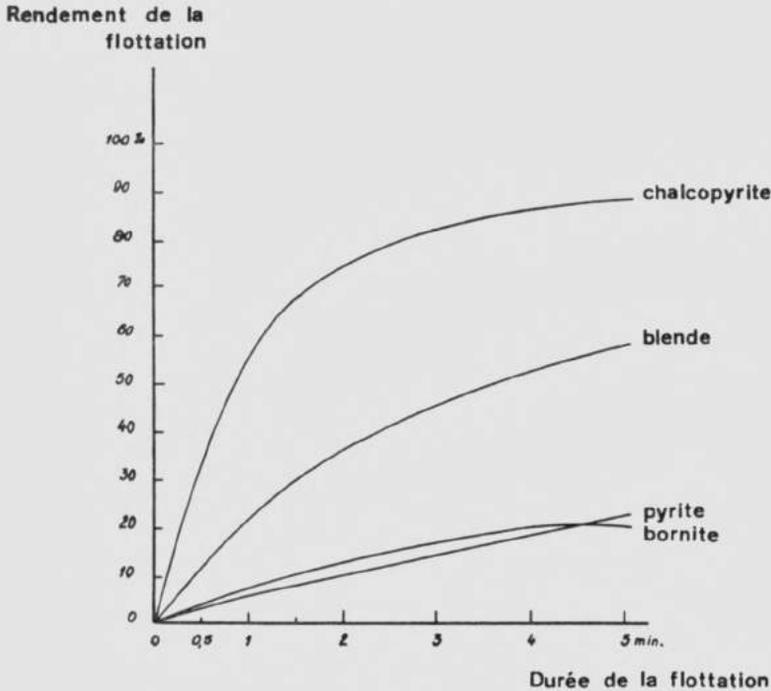


Fig. 6.

faisant en présence d'éthylxanthate de sodium et du même mélange déprimant.

Lorsqu'on mélange les quatre réactifs déprimants utilisés industriellement ( $\text{NaCN}$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4$  et  $\text{NaHS}$ ), il se forme un précipité floconneux de  $\text{ZnS}$ . C'est pourquoi nous avons exclu le  $\text{NaHS}$  du mélange déprimant, dans cette série d'essais.

Toutefois, afin de nous approcher au maximum des conditions de la pratique industrielle, nous avons effectué une série d'essais (série IV) dans laquelle du  $\text{NaHS}$  a aussi été introduit, dans les conditions décrites plus loin. Pour ces essais IV, le remplissage de la colonne de flottation a été effectué par une solution exempte de  $\text{ZnSO}_4$ .

*Mode opératoire des essais de la série III:* Le minerai préalablement déprimé est conditionné durant 4 minutes par 10 ml

d'une solution contenant par litre 5 mg d'éthylxanthate de sodium, 20 mg de NaCN, 20 mg de NaHSO<sub>3</sub> et 75 mg de ZnSO<sub>4</sub>.

Lorsque l'étape conditionnement est terminée, la colonne de flottation est remplie avec une solution (pH = environ 6) contenant par litre 2,5 mg d'éthylxanthate de sodium, 20 mg de NaCN, 20 mg de NaHSO<sub>3</sub>, 75 mg de ZnSO<sub>4</sub>, et 15 mg d'huile de pin.

*Mode opératoire des essais de la série IV:* Le minerai préalablement déprimé est conditionné durant 4 minutes par 10 ml d'une solution contenant par litre 5 mg d'éthylxanthate de sodium, 20 mg de NaCN, 20 mg de NaHSO<sub>3</sub> et 75 mg de ZnSO<sub>4</sub>. A la troisième minute du conditionnement on ajoute une quantité de NaHS telle que la solution contienne alors 14 mg de NaHS par litre.

Lorsque l'étape conditionnement est terminée, la colonne de flottation est remplie avec une solution (pH = environ 7) contenant par litre 2,5 mg d'éthylxanthate de sodium, 20 mg de NaCN, 20 mg de NaHSO<sub>3</sub>, 14 mg de NaHS et 15 mg d'huile de pin.

*Conclusions de la série des essais III:* Par rapport aux essais IIb, les essais III accusent des rendements moins élevés. La chute est faible pour la chalcopryrite, sensible pour la blende, importante pour la bornite et très importante pour la pyrite.

On voit que la flottabilité de la blende commence à l'emporter sur celle de la bornite.

*Conclusions de la série d'essais IV:* Les chutes de rendements déjà observées aux essais III s'accusent encore. Seule la chalcopryrite n'est guère affectée.

La flottabilité de la blende faiblit encore sensiblement.

Mais c'est pour la bornite que la chute est particulièrement importante. La récupération devient aussi médiocre que celle de la pyrite, et bien inférieure à celle de la blende.

Ces résultats ne sont guère encourageants au point de vue de la sélectivité cuivre-zinc.

D'une part, pour une récupération acceptable de la chalcopryrite, on a déjà une récupération importante de la blende. D'autre

part, dans les mêmes conditions, la récupération en bornite est encore faible, du même ordre de grandeur que celle de la pyrite.

Il faudrait évidemment s'assurer que le comportement des minerais purs, isolés, est représentatif de leur comportement en mélange.

Cela étant vérifié, il conviendrait peut-être de modifier la composition qualitative et quantitative de la solution déprimante utilisée.

### 7. Résultats numériques

#### *Chalcopyrite*

Durée de la flottation	Rendement de la flottation exprimé en %					
	Ia	Ib	IIa	IIb	III	IV
0,5 minute	14,3	31,2	59,3	57,0	38,2	31,3
1 »	29,5	50,7	74,3	73,0	60,6	53,4
2 »	51,0	67,7	88,5	87,5	77,3	73,2
5 »	73,0	82,1	96,2	96,6	90,4	87,5

#### *Blende*

Durée de la flottation	Rendement de la flottation exprimé en %					
	Ia	Ib	IIa	IIb	III	IV
0,5 minute	4,5	12,0	57,1	39,7	21,6	10,5
1 »	9,7	24,0	76,6	58,9	38,0	21,0
2 »	23,6	48,0	90,6	78,1	49,8	35,0
5 »	53,1	73,0	97,7	92,2	71,8	57,5

#### *Bornite*

Durée de la flottation	Rendement de la flottation exprimé en %					
	Ia	Ib	IIa	IIb	III	IV
0,5 minute	—	—	46,4	42,0	27,9	—
1 »	—	—	67,8	64,1	42,3	—
2 »	—	27,0	87,0	82,1	51,5	12,4
5 »	6,6	41,4	96,4	96,3	57,8	21,2

*Pyrite*

Durée de la flottation	Rendement de la flottation exprimé en %					
	Ia	Ib	IIa	IIb	III	IV
0,5 minute	—	—	54,9	34,7	8,7	—
1 »	—	—	74,9	57,6	13,5	—
2 »	—	8,3	87,4	75,4	19,0	10,0
5 »	7,3	12,1	94,7	89,1	25,3	22,7

28 mai 1971.

Université officielle du Congo (Lubumbashi)  
Université de l'Etat (Mons)

**Pierre Routhier. — Quelques grands concepts de la métallogénie: familiarité, héritage... etc., illustrés par des exemples.**

INTRODUCTION

Dans ce condensé de plusieurs travaux conduits depuis plus d'une décennie par le Laboratoire de Géologie appliquée de l'Université de Paris nous ne reviendrons pas longuement sur les concepts de base. Parmi ceux-ci nous avons insisté sur le couple *familier-étranger* qui s'applique aux positions relatives de la *source* de la matière qui constitue la concentration minérale et de la source de la matière qui constitue la roche porteuse (ROUTHIER, 1967, 1969, p. 126).

En combinant ce couple au duo syn (dia) - épigénétique, qui s'applique à l'intervalle de *temps* entre la consolidation de la concentration minérale et celle de sa roche porteuse, on peut clarifier les *modèles de théories métallogénétiques* (AMSTUTZ, 1962, ROUTHIER, *loc. cit.*).

L'appréciation du caractère plus ou moins familier ou étranger de la concentration minérale, et le choix d'un modèle génétique requièrent souvent l'utilisation de divers critères géométriques, structuraux, chronologiques (historiques), paléogéographiques, géochimiques, à des niveaux d'organisation de plus en plus complexes.

Durant les quinze dernières années, ces critères ont été appliqués, de manière de plus en plus lucide, aux gisements de zinc, plomb, cuivre, sans compter ceux de fer et de manganèse. On s'est alors aperçu que les gisements *liés aux strates*, et non nécessairement stratiformes de ces métaux, peuvent être tenus pour familiers à ces strates. Par contre beaucoup de gisements d'autres métaux ont été négligés dans cette révision. Le premier objet de cette note est de mettre en valeur ces types considérés comme inusuels ou même inexistants.

## I. Des types prétendus inusuels de concentrations familières aux strates

Parmi elles nous présenterons certains gisements de tungstène, d'or et de cobalt.

A. TUNGSTÈNE LIÉ AUX STRATES. Exemple: scheelite dans des gneiss à clinozoïsite (Cévennes, France).

### *Travaux antérieurs*

Rappelons d'abord quelques précurseurs. La ceinture des schistes graphiteux à ferbélite (dérivant de scheelite), exploités en Uganda et au Ruanda, a été examinée par R.C. PARGETER (1956), puis I. DE MAGNEE et B. ADERCA (1960) et J. JEDWAB (1958). Ces auteurs ont apporté de très forts arguments en faveur d'une première concentration sédimentaire, à partir de laquelle des sécrétions filoniennes ont entraîné une seconde concentration.

C'est tout à fait par hasard que nous rencontrons encore la mention d'une plus modeste ceinture de roches cristallophylliennes à ferbélite, épisodiquement exploitée, dans le district d'Ookiep, Afrique du Sud (BENEDICT et al., 1964).

La paragenèse W-Sb-Hg, où peuvent manquer un ou deux de ces éléments, a été suivie par l'équipe A. MAUCHER, H.O. ANGERMEIER, R. HÖLL (1965, 1968) dans les schistes noirs du Silurien en Sardaigne, en Autriche, en Turquie.

Antérieurement, OGDEN TWETO (1960) avait signalé diverses occurrences de scheelite dans des gneiss à silicates calciques (dont la clinozoïsite) du Colorado et du Wyoming et montré que le tungstène n'y a pas été introduit par une granitisation ou une autre.

*De tels cas demeurent-ils des raretés ou au contraire sont-ils communs et alors méconnus?* Nous optons résolument pour la deuxième hypothèse car, rien qu'en France durant les quatre dernières années, deux de ces occurrences ont été découvertes. L'une se situe dans le massif cristallophyllien du Tanneron (Sud-Est), et fut localisée par le B.R.G.M. à la suite d'une prospection alluvionnaire. L'autre se place dans les Cévennes méridionales, partie sud du Massif central français; nous expliquerons plus loin les circonstances de sa découverte. Aucune de ces deux occur-

rences n'est encore démontrée exploitable mais les travaux jusqu'ici réalisés, en particulier sur la deuxième, sont encore insuffisants pour conclure.

Examinons rapidement le deuxième exemple (*fig. 1*). Les Cévennes sont constituées d'une série métamorphique d'âge paléozoïque déversée vers le Sud en grandes nappes de style pennique (P. BROUDER 1968) (*fig. 3*). On a pu y établir une succession stratigraphique (BROUDER, 1963) (*fig. 2*) mais celle-ci n'a encore pu être exactement corrélée avec celle, lithologiquement beaucoup plus différenciée, de la Montagne Noire.

A plusieurs niveaux de cette colonne, nous avons déjà identifié des minéralisations disséminées:

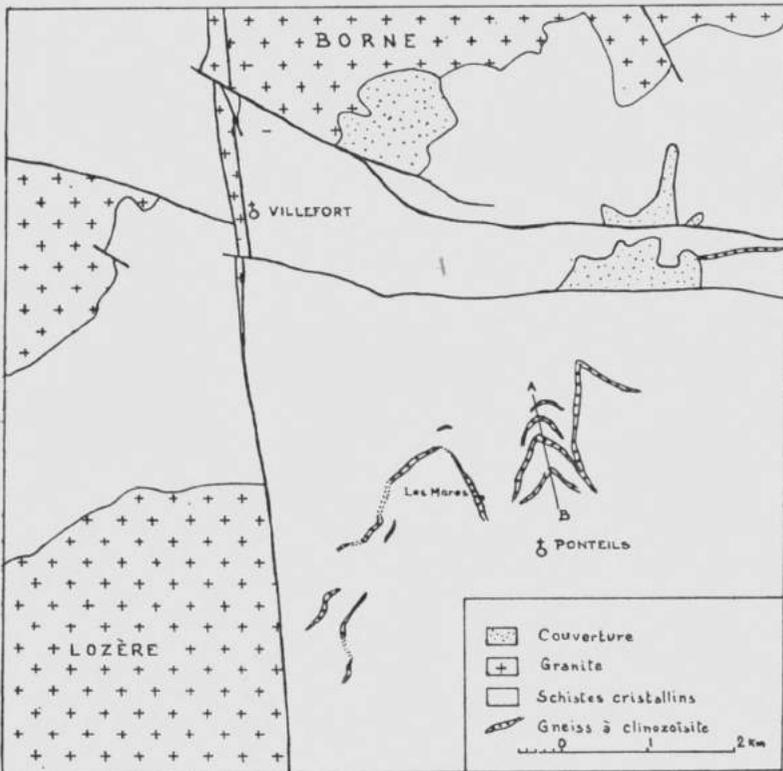


Fig. 1. — Position des affleurements de gneiss à clinozoïsite par rapport aux granites du Lozère et de la Borne (Levés BROUDER et S.M.M. Penarroya). Les répétitions du niveau de gneiss sont dues à la 1ère phase de plissements. Le segment AB indique la position de la coupe *fig. 3*.

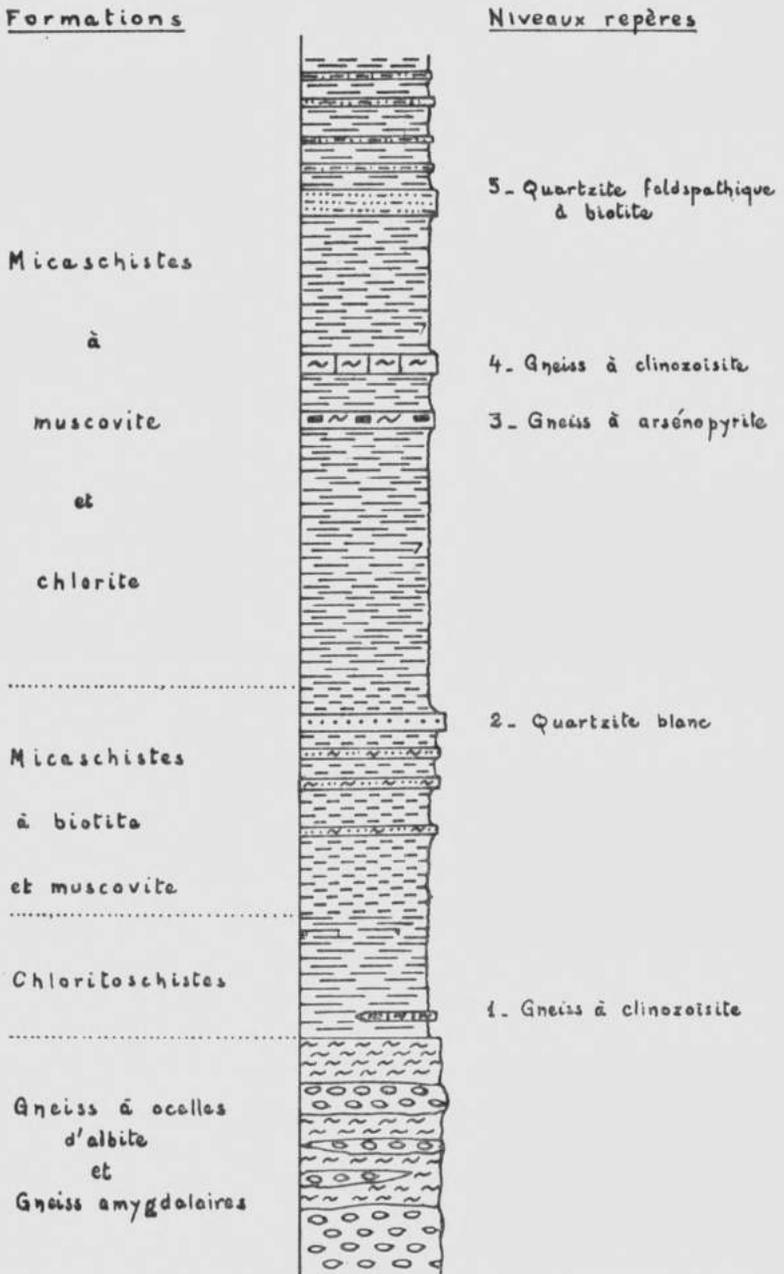


Fig. 2. — Colonne lithostratigraphique du Paléozoïque métamorphique des Cévennes, au SE de Villefort (épaisseur totale 2 000 à 3 000 m).

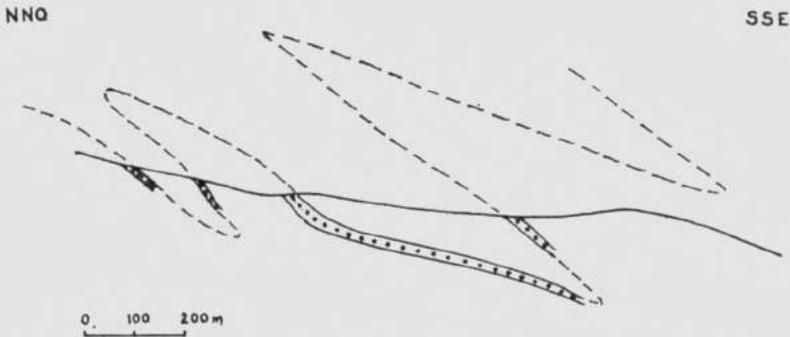


Fig. 3. — Coupe schématique de la colline à l'Est des Mares. Plis mineurs de phase 1, dans le flanc inverse d'un pli majeur homoaxe, couché vers le Sud, indiqués par le niveau de gneiss à clinozoïsite.

— Dans le niveau n° 5: arsénopyrite, pyrite, marcasite, chalcoppyrite, cuivre gris, ulmannite, galène, blende (G. ROGER, 1966, 1971);

— Dans le gneiss n° 3: arsénopyrite (BROUDER, 1963), pyrite, marcasite, galène, blende, pyrrhotite, chalcoppyrite, tétraédrite, magnétite.

C'est dans le gneiss à clinozoïsite n° 4 que nous avons d'abord rencontré la scheelite, en particulier au lieu-dit Les Mares (BROUDER et ROUTHIER, 1967 et ROUTHIER, 1969b, p. 215). En ce point l'essentiel de la scheelite est concentré dans un réseau de veines de quartz de quelques centimètres à quelques décimètres d'épaisseur. *Ces veines, subverticales et orientées à peu près NS et W-E, sont discordantes sur le pendage du gneiss, mais confinées à ce niveau stratigraphique.*

Cependant une petite partie de la scheelite se présente en lentilles plates, longues de quelques centimètres, concordantes avec la stratification générale et la foliation du gneiss. Ces lentilles sont parfois microplissées et même tronçonnées par étirement (fig. 4). La matière qui les constitue se trouvait donc en place dans la couche avant la phase de déformation qui a fait naître ce microplissement. Mais où ce dernier se place-t-il dans la chronologie des déformations?

A ce jour, nous pensons pouvoir déchiffrer, dans la série métamorphique des Cévennes, « tectonite » hercynien, six épisodes importants de déformation souple caractérisés chacun par une

direction et un style (BROUDER, 1971). Les grands plis couchés vers le Sud sont de l'épisode I, qui est aussi l'épisode principal de métamorphisme orienté. Deux autres épisodes (II et V) ont produit des plis couchés, mais d'amplitude beaucoup plus réduite, et sont accompagnés de recristallisations orientées importantes. Le microplissement observé dans les lentilles de scheelite appartient au plus récent des deux: épisode V (fig. 4).

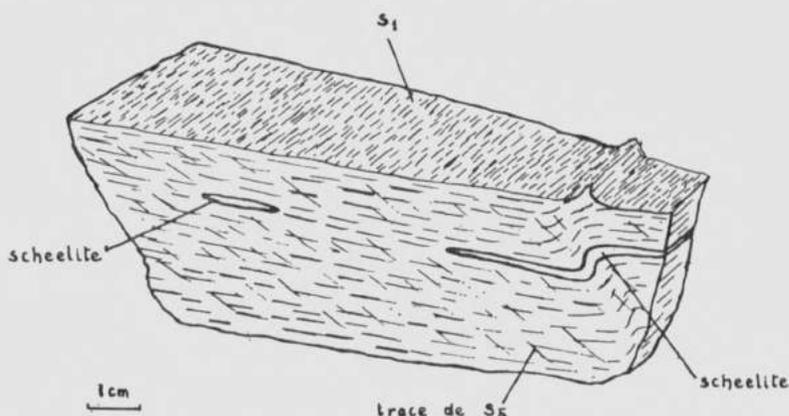


Fig. 4. — Echantillon de gneiss à clinozoïsite montrant un micropli dans une lentille de scheelite parallèle à la stratigraphie S0 et à la foliation S1 de 1ère phase. Ce micropli de phase V a pour plan axial S5. Sur la face supérieure on voit des linéations d'intersection de S1 et S5, parallèles à l'axe du micropli. Remarquons aussi une seconde lentille de scheelite dans la même surface S1 (= S0) que la lentille principale.

Si l'on cherche la coupole granitique sous-jacente, on constate que la minéralisation examinée se trouve à près de 5 km du granite le plus proche et surtout en dehors de toute auréole de métamorphisme de contact. De plus, la mise en place de ce granite semble bien contemporaine du *dernier* épisode de déformation de la série encaissante (épisode VI); en effet le microplissement décimétrique de cette phase est particulièrement intense dans l'auréole et il semble alors difficile de séparer les deux événements.

L'expression la plus ancienne de la scheelite que l'on puisse saisir ici est donc relativement « tardive » dans la chronologie des déformations, mais semble bien antérieure à l'installation du granite à ce niveau crustal. Dès lors la vraisemblance paraît

grande en faveur de la familiarité, non seulement du calcium (gneiss à silicates calciques) mais aussi du tungstène. Cependant la démonstration n'est pas aussi rigoureuse que dans le cas de l'or de Passagem, examiné plus loin.

Ajoutons que, dans les Cévennes, nous avons rencontré de la scheelite dans deux autres niveaux stratigraphiques: le gneiss à arsénopyrite n° 3 et le gneiss à zoïsite n° 1, stratigraphiquement inférieurs au gneiss à zoïsite n° 4.

Que l'on admette l'origine familière ou étrangère de cette minéralisation en scheelite, il paraît intéressant d'indiquer comment elle fut découverte. Depuis plusieurs années nous connaissons donc des minéraux métalliques disséminés à divers niveaux. En 1963, BROUDER découvrit, dans une plaque mince de gneiss à clinozoïsite, un grain d'un minéral que ses caractères optiques permettaient de rapporter à la scheelite. Sa présence dans un niveau à minéraux calciques ne parut pas pouvoir être fortuite, mais cette idée ne fut exploitée que quatre ans plus tard, en explorant systématiquement à la lampe UV les affleurements du niveau porteur. Cette découverte apparaît donc comme un sous-produit typique d'un travail structural et pétrologique qui n'était pas, au départ, orienté vers la recherche de minéralisations.

Quant à son *intérêt économique* éventuel il est encore inconnu. La géométrisation et l'évaluation d'un tel gisement paraissent au moins aussi difficiles que celles des gisements de scheelite en skarns! Certains sondages carottés et percutants ont traversé des sections assez longues à bonnes teneurs: par exemple 1,09 %  $WO_3$  sur 12 m et 0,58 % sur 23 m; dans une tranchée un échantillonnage sur 20 tonnes a donné 0,68 %. Même si ce dépôt particulier de scheelite n'était pas exploitable, il indique une voie qui débouchera peut-être un jour.

Sur les teneurs, très erratiques, et la production des gneiss précambriens des Rocheuses, on n'a pratiquement pas d'informations; un petit gisement du Wyoming n'aurait produit que quelques centaines de tonnes de minerai (trié) à 2 %  $WO_3$  (TWETO, *loc. cit.*).

Les exploitations en carrière des schistes à ferbélite du Ruanda et de l'Uganda, matériaux beaucoup plus meubles et abattables en masse, récupéraient des teneurs souvent inférieures à 0,10 %  $WO_3$  et pouvant même descendre jusqu'à 0,0125 %, soit 125 ppm,

c'est-à-dire environ deux fois la teneur de la saumure du lac Searles (Californie)! L'ouverture de gisements de tungstène en *couches* dures dépendra évidemment de la mise en exploitation ou non de ces grands gisements en couches ameublies ou même en dépôts salins.

Resterait à se poser la question génétique: *du tungstène peut-il être transporté par les eaux exosphériques?* On dispose de quelques réponses expérimentales positives (S. DOUCET, 1971), mais il est également intéressant de se référer à quelques dépôts très particuliers, et d'ailleurs encore fort peu étudiés. En France on connaît:

— Dans des calcaires liasiques, un remplissage karstique à minerai de manganèse contenant de 0,58 à 3,72 %  $WO_3$  (Auxillac, Lozère);

— et une *couche* de minerai de manganèse métamorphisé, d'âge carbonifère, avec *huebnérite* (Adervielle, Hautes-Pyrénées) (1).

Pour le premier au moins de ces exemples, il paraît assez difficile d'invoquer un dépôt de source thermale, comparable au psilomélane tungstifère de Golconda, Nevada (P. F. KERR, 1940).

Bien entendu l'évocation des saumures à tungstène du Lac Searles (Californie) et des sédiments ferro-manganésés à tungstène de la mer d'Okhotsk s'impose, au moins à titre de référence.

#### B. OR DANS DES STRATES CARBONATÉES. Exemple. Passagem (Brésil).

Par contraste avec le précédent cet exemple illustre une démarche inverse: pour comprendre la formation du gisement il a fallu, par une impérieuse logique, reconstituer l'*histoire structurale* de son environnement (R. FLEISCHER, 1971).

Le gisement de Passagem (fermé, environ 50 tonnes d'or), comme celui plus célèbre de Morro Velho (environ 250 tonnes depuis 1830), s'inscrit dans le Précambrien du Quadrilatère ferrifère de l'état de Minas Gerais. L'un et l'autre sont étroitement associés à des couches carbonatées dolomitiques, mais celles de

---

(1) Dépôts connus depuis longtemps, mais « exhumés » par BERNATZKY, ingénieur au B.R.G.M.; des recherches sont actuellement entreprises sur Auxillac.

Morro Velho sont plus anciennes que celles de Passagem. Le gisement de Passagem est connu pour sa richesse en tourmaline; pour cette raison, il fut, dans tous les traités classiques, placé dans les gîtes « pneumatolytiques-hypothermaux ». Cette vision se trouve aujourd'hui fortement contrebattue par trois groupes de données.

### 1. *Analyse macro et micro-structurale*

1. *La série Minas* du Quadrilatère, qui vers sa base porte le gisement, a subi au moins trois phases de déformations souples: les deux premières en plis couchés à axes successivement NW-SE et déversement au NE, puis NE-SW, avec déversement probable au NW; la troisième en dômes. A la première est associée le métamorphisme régional principal, à la seconde une paragenèse de grade moins élevé.

2. *La minéralisation* est, aux échelles hecto et décamétriques, parfaitement concordante entre un mur de quartzites à séricite (base de la série Minas) et un toit d'itabirites. L'horizon-porteur (« formation Batatal ») comporte, en proportions variées suivant les points: des séricitoschistes graphiteux à biotite et grenat, des dolomies ferrugineuses et des métacherts.

Le *minerais* est une tourmalinite associée à du quartz blanc et (ou) à des amas de dolomite en gros cristaux, localisée à des niveaux variables de l'horizon-porteur. A la tourmalinite sont associés: arsénopyrite (largement dominante), pyrite, pyrrhotite, chalcopryrite, galène — en très faible quantité et identifiés à la microsonde électronique: des minéraux de bismuth (bismuthinite, tétradymite, tellurobismutite, bismuth natif, cosalite) et la maldonite (Au Bi). L'or se trouve, soit à l'état libre — et alors dans les espaces intergranulaires de la tourmalinite, ou en bordure et dans les fractures de cristaux d'arsénopyrite, ou encore dans des plages de bismuthinite — soit dans l'alliage Au-Bi (maldonite).

*Comme cette gamme de minéraux métalliques est indissolublement associée à la tourmalinite on doit admettre pour l'ensemble une même histoire.*

Or il est possible de décrypter celle de la tourmalinite et des schistes graphiteux associés grâce à des observations structurales macro, méso et microscopiques orientées dans l'espace. Limitons nous ici aux *observations microscopiques*, en simplifiant.

1. Microplis de deuxième génération.

Dans ces microplis la première schistosité (S 1), marquée par l'allongement des micas (séricite et biotite) est déformée par une deuxième génération de plis d'axes (S 2). Or, une partie des cristaux de tourmaline restent parallèles à la schistosité S 1 plissée. *Ces tourmalines sont donc antérieures à la deuxième génération de plis.*

Parfois la schistosité S 2 se traduit par un « strain slip cleavage ».

De plus, de nombreuses figures de boudinage, qui aboutissent à la fragmentation de la tourmalinite, ont des axes parallèles aux axes de microplis de deuxième génération.

2. Microplis de première génération.

Leurs plans axiaux sont parallèles à la schistosité S 1. Dans un cas bien analysé on peut voir les aiguilles de tourmaline allongées selon le plan axial du micropli et n'accompagnant pas le contour de sa charnière (*fig. 5*). *Ces tourmalines sont donc très probablement synschisteuses et symmétamorphes de la première phase.*

Il faut donc conclure que les constituants chimiques nécessaires à leur élaboration étaient en place lorsque survint cette première phase de déformation souple.

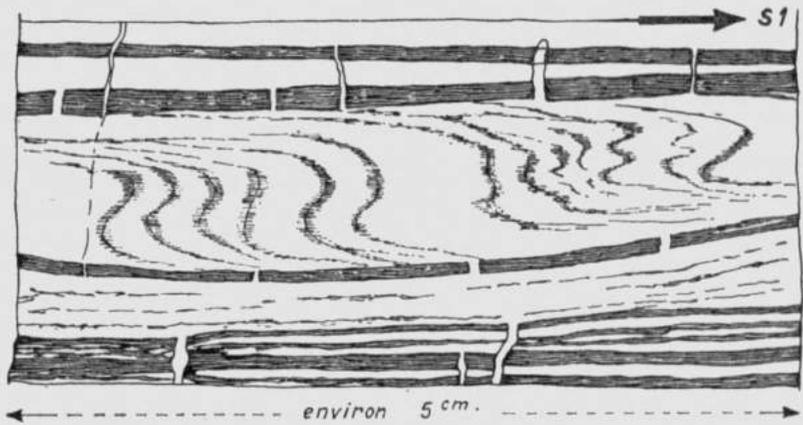


Fig. 5. — Tourmalinite de Passagem (Minas Gerais, Brésil). Microplis de première génération avec cristaux de tourmaline allongés suivant S1 dans les charnières. Noter le boudinage et les fractures d'entension (ici de première génération?) des lits tourmaliniques les plus épais.

L'histoire des sulfures ne peut être pareillement décryptée pour la raison que, comme d'habitude, ils se sont très probablement réorganisés après chaque déformation. Cependant, lorsqu'elle est intimement associée à la tourmalinite, l'arsénopyrite se place le plus souvent parallèlement à S 2. Sa cristallisation la plus ancienne encore observable a dû prendre place pendant la deuxième phase de plissement; mais on ne peut pas objectivement remonter à une étape plus ancienne.

## 2. Analyse faciologique

La distribution en trois zones de la tourmalinite aurifère coïncide assez bien avec trois zones faciologiques qui se répètent, avec peu de décalages latéraux, à cinq horizons stratigraphiques différents de la série Minas.

## 3. Données géochimiques

Le niveau stratigraphique de séricitoschistes graphiteux (formation « Batatal ») qui, à Passagem, passe à un faciès dolomitique portant la minéralisation est, fort loin des concentrations tourmaliniques et aurifères, et jusqu'au moins 50 kilomètres de distance (actuelle!), anormalement riche *en bore*: de 400 à 4 000 ppm. Ces teneurs sont au moins 10 fois supérieures au « clarke des schistes noirs » (selon TOURTELOT et VINE, 1970). *En conclusion*, il semble bien que, sur un fond géochimique régional anormalement riche en bore, des conditions paléogéographiques particulières ont réalisé des concentrations borées, engagées plus tard dans la tourmaline. Nous ne connaissons pas la forme minéralogique tout à fait initiale de ces concentrations borées. Nous ne connaissons pas non plus le mode de transport chimique et de dépôt de l'or, et ne pouvons l'inférer que de données expérimentales, rappelées dans la thèse de FLEISCHER (1971).

Ajoutons qu'une telle concentration borée n'est pas unique dans le Précambrien du Brésil. La *dumortièreite* de la Serra das Veredas (Etat de Bahia), dans des quartzites fort vraisemblablement synchrones de tout ou partie de la série Minas du Quadrilatère, s'est, elle aussi, individualisée pendant le métamorphisme général accompagnant le plissement de ces quartzites.

*Peut-on généraliser* la conclusion de la démonstration administrée pour Passagem? Notons qu'en raison des réajustements cri-

stallins incessants des sulfures et des carbonates il faut, pour une démonstration correcte, un ou plusieurs silicates accompagnateurs dont le comportement vis-à-vis des microstructures soit clair. Cette circonstance est donc plutôt limitative et on ne peut actuellement procéder que par comparaisons.

La comparaison qui s'impose le plus est d'ordre lithologique. Parmi les divers types de gisements d'or liés aux strates, en particulier dans les boucliers antécambriens, nous avons l'impression qu'il existerait un *type lié à des formations chimiques carbonatées*, souvent dolomitiques et plus ou moins ankéritiques ou sidéritiques. Citons, tous dans le Précambrien :

— Morro Velho, Brésil (J. E. GAIR, 1962) et plusieurs autres du même district (G. E. TOLBERT, 1964);

— Districts de Kilo et Moto, RD Congo (voir F. KAISIN, 1953, 1967);

— Namoya, Congo (voir A. KAZMITCHEFF, 1968);

— Ity, Côte d'Ivoire, exploré par le B.R.G.M. et antérieurement interprété comme « métasomatique de contact ».

Cependant ces rapprochements ne peuvent être suggérés qu'avec beaucoup de réserves car, dans plusieurs de ces régions, le volcanisme a joué un rôle (cf. les vieilles ceintures aurifères associées à des laves), alors qu'à Passagem il ne paraît pas avoir existé.

Et nous laisserons à nos collègues du continent américain le soin de disputer sur les gisements du district de *Carlin* (Nevada). Cette suggestion paraît de nature à élargir un peu les potentialités aurifères des vieux boucliers. Quant à la méthodologie de la recherche de tels gisements, c'est une autre affaire!

### C. COBALT DE BOU-AZZER (Maroc)

Nous ne mentionnons ici les importants gisements (encore précambriens!) de ce district que très rapidement. Indiquons seulement que le niveau-porteur des arséniures de cobalt est constitué de dolomite et de jaspe plus ou moins recristallisés. Il a certainement été formé en milieu exosphérique. On peut encore hésiter entre un dépôt sédimentaire (ROUTHIER, LEBLANC et CLAVEL, 1970) ou une croûte d'altération météorique (cf. les « birbirites »); peut-être le niveau procède-t-il, suivant les en-

droits, de l'un ou l'autre de ces phénomènes. En tout cas il paraît certain qu'il s'est formé à la suite de l'émersion d'un appareil ophiolitique avec péridotites.

Les données géochimiques accumulées récemment par une mission soviétique montrent la possibilité que, non seulement le cobalt et le nickel, mais aussi l'arsenic, aient pris leur source dans les roches ultramafiques.

#### CONCLUSION SUR CES TYPES « INUSUELS »

Nos prédécesseurs PARGETER, DE MAGNEE et ADERCA, et OGDEN TWETO jugèrent donc avec beaucoup de perspicacité. Le premier, dès 1954, suggérait même que la tourmaline des schistes graphiteux à ferbélite de Ruhizha pourrait bien dériver « durant le métamorphisme d'un matériau authigène », comme GARLICK (1953) venait de le faire pour la tourmaline de la Copperbelt de Zambie. Nous avons vu que tel est le cas pour celle de Passagem. Les deux auteurs belges écrivaient (1960, p. 45): « Lorsque la géochimie du tungstène sera mieux connue, il apparaîtra probablement, à l'exemple d'autres éléments, que ce métal est très répandu, aussi bien dans les sédiments... etc. ». Dans notre traité (1963, p. 434) cette vision fut également présentée avec force. Aujourd'hui le domaine d'application s'est étendu et le faisceau des preuves s'est enrichi et considérablement consolidé, dans plusieurs cas, grâce à l'analyse microstructurale. Cette dernière, dont l'essor date à peu près d'une décennie, n'est encore que trop ignorée de beaucoup de géologues miniers, qui se privent ainsi d'une arme désormais indispensable.

Nous concluons volontiers cette partie par une question: « Quels sont donc les éléments chimiques *qui ne peuvent pas se concentrer notablement par voie sédimentaire et ne peuvent donc jamais être familiers aux couches qui les contiennent?* ».

#### II. De la familiarité à l'héritage. Exemples d'héritage. De l'héritage à la province minérale

On vient de constater que les concentrations de l'étape sédimentaire, familières aux strates, ne peuvent certainement pas être négligées dans le cycle de la plupart des métaux; nous en

avons en particulier souligné des exemples prétendus inusuels. *Maillon essentiel pour comprendre la suite*, car les sédiments *héritent* leur contenu d'une *source*; soit de masses continentales de composition lithologique plus ou moins complexe, soit d'un volcanisme synchrone (cas des formations volcano-sédimentaires proprement dites). A leur tour les roches volcaniques, métamorphiques, granitiques héritent, en plus ou moins grande partie, de roches sédimentaires ou d'autres. *Littéralement camouflés par l'interprétation hydrothermaliste univoque, beaucoup de ces cas d'héritages ont été négligés et mal mis en valeur*. Esquissons-en quelques-uns.

A. HÉRITAGE ET SÉDIMENTATION. Exemple: gisements plombo-zincifères du Mésozoïque autour des Cévennes.

Ces gisements ont servi de bases aux analyses de l'« Ecole paléogéographique française », et en tout premier lieu d'A. BERNARD (1958). D'où peuvent venir les *cations* métalliques dont le piégeage précoce (syndiagénétique) dans certains sites paléogéographiques (paléotalus sur flancs de petits reliefs vivants) a constitué tant de gisements? C'est en vain que l'on cherche, dans le Mésozoïque de ces régions, les manifestations d'un volcanisme ou d'un subvolcanisme ou les signes de sources thermales sous-marines. Dès lors, la source ne peut être que continentale: sur ce point s'accordent A. BERNARD (1958), J. C. MACQUAR (1968) et J. C. SAMAMA (1968, 1969). Une étude géochimique a conduit le troisième auteur à avancer une « forte présomption pour l'héritage géochimique entre couverture triasique et socle hercynien ».

Dans le stock géochimique hérité d'un tel socle par altération et lessivage, puis sédimentation, il est pratiquement impossible de faire la part de ce qui provient:

- Soit d'un fond régional déjà anormal;
- Soit de concentrations antérieures.

De nombreux filons et même de modestes stratiformes sont connus dans le socle des Cévennes et ont pu en livrer une partie.

Beaucoup de provinces minérales, où se présentent des concentrations des mêmes métaux à divers niveaux stratigraphiques (ou dans des roches d'âges variés) devraient être envisagées sous ce jour; par exemple:

— Paléozoïque et Trias des Alpes orientales calcaires (Zn-Pb);

— Protérozoïque et Cambrien de Colombie britannique (Zn-Pb), avec dans le premier l'énorme gisement de Sullivan (2) et dans le second ceux, plus modestes, de l'arc de Kootenay.

La répétition de l'or à Morro Velho et à Passagem (Brésil), dans des formations d'âges différents pourrait en être un autre exemple...

On pourrait multiplier les exemples soupçonnables, ou très vraisemblables, de tels héritages, mais au total on ne ferait que répéter les anticipations si logiques et pourtant si oubliées d'auteurs, au demeurant bien rares, comme H. F. BAIN (1907) et PARGETER, déjà cité; ce dernier (1956, p. 43) prévoyait l'héritage du tungstène des schistes de l'Uganda à partir de roches granitiques antérieures.

Il serait beaucoup plus intéressant d'accumuler les démonstrations de ces héritages, ce qui exige de recourir à de patients travaux géochimiques, en se gardant toutefois des « faux-témoins » (notion explicitée dans ROUTHIER, 1969a, p. 88-98).

## B. HÉRITAGE ET VOLCANISME

On a discuté la *contamination* du volcanisme d'origine profonde avec de nombreux critères. *Mais les pétrologues et métallogénistes ont singulièrement négligé celui que peut apporter telle ou telle minéralisation spécifique.*

Par exemple, dans le Nord de Honshu (Japon), l'aite de distribution des filons à manganèse dans le volcanisme tertiaire prolonge vers l'Ouest celle des dépôts stratiformes dans le Paléozoïque supérieur (T. WATANABÉ, comm. personnelle, 1966).

Un exemple comparable, mais plus complexe, a été analysé dans la Sierra de Carthagène, Espagne, par Mlle M. J. PAVILLON (1969). Voici le principe de la démonstration. Dans le district de Carthagène, trois volcanismes successifs, d'âges très différents, reprennent des minéralisations préexistantes. Ces volcanismes ne conduisent à des concentrations minérales que là où les corps

---

(2) Qui, soit dit en passant, s'est aussi déposé sur un paléotalus.

volcaniques recouvrent en plan les zones minéralisées déjà existantes; ailleurs, ils sont stériles.

La chronologie et la position géométrique des minéralisations successives sont condensées dans la *fig. 6*.

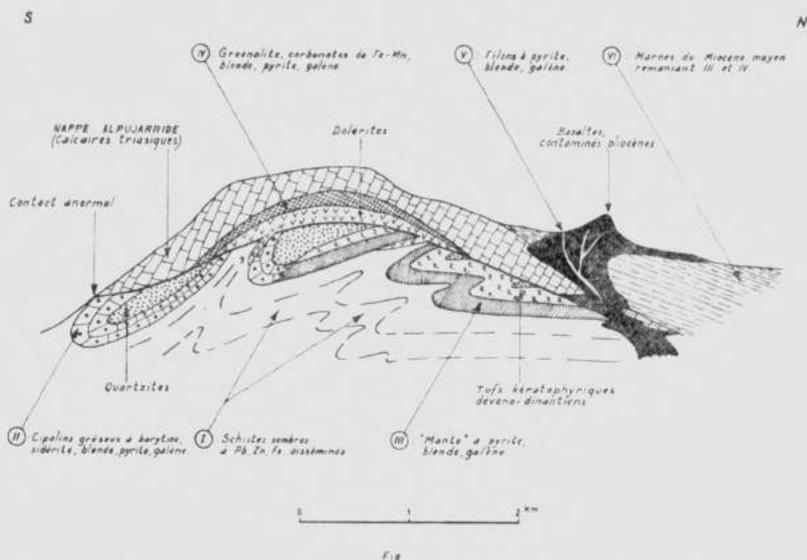


Fig. 6. — Coupe schématique à travers la Sierra de Carthagène, Espagne, montrant 6 types de minéralisations et leurs positions géométriques respectives.

On y voit, dans le *substratum de la nappe*, trois types de minéralisation. La plus ancienne: I, est disséminée dans des schistes sombres. La minéralisation II, dans des cipolins gréseux, a pu être intégrée dans un schéma de zonalité paléogéographique cohérent, où des lits de barytine et de sidérite marquent la proximité d'un paléorivage. III est associé à un volcanisme kératophyrique probablement dévono-dinantien.

Dans la *nappe*, au-dessus du contact anormal, s'est insinué un subvolcanisme doléritique, mis en place lors de mouvements verticaux du Miocène inférieur, postérieurs à la mise en place de la nappe. Il aurait été suivi par des circulations hydrothermales qui auraient:

— Modifié la dolérite en l'enrichissant considérablement en fer;

— et remplacé localement, en particulier le long de la surface de contact anormal, les calcaires triasiques par une roche à greenalite, carbonate Fe-Mn, magnétite, pyrite, blende et galène: IV.

Ce phénomène demeure encore assez mystérieux...

Survient ensuite le *volcanisme pliocène*, représenté par des corps subvolcaniques de grand volume et par des épanchements. Son magma basaltique a été manifestement *contaminé* (trachy-andésites, rhyolites). Dans ces appareils se sont installés des filons plombo-zincifères, souvent très riches: V. Or *l'inventaire régional montre que ces filons Pb-Zn n'existent que là où le volcanisme pliocène a traversé les zones minéralisées précédentes* (voir la carte in PAVILLON, *loc. cit.*, p. 372).

La succession est en réalité encore plus complexe car le Miocène post-nappe contient un paléosol minéralisé, et des minéralisations détritiques à galets et magnétite empruntés aux minéralisations III et IV.

Au total cet exemple nous offre la superposition spatiale, avec peu de déplacements latéraux, de cinq héritages successifs, dont trois liés à des volcanismes, à partir d'un stock métal dont l'expression la plus ancienne actuellement repérable se trouve dans les schistes et les cipolins du substratum.

Pour toutes sortes de raisons, qui n'ont pu être toutes indiquées ici, il ne nous apparaît pas possible de faire endosser au volcanisme le plus tardif la responsabilité d'une unique venue minéralisante, comme on l'a soutenu et comme on le soutient encore (G. FRIEDRICH, 1964, H. URBAN, 1968, S. GRAESER et G. FRIEDRICH, 1970). Ce n'est qu'un des cas où les conclusions que l'on veut tirer de la géochimie isotopique ne concordent pas avec les critères chrono-géologiques...

### C. HÉRITAGE ET GRANITISATION

Notre équipe n'en ayant pas analysé d'exemples, contentons-nous de souligner, parmi bien d'autres, quelques faits suggestifs:

— En Basse Silésie, les dépôts de cassitérite de Gierczyn, vieux placers marins, donc liés aux strates, mais largement épigénétiques (en veines), sont très proches des gîtes stannifères

classiques de la formation saxonne d'âge hercynien » (S. JASKOLSKI, 1960);

— Dans l'Est du Congo-Kinshasa, les concentrations péri-granitiques de Sn et W pourraient bien être héritées de concentrations liées aux strates telles qu'on les connaît plus à l'Est, au Ruanda et en Uganda (I. DE MAGNEE et B. ADERCA, 1960).

— Dans la ceinture minérale du Colorado, les porphyres intrusifs tertiaires ont emprunté notamment Mo et W (huebnérite et ferbériite) à la fusion des gneiss précambriens à scheelite et powellite; les gisements de Climax et Boulder sont les produits de cet héritage (O. TWETO, *loc. cit.*, p. 1 426).

#### D. HÉRITAGE ET MÉTAMORPHISME

Sur ce thème nous nous bornerons à quelques propos provocateurs et forcément légers en apparence.

1. En ce qui concerne le *métamorphisme régional* nous estimons:

— Qu'à l'échelle des gisements il est isochimique;

— Qu'il ne s'accompagne d'aucune grande migration de matière à longue distance susceptible de donner naissance à des gisements importants. Ainsi les stratiformes anté-métamorphiques restent stratiformes et, à quelques détails près, à leur place dans la stratigraphie originelle. Cela revient à dire qu'il n'y aurait que des gisements *métamorphisés* (ou métamorphiques) et pas de gisements *métamorphogènes* (au sens de certains auteurs soviétiques), sauf dans quelques-unes de leurs parties.

Bien entendu les déplacements de minéraux métalliques, et en particulier de sulfures, leurs migrations dans les charnières de plis, leurs transpositions dans la schistosité, leurs « fuites » à proche distance dans les épontes, leurs recristallisations ne sont pas niables. Mais tous ces phénomènes n'apparaissent pas du tout comme spécifiques d'un « climat métamorphique »; aussi bien se manifestent-ils aussi dans des régions intensément plissées, mais peu ou non métamorphiques.

2. En ce qui concerne le *métamorphisme de contact*, nous sommes disposé à mettre en cause la validité de l'ensemble des gisements dits « pyrométasomatiques », et d'abord pour beaucoup de gisements de fer. L'exemple correctement analysé de Diélette,

au contact du célèbre massif granitique de Flamanville, ouvre la percée. En effet, du minéral de fer oolithique, déposé sur une zone paléogéographique haute, y était accumulé avant l'intrusion (M. J. PAVILLON, 1963 et autres auteurs).

Aucune théorie *a priori*, telle que celles de l'école de KORJINSKY et de ses continuateurs, ne peut aller contre de tels faits et il nous semble que ces théories mettent complètement « la charrue avant les bœufs » (la théorie du phénomène avant sa démonstration!). Bien des districts de skarns à fer devront être revus dans cette optique. Mais il faudra même aller plus loin car il se pourrait que des skarns à cuivre, zinc, plomb et même tungstène soient primitivement liés à des concentrations sédimentaires sur hauts fonds ou paléotalus, très normalement futurs anticlinaux à intrusions granitiques. Nos observations rapides, par exemple dans le gisement de cuivre de Craigmont (Colombie britannique) et dans celui de scheelite de Salau (Pyrénées françaises) (3), sans déboucher sur une démonstration convaincante, montrent que le problème mérite d'être posé. Dans l'avenir nous chercherons à faire vérifier ou infirmer ces suggestions.

En bref, selon nous, les terrains métamorphiques hériteraient leurs gisements des terrains sédimentaires (ou autres) antérieurs sans grands déplacements de matière.

Il faudrait, certes, insérer ici certains phénomènes de sécrétion, mais ceux-ci n'étant pas spécifiques du climat métamorphique ou de la proximité immédiate de foyers granitiques, mieux vaut les examiner à part.

E. HÉRITAGE ET SÉCRÉTION. Exemple: les gisements antimonifères du Massif Central français (G. ROGER, 1971).

Attribué à SANDBERGER (1885), le concept de sécrétion s'impose parfois directement lorsqu'on compare la composition minéralogique du corps minéralisé et celle des roches porteuses adjacentes. C'est ainsi que PARGETER (*loc. cit.*, p. 45), dans certaines parties des gisements de tungstène de l'Uganda, voyait une « sécrétion latérale durant le métamorphisme ». Mais la démonstra-

---

(3) L'essentiel de la scheelite s'y trouve dans un « niveau » de pyrrhotite qui se comporte comme une couche plissée. Gisement découvert par le B.R.G.M.

tion peut être beaucoup plus difficile et requérir un contrôle géochimique plus rigoureux. Parmi les plus notables études récentes dans cet esprit citons celle de BOYLE (1959 à 1968, voir 1968) sur le district aurifère de Yellowknife.

Parmi les phénomènes de sécrétion il y aurait lieu d'envisager au moins deux cas :

- sécrétion en climat non métamorphique;
- sécrétion en climat métamorphique;

*Dans la première rubrique*, nous ne pouvons qu'évoquer des travaux en cours sur ce que nous appelons, en France, les « filons de couverture » (cf. ROUTHIER, 1963, p. 362), examinés dans le Mésozoïque des Causses. C'est un sujet fort difficile et fort négligé. Etant donné l'état d'avancement de notre approche nous n'en présenterons que le résultat actuel le plus important. La quasi totalité du remplissage des caisses filoniennes était en place avant les premières manifestations importantes de la tectonique tertiaire, pyrénéo-alpine (J. C. MACQUAR, inédit). Ce résultat élimine l'hypothèse d'une alimentation par des solutions hydrothermales ascendantes liées à cette tectonique. Rappelons la conclusion à laquelle aboutit H. ROUVIER (1962) à propos des filons de couverture du Diois et des Baronnies (Alpes externes) : la source la plus probable des éléments métalliques de ces filons doit être recherchée dans la série encaissante et plus particulièrement au niveau des formations argileuses du Callovo-Oxfordien.

*Dans la deuxième rubrique* : sécrétion en milieu métamorphique, voici maintenant une contribution assez « révolutionnaire », et qui sera certainement contestée, sur les gisements d'antimoine du Massif Central français, due à G. ROGER (1971).

Ces gisements sont encaissés dans les terrains métamorphiques du socle (Cévennes (*fig. 7*), Brioude-Massiac) ou dans les grès autuniens de la couverture (Buzeins). Ils étaient jusqu'à présent considérés, de manière implicite, comme « étrangers », et génétiquement liés à des filons microgranitiques ou granitiques (Cévennes, Brioude-Massiac), ou à un volcanisme basaltique pliocène (Buzeins).

L'étude a été orientée dans une voie différente : celle des relations entre les corps filoniens et leur environnement géologique.

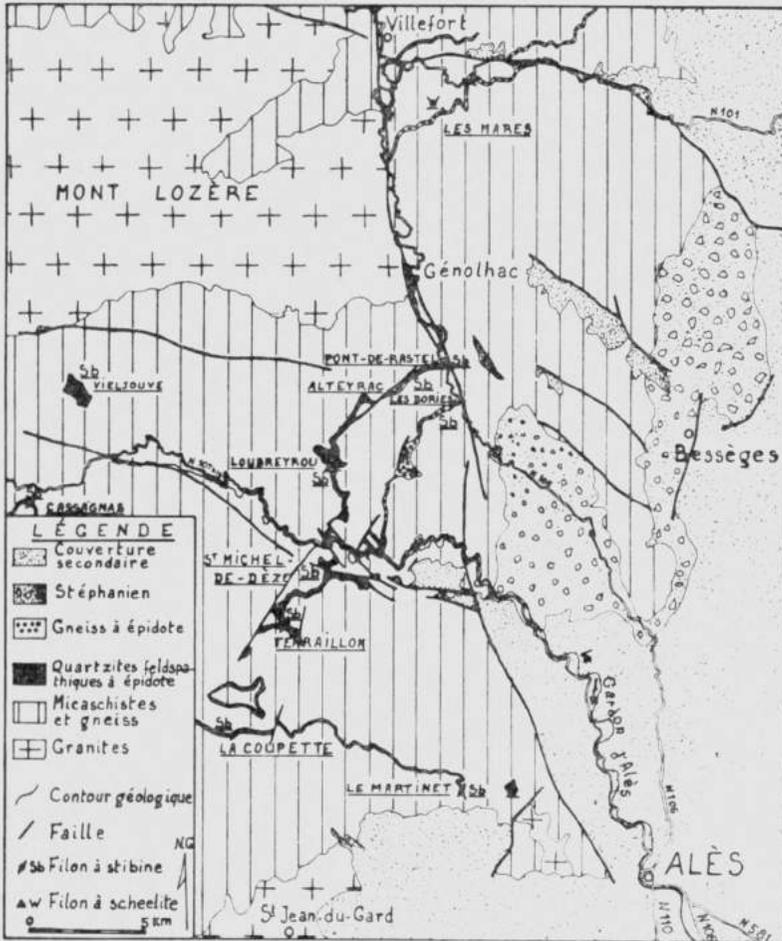


Fig. 7. — Carte schématique de localisation des minéralisations à stibine et à scheelite des Cévennes. Les filons à stibine sont étroitement contrôlés par deux niveaux-repères de la série métamorphique — les quartzites feldspathiques à clinozoïsite et les gneiss à clinozoïsite. Leur distribution est indépendante de la position des massifs granitiques. La minéralisation à scheelite est contrôlée par le niveau de gneiss à clinozoïsite, loin des massifs granitiques et de leur auréole de contact (voir aussi fig. 8).

### 1. Métallotectes litho-stratigraphiques

La distribution des corps minéralisés n'est pas influencée par la répartition des affleurements de roches granitiques et microgranitiques. Elle est en revanche sous la dépendance plus ou moins étroite de métallotectes litho-stratigraphiques, qui ne peu-

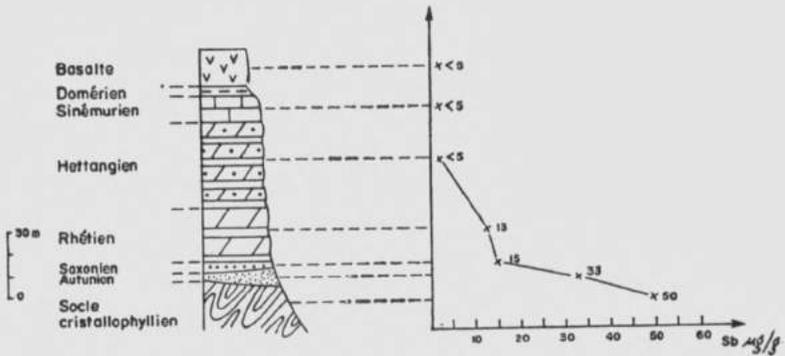


Fig. 8. — Evolution des « teneurs de fond » en antimoine dans la succession lithostratigraphique aux environs du gîte de Buzéins (Aveyron).

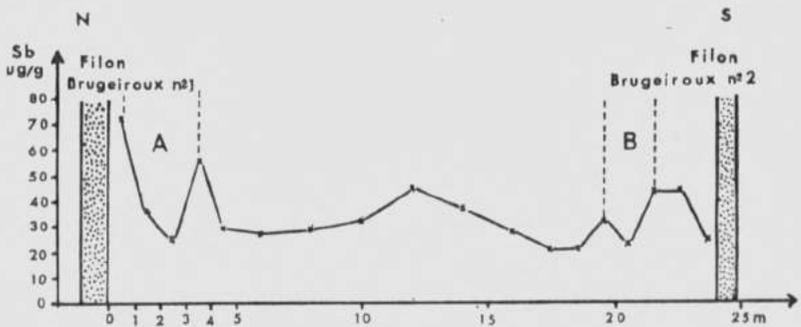


Fig. 9. — Profil de distribution de Sb en traces dans les gneiss compris entre les deux filons principaux de la mine d'Ouche (Cantal). Chaque point représente la moyenne des teneurs des échantillons prélevés dans les travers-bancs 0, — 6 m, — 16 m, — 34 m et — 84 m. Les zones A et B peuvent être interprétées comme des zones de drainage.

vent sans doute pas s'expliquer seulement par les propriétés mécaniques des niveaux-porteurs. Par exemple, les filons à stibine du district cévenol sont étroitement contrôlés par deux niveaux-repères de la série métamorphique: les gneiss à clinozoïsite et les quartzites feldspathiques à biotite et clinozoïsite (fig. 2); la puissance de ces deux niveaux-repères limite généralement l'extension verticale et latérale des filons.

## 2. Données minéralogiques et géochimiques

### a) Dans le socle paléozoïque métamorphique

Des bilans qualitatifs montrent que tous les éléments constitutifs des minéraux de minerais et de gangues peuvent trouver leur source dans les roches supports des corps minéralisés. En particulier, des *anomalies géochimiques antimonières*, étendues et fortes (par rapport à la valeur du « clarke » dans l'écorce, estimée entre 0,1 et 2  $\mu\text{g/g}$  selon les auteurs) ont été mises en évidence dans le socle métamorphique, dont les « teneurs de fond » sont de 50  $\mu\text{g/g}$  à Buzeins, 31  $\mu\text{g/g}$  dans les Cévennes et 30  $\mu\text{g/g}$  dans le district de Brioude-Massiac. L'antimoine en traces dans les roches a été détecté, à l'aide de la microsonde électronique, uniquement dans certains *minéraux-porteurs*: très souvent des *oxydes de fer et de titane* (ilménite, rutil) beaucoup plus rarement la biotite et la pyrite. Des sulfures ou des oxydes d'antimoine n'ont jamais été individualisés dans les roches, en dehors des épontes des filons.

Les terrains métamorphiques renferment, d'autre part, une importante quantité potentielle de *soufre*, sans doute originellement lié à des matières organiques, transformées en graphitoïdes et en graphite au cours du métamorphisme.

Outre ces constatations générales, déjà fort troublantes, les profils géochimiques fournissent, dans plusieurs cas, une image assez claire.

Le niveau-porteur de la minéralisation est *appauvri* en antimoine à l'approche des filons, par rapport à sa « teneur de fond ». Sur les profils de distribution de l'antimoine en traces dans le gneiss encaissant les filons d'Ouche (Cantal), on voit apparaître une « zone de drainage » probable à proximité des filons (*fig. 9*). C'est un des meilleurs arguments que l'on puisse invoquer en faveur de la sécrétion latérale.

L'*abondance du titane* (jusqu'à 750  $\mu\text{g/g}$ ) parmi les éléments en traces dans la stibine semble même authentifier la source de l'antimoine. En effet, si l'antimoine présent dans les corps minéralisés sous forme sulfurée s'est bien concentré à partir de l'antimoine en traces dans les roches, localisé préférentiellement dans les oxydes de titane et de fer, il est plausible qu'une petite quan-

tité de titane ait accompagné l'antimoine au cours de sa migration.

b) *Dans la couverture*

Les « teneurs de fond » en antimoine *des premiers dépôts détritiques de couverture* sont encore très élevées: 33  $\mu\text{g/g}$  dans l'Autunien de Buzeins, 20  $\mu\text{g/g}$  dans le Stéphaniens des Cévennes. Cette anomalie héritée du socle s'atténue et disparaît rapidement dans la couverture secondaire carbonatée (*fig. 8*). A proximité du gîte de Buzeins, les grès autuniens renferment d'autre part un « horizon antimonifère » dont la teneur moyenne en antimoine est de 500  $\mu\text{g/g}$ ! Les seuls minéraux porteurs d'antimoine mis en évidence dans ces grès sont encore des oxydes de fer et de titane.

3. *Hypothèse génétique*

Le socle dérive par métamorphisme régional topochimique de roches sédimentaires et (ou) volcano-sédimentaires contenant initialement un stock d'antimoine dispersé. Au cours du métamorphisme, ce stock a été engagé, de même que les éléments majeurs, et éventuellement préconcentré dans certains minéraux-porteurs généralement non sulfurés, cités plus haut. Ces mêmes minéraux porteurs, issus du démantèlement du socle, se retrouvent dans les termes détritiques de base de la couverture sédimentaire, où ils forment localement des préconcentrations de type « placer » (ex.: Buzeins). Les concentrations métalliques sous forme sulfurée seraient donc finalement issues, par *héritages successifs*, de ce stock primitif et de son union avec le soufre dispersé.

La minéralisation aurait été déposée par des solutions hydrothermales, dans le sens de solutions aqueuses chaudes, faiblement acides à faiblement basiques, dont la température n'aurait pas dépassé 200 à 350° C. Pour les filons dans le socle, l'origine de ces solutions peut être recherchée dans les conditions du climat métamorphique: recristallisations sous tension de vapeur ou de gaz en particulier, plutôt que dans des « magmas » granitiques. Le transport de la minéralisation se serait effectué par drainage vers des fractures, principalement sous l'effet d'un gradient de pressions.

Pour clore cette brève revue d'héritages ajoutons que les sources thermo-minérales elles-mêmes « héritent », et c'est bien normal. Dans l'arc occidental à tungstène de l'Ouest des U.S.A., le psilomélane tungstifère de Golconda (Nevada), déposé par des sources thermales dans du tuf quaternaire (P. F. KERR, 1940) ne se trouve qu'à une cinquantaine de kilomètres de Mill City!

F. LES HÉRITAGES SUCCESSIFS (OU COMPLEXES) - EPOQUES - REMANENCES (PERMANENCES) - PROVINCES GÉOCHIMIQUES, MINÉRALES, MÉTALLOGÉNIQUES

Dans des exemples comme celui de la Sierra de Carthagène, et on pourrait les multiplier, on voit se répéter, à diverses époques, sous des types différents, des concentrations de certains métaux dans une aire ou plutôt un « prisme » de l'écorce terrestre. Chaque concentration hérite d'un stock géochimique plus ou moins dispersé, ou concentré à des époques antérieures. En résulte une *rémanence* ou *permanence* (4) des métaux considérés dans ce prisme d'écorce, où ils sont plus abondants que le clarke de celle-ci.

Ce prisme constitue alors une *province géochimique*, sur laquelle de nombreux phénomènes concentrateurs et de nombreux métalotectes ont, à diverses époques, élaboré des dépôts et gisements, dont l'ensemble constitue une *province minérale* plus ou moins poly-métallique.

Bien souvent, dans une province, ce fut durant une *époque* bien déterminée que se concentrèrent, de manière prépondérante ou écrasante, tel ou tel métal. Par exemple: cuivre dans le Précambrien supérieur (Infracambrien) de la ceinture Zambie-Katanga — plomb et zinc dans l'Ordovicien supérieur des Pyrénées — or, cuivre et zinc (amas massifs!), nickel, dans beaucoup des vieux « nuclei », plus âgés que 2 500 MA, des boucliers antécambriens du monde.

*Mais la prépondérance écrasante de telle ou telle époque ne peut toujours et ne devrait jamais nous masquer la possibilité de concentrations formées à d'autres époques.* Prenons un exemple:

---

(4) D'après le « Robert » (Dictionnaire de la langue française) ces deux mots, ainsi que *persistance*, sont synonymes.

celui des immenses ceintures stannifères et tungstifères méridiennes du monde (cf. R. D. SCHULING, 1967). La ceinture médio-africaine, ou « nigérienne », se prolongeait, avant la dérive commencée au Jurassique supérieur, le long de la côte orientale du Brésil. Or, si les gisements du type nigérien, liés à des « granites jeunes », du Jurassique moyen (160 MA) en Nigéria, y sont surtout célèbres, il faut y mentionner des concentrations beaucoup plus antiques. Telles sont les pegmatites à étain de l'Antécambrien de Nigéria (J. B. WRIGHT, 1970) et aussi le gisement stratiforme microplissé, également antécambrien, d'Ipameri (Goias, Brésil). Plus à l'Ouest la « ceinture bolivienne » nous offre des suggestions encore plus révélatrices. Tout le monde connaît le type bolivien de gisements d'étain, liés au volcanisme et au subvolcanisme tertiaires. Mais on n'a guère attiré l'attention, au moins dans les traités classiques de Métallogénie, sur d'autres concentrations dans des roches d'âges très différents; en Bolivie (AHLFELD et SCHNEIDER-SCHERBINA, 1964):

— En liaison avec plutonisme du Jurassique inférieur (190 MA);

— Dans des quartzites du *Dévonien*;

— Dans des grès du *Crétacé inférieur*.

Et, au nord de la Bolivie, les gisements de l'Etat de Rondonia (Brésil), sont liés à des ring-dykes très comparables, jusque dans les détails, à ceux de Nigeria mais probablement beaucoup plus anciens: 950 MA.

On voit dès lors se dessiner une vaste région où l'étain se concentre à diverses époques. Entre les concentrations antécambriennes et tertiaires se placent déjà certains « relais » chronologiques; il se pourrait bien qu'il en existât d'autres.

*En fin de compte, en remontant le fil du temps, ces héritages et ces rémanences nous conduisent très souvent, et pour ainsi dire fatalement, à l'idée de portions de l'écorce et du manteau géochimiquement différenciées dès leur origine.* Elles portent en elles, depuis la plus haute antiquité, les provinces minérales dont les expressions les plus voyantes et les plus riches peuvent être beaucoup plus tardives. Par exemple le « monstre » Climax est tertiaire, mais il s'est nourri aux dépens du molybdène et du tungstène disséminés dans les gneiss précambriens (Ogden TWETO, *loc. cit.*).

Pour éclairer un peu le contenu de mots classiques on pourrait alors dire:

« La province minérale est le fruit des héritages et des rémanences dans un certain domaine de l'écorce et de son manteau sous-jacent », tandis qu'elle ne devrait être qualifiée de « métallogénique » (ou « métallogénétique ») que lorsqu'on a déchiffré la succession de ces héritages, ainsi que les métallotectes responsables des principales concentrations. Mais on peut à juste titre estimer inutile cette subtilité sémantique!

Enfin, *d'un point de vue pratique*, comment ne pas voir les possibilités éventuelles d'application de cette vision transformiste de la Métallogénie? C'est ainsi qu'en s'inspirant de la Sierra de Carthagène on peut penser que « les filons minéralisés inclus dans des corps subvolcaniques peuvent conduire à rechercher des minéralisations plus anciennes, notamment des couches minéralisées si le contexte géologique s'y prête » (PAVILLON, 1969, p. 383). Et l'on transposera aisément, en principe au moins, à tous les cas imaginables.

*Plus généralement, à partir du moment où l'on a reconnu des dépôts d'un certain métal dans un segment de l'écorce, il y a lieu de traiter celui-ci comme une province géochimique et minérale et de rechercher d'autres types de dépôts du même métal, formés à différentes époques.* Le moins que l'on puisse dire est que cette idée, qui s'impose depuis assez longtemps, demeure sous-exploitée. Pour terminer nous allons tenter de voir si certains courants « à la mode » ne freinent pas cette exploitation.

### III. Situation de nos travaux dans le panorama international - Conclusion

Après avoir exalté la familiarité et les héritages crustaux, il convient de nous situer rapidement parmi quelques grandes tendances de la Géologie et de la Métallogénie internationales.

Si nous laissons de côté les aspects *thermodynamiques* et *expérimentaux* ainsi que l'analyse des phénomènes actuels — sur lesquels il y aurait évidemment beaucoup à dire — nous voyons actuellement dominer les grands thèmes suivants:

1. *Les plaques et la dérive;*

2. *L'origine profonde* des métaux, fondée sur les *linéaments* et les *isotopes*.

Sur le premier de ces thèmes aucun commentaire particulier ne s'impose puisque les idées que nous avons exprimées ne sont en rien incompatibles avec lui. Ne retenons donc que le thème de l'origine profonde des métaux et les deux groupes d'arguments invoqués en sa faveur.

*Linéaments* — Les linéaments et « bandes linéamentaires » correspondraient à des fractures profondes jouant à diverses époques et seraient sensés conduire souvent les métaux *en droite ligne* depuis le manteau. L'une des plus systématiques et des plus géométriques expressions de cette conception est celle de J. KUTINA (1969).

Plus prudent K. KRAUSKOPF (1967) pose la question: « les métaux peuvent-ils traverser la discontinuité de Moho et "couler" du manteau dans la croûte »?

Dans les analyses de ce genre, il est facile de voir que l'on mélange des gisements où les phénomènes concentrateurs et les métallotectes furent très différents. Certes on a parfaitement le droit d'inclure dans un même réseau rhégnatique: Sullivan, Cœur d'Alène, Butte, etc., mais ignorer que Sullivan est un stratiforme lié à un paléotalus, que Climax est très vraisemblablement un héritage des gneiss précambriens, etc., conduit à des ascendances mantéliques directes alors qu'elles sont beaucoup plus complexes et passèrent fréquemment par le travers de nombreux héritages.

Chez certains auteurs le flot de littérature sur les linéaments minéralisés traduit manifestement un désir de « refuge dans les profondeurs » devant les démonstrations de plus en plus claires administrées par les « sédimentaristes ». C'est en quelque sorte une fuite devant la familiarité.

Dire que tel élément « vient du manteau » est une assertion facile tant qu'on ne cherche pas à préciser les étapes et les moments de sa migration à partir de cette source initiale, *fatale* si l'on remonte à 2 500 ou 3 000 MA!

A partir de cette source initiale: un « paléomanteau » déjà différencié, sans doute en bandes ou ceintures, les héritages successifs n'ont que peu déplacé *latéralement* les métaux; c'est la sédimentation qui les étale le plus, ainsi que les grandes

translations tectoniques. Les premières fractures de la première écorce, ou « *archéo-linéaments* », ont pu ainsi devenir des bandes linéamentaires plus larges dans les temps ultérieurs, puis être fragmentées et transportées par la dérive.

Bien entendu, loin de nous la pensée que l'analyse linéamentaire ne sert à rien, mais nous estimons qu'elle deviendra et devient vite assez stérile si elle exclut une vision transformiste des concentrations minérales.

*Isotopes* — Les révisions les plus récentes, telles que celles données en 1971 dans *Economic Geology* (J.-L. JENSEN), mettent en évidence des données ou des interprétations parfois contradictoires, par exemple pour les intrusions cordillériennes de l'Ouest de l'Amérique du Nord.

1. *Soufre* — Depuis plus d'une décennie on a constaté que  $\delta S^{34}$  des sulfures des intrusions cordillériennes oscille peu autour de 0, comme dans la troïlite des météorites. Etant donné sa grande variabilité dans les roches crustales, une telle homogénéité ne paraît pas pouvoir être réalisée par homogénéisation magmatique; d'où l'idée d'un soufre primordial venant directement du manteau.

2. *Strontium* — Depuis un peu moins de dix ans, on s'est aperçu que les rapports Rb/Sr et  $87\text{ Sr}/86\text{ Sr}$  sont assez révélateurs de la source et de la différenciation des roches crustales.

Si  $87\text{ Sr}/86\text{ Sr} = 0,705 \pm 0,003$  ces roches dériveraient probablement du manteau supérieur ou de la base de la croûte. C'est le cas des intrusions de la province des « Basin and Range ». Si ce rapport est plus grand que  $0,705 \pm 0,003$  (enrichissement en Sr radiogénique), il y a eu *assimilation* de roches crustales. Et c'est bien ce que nous avons trouvé pour le volcanisme acide de la province pyriteuse sud-ibérique, pour lequel la fusion d'un matériel crustal est quasi assurée (DELCEY et HAMET, 1971). Dans ce cas, s'il n'est pas tellement difficile de trouver aussi, dans la croûte fondue, la source du fer, et du cuivre, du zinc et du plomb qui l'accompagnent en proportions réduites, faudrait-il admettre que le soufre prit sa source dans le manteau? Malheureusement nous ne disposons pas de données isotopiques sur le soufre de cette province. *Mais...*

3. *Plomb* — En ce qui concerne ce métal (KRAUSKOPF, 1967) et aussi le strontium, pour lesquels on a fait la supposition que leur composition isotopique serait *uniforme* dans le manteau supérieur, certaines données permettent d'en douter (GAST et al. 1964, DAVIS et al., 1968-1969). Dès lors « il faudrait introduire de sérieuses modifications dans les modèles isotopiques » (dixit JENSEN, *loc. cit.*, p. 38).

Or, après avoir rappelé ces données, et apparemment en assez grande discontinuité avec elles, JENSEN suggère que les *métaux des gisements cordillériens ont été empruntés à des lits de shales et, loin d'avoir été expulsés de magmas d'origine profonde, ont été attirés vers les intrusions par la dilatation dans les zones de coupoles.*

Au surplus, dans le même numéro d'Economic Geology, LANGE et CHENEY (1971) concluent des données isotopiques sur Pb, Sr, O et H à Butte:

— que Pb et Sr tolèrent une contribution crustale et que l'eau magmatique était originellement météorique (rapport D/H). Dès lors on peut « spéculer » que S est aussi d'origine crustale et qu'il aurait été homogénéisé par le magmatisme.

Ces spécialistes paraissent donc favorables à l'héritage, et c'est le moment de rappeler, notamment pour le cuivre, la question posée à propos de la ceinture du Colorado par O. TWETO (1960, p. 1 426): "But what then of the other metals of the Belt, principally Pb, Zn, Cu, Ag, Au, U and Mn?", et la réponse qu'il avançait: "All these are known also in Precambrian deposits, and just as tungsten and molybdenum, they could be of Precambrian ancestry."

### Conclusion

A l'issue des démonstrations qui précèdent elle pourra être brève et un peu schématique et paraîtra banale aux transformistes et aux « persédimentaristes » chevronnés (cf. NIEUWENKAMP). En dehors des appareils mafiques et ultramafiques de divers types (cf. Grand Dyke de Rhodésie, Bushveld, Sudbury, ceintures à serpentines) et des volcanismes d'origine profonde et fort peu contaminés, assez peu de matière nouvelle susceptible

de se concentrer en dépôts et gisements est arrivée dans l'écorce depuis environ 2 500 MA (consolidation des vieux nuclei).

Le reste est un perpétuel héritage, largement intra-crustal, dont les témoignages, aujourd'hui disloqués par les dérives, demeurent décryptables d'abord et surtout par l'analyse historique, géométrique, structurale et géochimique des provinces minérales (pétrographiques, géochimiques). Dans certains cas cette vision transformiste globale de la Métallogénie devrait faciliter et en quelque sorte « systématiser » notre approche de nouvelles concentrations.

Paris, le 22 mai 1971.

#### REFERENCES

1. *Relatives à des travaux exécutés au Laboratoire de Géologie appliquée de l'Université de Paris.*

- BROUDER, P.: Description d'une succession lithologique avec niveaux-repères dans les schistes cristallins des Cévennes près de Villefort (Lozère) (*Bull. Soc. géol. France*, 1963, 7<sup>e</sup> série, t. V, p. 828-834).
- : De la présence de nappes-plies de style pennique dans une série métamorphique hercynienne: les Cévennes, Massif Central français (*C.R. Ac. Sc.*, 1968, t. 267, p. 575-578).
- et ROUTHIER, P.: Lithostratigraphie et concentrations métallifères. Un exemple d'application: découverte de tungstène (scheelite) dans un niveau du Paléozoïque des Cévennes (Pli cacheté à l'Académie des Sciences, 1967, n° 15 034, 6 décembre).
- FLEISCHER, R.: Le gisement aurifère à tourmaline de Passagem de Mariana (Minas Gerais, Brésil) et son cadre. Influence de l'évolution structurale et du métamorphisme sur une minéralisation syngénétique familiale (Thèse Doctorat Université de Paris, inédite, 1971).
- et ROUTHIER, P.: Quelques grands thèmes de la géologie du Brésil. Miscellanées géologiques et métallogéniques sur le Planalto (Sciences de la Terre, Nancy, 1971).
- MACQUAR, J.-C.: Contribution à l'étude géologique et métallogénique de la bordure méridionale des Cévennes. Le Trias de la région des Malines (Gard). Relations entre les minéralisations plombo-zincifères, la lithologie et les structures (Thèse 3<sup>e</sup> cycle, 1968, 2 vol., et *Bull. B.R.G.M.*, 1970, section II, n° 1, p. 27-65).
- PAVILLON, M.-J.: Les minéralisations plombo-zincifères de Carthagène (Cordillères bétiques, Espagne). Un exemple d'héritages successifs en métallogénie (*Min. Deposita*, 1969, 4, p. 368-385).
- ROGER G.: Quelques observations sur les rapports des filons à antimoine

des environs du Collet-de-Dèze (Lozère) avec leur environnement géologique (*Bull. Soc. géol. France*, 1966, 7<sup>e</sup> série, t. III, p. 577-584).

- : Relations entre quelques gisements filoniens et leurs terrains encaissants; contrôles et sources de la minéralisation. Application à l'étude des filons antimonifères du district de Brioude-Massiac, du district cévenol et du gîte de Buzeins (Massif Central français) (Thèse de Doctorat d'Etat, inédite, 1971).
- ROUTHIER, P.: Les gisements métallifères (Géologie et principes de recherche, 2 vol., Masson et Cie, Paris, 1963).
- : Contre la prolifération « cancéroforme »: les synthèses étagées, la réflexion sur la méthode (*Min. Deposita*, 1966, 1, p. 6-15).
- : Le modèle de la genèse (quelques concepts fondamentaux en pétrologie et en métallogénie; modèles de théories métallogénétiques) (*Chron. Mines et Rech. Min.*, 1967, 177-190).
- : Essai critique sur les méthodes de la Géologie (de l'objet à la genèse) (Masson et Cie, Paris, 193 p., 1969a).
- : Sur trois principes généraux de la Métallogénie et de la recherche minérale (*Min. Deposita*, 1969b, vol. 4, n° 2, p. 213-218).
- , LEBLANC, M. et CLAVEL, M.: Les gisements de cobalt de Bou Azzer (Maroc) sont portés par un niveau sédimentaire précambrien (*C.R. Ac. Sc.*, 1970, t. 270, p. 1 857-1 860).
- ROUVIER, H.: Exemples de gisements plombo-zincifères épigénétiques dans des niveaux calcaires de sillon subsident: les minéralisations du Diois et des Baronnies (B.S.G.F., 1962, 7<sup>e</sup> série, t. IV, p. 816-825).
- : Sulfures et régime hydrodynamique du milieu de sédimentation. Exemple tunisien: le minerai de plomb de Koudiat Safra (*Min. Deposita*, 1967, 2, p. 38-43).
- SARAZIN, G.: Contribution à l'étude de quelques minéralisations par la méthode du rapport 32 S/34 S (Thèse 3<sup>e</sup> cycle, inédite, 1969).

## 2. Références à d'autres travaux.

- AMSTUTZ, G.-C.: L'origine des gîtes minéraux concordants dans les roches sédimentaires (*Chron. Mines et Rech. minière*, 1962, p. 115-126) (et nombreux autres articles de cet auteur).
- : Sedimentology and ore genesis. Developments in Sedimentology (Amsterdam, Elsevier, 1963). Dans ce recueil citons plus particulièrement: G.-C. AMSTUTZ, P. RAMHDOR, F. EL BAZ et W.C. PARK: Diagenetic behavior of sulphides, *ibid.* 65-90.
- AHLFELD, F. y SCHNEIDER-SCHERBINA, A.: Los yacimientos minerales y de hidrocarburos de Bolivia. Departamento Nacional de Geologia, Bol. n° 5 (Especial), La Paz, 1964 (avec une carte des gisements à 1/1 500 000).
- BENEDICT, P. C., DE N WHID, D., CORNELISSEN, A. K. and STAFF: Progress report on the Geology of the O'okiep Copper district. In the

- Geology of some ore deposits in Southern Africa (Geol. Soc. of South Africa, 1964, vol. II, p. 239-302).
- BERNARD A.: Contribution à l'étude de la Province métallifère sous-cévenole (Thèse Nancy, 2 vol., 1958, et Mém. Sci. Terre, 1959, t. VII, n° 3-4, p. 123-403).
- BOYLE, R. W.: The source of metals and gangue elements in epigenetic deposits (*Min. Deposita*, vol. 3, 1968, n° 2, p. 174-177).
- DAVIS, G. L., KROGH, T. E. and HART, S.R.: Isotopic investigation in geochemistry and geochronology (*Ann. Rept. Director Geoph. Lab.*, n° 1 560, 1968-1969).
- DELCEY, R. et HAMET, J.: Age, synchronisme et affiliation des roches rhyolitiques de la province pyrítico-cuprifère du Baixo Alentejo (Portugal): mesures isotopiques par la méthode 87 Rb/87 Sr (*C.R. Ac. Sc. Paris*, 1971, t. 272, sér. D, p. 2 143-2 146).
- DE MAGNEE, I. et ADERCA, B.: Contribution à la connaissance du tungsten-belt ruandais (Ac. Roy. Sc. Outre-Mer, Classe Sc. natur, Mémoires, nouvelle série, t. XI, fasc. 7, 1960).
- GAIR, J. E.: Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima Quadrangles (M.G. Brazil. US geol. Survey, Prof. Paper 341 A, 1962).
- GAST, P. W., TILTON, G. R. and HEDGE, C.: Isotopic composition of lead and strontium from Ascension and Gough Islands (*Science*, 1964, vol. 145, p. 1 181-1 185).
- GRAESER, S. u FRIEDRICH, G.: Zur Frage der Altersstellung und Genese der Blei-Zink-Vorkommen der Sierra de Cartagena in Spanien (*Min. Deposita*, 1970, 5, n° 4, p. 365-374).
- JASKOLSKI, S.: Beitrag Zur Kenntnis über die Herkunft der Zinnlagerstätten von Gierczyn (Giehren) im Iser-Gebirge, Niederschlesien (*Neues Jahrb. für Mineralogie*, Festband P. Ramdohr, 1960, 94, p. 181-190).
- JENSEN, M. L.: Provenance of cordilleran intrusives and associated metals (*Econ. Geol.*, 1971, vol. 66, p. 34-42).
- KAISIN, F. J.: Sur un minéral d'or à gangue ankéritique de Senzere (Kilo-moto) (*Bull. des séances Acad. Roy. Sc. O.-M.*, Bruxelles, 1967, n° 3, p. 570-575).
- KAZMITCHEFF: Observations géologiques sur le gisement aurifère de Namoya (*Ann. Soc. géol. Belgique*, 1968, T. 90, Bull. 7, p. 617-641).
- KERR, P.-F.: Tungsten-bearing manganese deposit at Golconda (Nevada) (*Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1940, vol. 51, p. 1 359-1 390).
- KRAUSKOPF, K. B.: Source rocks for metal-bearing fluids. Geochemistry of hydrothermal ore deposits (Ed. by H. L. Barnes, 1967, chap. 1, p. 1-33).
- KUTINA, J.: Hydrothermal ore deposits in the western United States. A new concept of structural control of distribution (*Science*, 1969, vol. 165, p. 1 113-1 119).
- LANGE, I. M. and CHENEY, E. S.: Sulfur isotopic reconnaissance of Butte, Montana (*Econ. Geol.*, 1971, vol. 66, p. 63-74).

- LEGRAYE, M.: A propos de deux gisements aurifères: Salsigne (France) et Passagem (Brésil) (Soc. géol. Belgique, *Bull.*, 1937, t. 61, n° 2/3, p. 83-87).
- MAUCHER, A.: Die Antimon-Wolfram-Quecksilber-Formation und ihre Beziehungen zu Magmatismus und Geotektonik (Freiberg Forsch, C., 1965, t. 186, p. 173-187).
- u. HÖLL, R.: Die Bedeutung geochemisch-stratigraphischer Bezugshorizonte für die Altersstellung der Antimonitlagerstätte von Schlaining im Burgenland, Österreich (*Min. Deposita* 3, 1968, p. 272-285).
- OGDEN TWETO: Scheelite in the precambrian gneisses of Colorado (*Econ. Geol.*, 1960, vol. 55, p. 1 406-1 428).
- PARGETER, R.-C.: The Ruhizha ferberite deposit, Kigezi (Records Geol. Surv. Uganda, 1956, 27-46) (présenté en 1954).
- SAMAMA J.-C.: Contrôle et modèle génétique de minéralisations en galène de type « Red-beds » — Gisement de Largentière — Ardèche, France (*Min. Deposita* (Berl.), 1968, 3, p. 261-271).
- : Contribution à l'étude des gisements de type « Red-Beds » Etude et interprétation de la géochimie et de la métallogénie du plomb en milieu continental — Cas du Trias ardéchois et du gisement de Largentière (Thèse Doctorat d'Etat, Nancy, 2 vol., 1969).
- TOLBERT, G.-E.: Geology of the Raposos gold mine, Brazil (*Econ. Geol.*, 1964, vol. 59, p. 775-798).
- URBAN, H.: Neue Untersuchungsergebnisse zur Genese der im östlichen Teil der Erzprovinz von Cartagena (Spanien) gelagerten Blei-Zinkerz Vorkommen (*Min. Deposita*, 1968, 3, p. 162-170).

## **G. Panou. — Etude de la flottation de la cassitérite à l'aide d'une nouvelle famille de collecteurs.**

(Noté présentée par M. W. Bourgeois)

### RESUME

Les dérivés des polymères de l'acide citrique sont une nouvelle famille de réactifs de flottation particulièrement efficaces pour l'enrichissement des minerais de cassitérite. De nombreux essais ont confirmé la possibilité de concentration de minerais stannifères d'origine et de composition très variées.

### SAMENVATTING

De derivaten van de polymerisatie van het citrisch zuur zijn een nieuwe familie van flottatieagentia die uitermate geschikt zijn voor de verrijking van cassiterietmineralen. De talrijke proefnemingen hebben de mogelijkheid aangetoond om de oorspronkelijke tinmineralen van een zeer gevarieerde samenstelling te concentreren.

#### 1. LA FLOTTATION DE LA CASSITÉRITE

La cassitérite des gisements détritiques est généralement grosse. Ce minéral étant dense, les méthodes gravimétriques d'enrichissement sont très efficaces. Par contre, la libération de la cassitérite filonienne peut imposer un broyage poussé; les procédés densimétriques pourraient encore être utilisés pour la récupération de la cassitérite fine, comme par exemple aux Cornouailles, mais les rendements sont beaucoup plus faibles et le prix de revient souvent incompatible avec les teneurs des gisements. Le problème se complique encore lorsque le minerai contient d'autres minéraux lourds; c'est le cas notamment des gisements boliviens et australiens, riches en sulfures. Pour le traitement de ces

minerais, on devrait normalement faire appel à la flottation, mais le problème de la flottation de la cassitérite n'a pas encore reçu de solution satisfaisante.

La flottation de la cassitérite est un sujet qui a passionné de très nombreux chercheurs; la seule conclusion importante des travaux publiés avant 1960 est que les réactifs classiques ne conviennent pas à des applications industrielles. Depuis quelques années les recherches s'orientent vers l'emploi de substances nouvelles et les résultats d'une des premières études dans cette direction, effectuée au laboratoire de préparation des minerais de l'U.L.B., ont été présentés à l'Académie dès 1962 [1] \*. Les recherches que nous présentons aujourd'hui s'inscrivent dans la même voie.

Nous nous abstenons intentionnellement de comparer nos résultats à ceux obtenus à l'aide d'autres collecteurs nouveaux. Nous estimons que le moment de la synthèse n'est pas encore venu. Dans l'état actuel des connaissances, il faut surtout accumuler des données expérimentales et nous ne pouvons que regretter que des laboratoires gardent secrets leurs résultats et deviennent ainsi responsables du manque de coordination et de la répétition inutile des expériences. Ce n'est que beaucoup plus tard que la ou les tendances dominantes apparaîtront et c'est finalement l'expérience industrielle qui tranchera en faveur de l'une ou l'autre des familles possibles de réactifs.

## 2. LES NOUVEAUX RÉACTIFS PROPOSÉS

Les nouveaux réactifs proposés ont été synthétisés par une importante firme belge, et commercialisés sous le nom de Citrex, que nous utiliserons par la suite, pour la facilité de la rédaction. C'est en 1969 que le laboratoire de préparation des minerais de l'U.L.B. a été chargé d'étudier les applications possibles des Citrex dans l'industrie minérale. Au départ, rien ne permettait de supposer que ces réactifs pourraient servir de collecteurs.

Les nouveaux réactifs dérivent d'un acide polybasique obtenu par pyrolyse vers 300-375°C du citrate tricalcique hydraté [2]. La formule et la structure de ce produit sont encore mal connues.

---

\* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie *in fine*.

L'acide contient une double liaison, qui peut être rompue par réaction avec l'ion bisulfite et formation d'un acide sulfonique tétracarboxylique. Certaines des fonctions acides de la molécule de base, saturée ou non, peuvent réagir avec des alcools et des bases minérales ou organiques pour donner les esters et sels correspondants.

Le nombre de réactifs possible appartenant à cette famille est donc très élevé. Dans la première phase de nos recherches, nous en avons étudié 23 différents et avons examiné leur pouvoir collecteur vis-à-vis de plus de 20 minéraux. Les résultats les plus spectaculaires concernent la cassitérite, bien que la concentration d'autres minéraux, réputés difficilement flottables, pourrait trouver plus rapidement des applications industrielles.

Les recherches que nous exposerons ont été effectuées en grande partie en 1969. Depuis lors, de nouvelles expériences ont été réalisées tant à l'U.L.B. que dans de nombreux centres de recherches belges et étrangers, ce qui montre bien l'intérêt manifesté par les milieux scientifiques à la flottation de la cassitérite à l'aide de ces nouveaux réactifs.

L'expérience a rapidement montré que les meilleurs résultats sont généralement obtenus avec une molécule saturée, dont le groupement sulfonique est neutralisé par la soude et les 4 carboxyles estérifiés par des alcools dont l'un au moins à longue chaîne (lauryle p.ex.).

Plus spécialement pour la flottation de la cassitérite, c'est le Citrex 1 qui constitue l'archétype. Deux des chaînes des esters sont des n-butyles et les deux autres des dodécyles. A cette même catégorie appartiennent les réactifs de la série 20. En particulier, nous présenterons par la suite des résultats obtenus avec le réactif n° 20, qui est un contretype du réactif 1, et le réactif n° 23 qui est un produit purifié de même filiation.

D'autres Citrex sont également des collecteurs possibles de la cassitérite et nous citerons le réactif 11 caractérisé par 2 groupements n-butyle et deux groupements 2-éthyl hexyle.

### 3. RÉSULTATS OBTENUS

La flottabilité de différents minéraux a été étudiée soit par des essais de flottation directement en cellule, soit par des essais

à la bulle captive, suivis de vérifications en cellule. Rappelons que la méthode de la bulle captive [3] est un procédé rapide d'investigation permettant de tracer, pour chaque minéral, dans un plan rapporté à des axes concentration en collecteur-pH une courbe limite inférieure de flottation probable (qui correspond approximativement à 30 % de flottation du minéral) et une courbe limite inférieure de flottation certaine (qui correspond approximativement à 60 %). Pour nos essais nous avons utilisé les minéraux suivants:

*Cassitérite*: nous avons utilisé des mélanges de cassitérites africaines (Katanga, Maniema, Ruanda).

*Colombotantalite*: provenant de Bukena au Katanga.

*Fluorine*: de diverses origines.

*Feldspath*: (variété microcline) d'origine norvégienne.

*Mica*: (variété muscovite) trié dans une pegmatite altérée du Ruanda.

*Pyrite*: d'Aljustrel au Portugal.

*Quartz*: de verrerie ou sable de Mol.

*Rutile*: australien.

*Wolframite*: (variété ferbérîte) du Ruanda.

Pour tous ces minéraux, nous avons retenu la fraction granulométrique 65-200 mesh Tyler. La cellule est une petite cellule discontinue Fagergren de laboratoire pouvant traiter 1 kg de pulpe à 20 % en poids de matières solides.

Nous avons représenté à la *fig. 1* les résultats obtenus par la méthode de la bulle captive avec le réactif n° 1 et aux *fig. 2* et *3* certaines des vérifications en cellule. Les *fig. 4, 5* et *6* indiquent des résultats analogues obtenus à l'aide du réactif n° 20.

On peut déjà tirer un certain nombre de conclusions importantes:

1. Les formes des courbes représentées sur les *fig. 1* à *6* diffèrent parfois de celles obtenues généralement avec les réactifs classiques. Si certains minéraux flottent dans un domaine plus ou moins étendu de pH, d'autres présentent 2 domaines de flottabilité (muscovite et quartz avec les deux réactifs, rutile et pyrite avec le réactif n° 20). Nous croyons, sans pouvoir le justifier que cette constatation peut être expliquée par le fait que différents groupements polaires ou ionisables de la molécule du collecteur

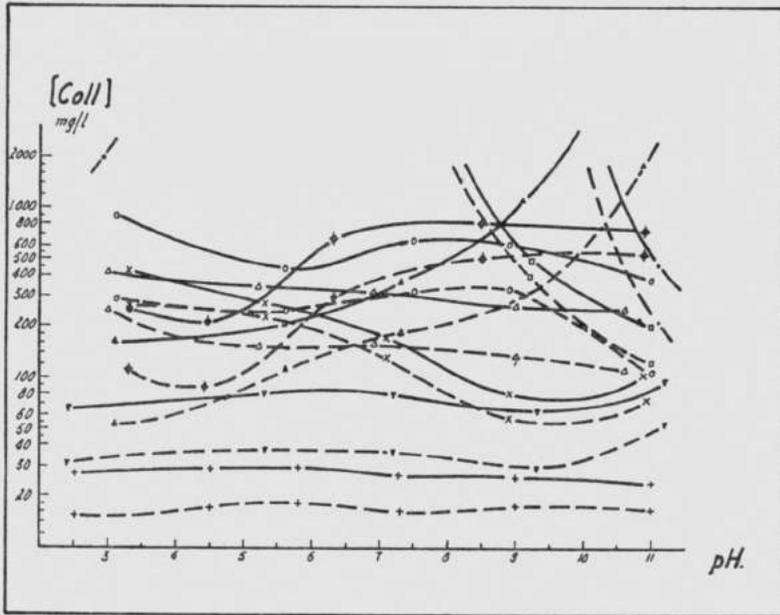


Fig. 1: Essais à la bulle captive. Réactif n° 1.

- - - Limite inférieure de flottation probable  
 ——— Limite inférieure de flottation certaine
- |                   |              |              |
|-------------------|--------------|--------------|
| + Cassitérite     | □ Microcline | ● Quartz     |
| ▲ Colobotantalite | ○ Muscovite  | × Rutile     |
| ▼ Fluorine        | ⊕ Pyrite     | ■ Wolframite |

peuvent servir à sa fixation sur la surface du minéral. C'est dans ce sens que s'orientent nos recherches actuelles.

2. La cassitérite flotte très facilement avec le réactif n° 1 à tous les pH et avec le réactif n° 20 à pH acide.

3. Nous avons représenté en trait interrompu sur la *fig. 5* les résultats des flottations de la cassitérite en modifiant l'ordre d'addition des réactifs (collecteur d'abord, pH ensuite). On constatera que cette courbe s'écarte sensiblement de celle correspondant à l'ordre d'addition inverse, ce qui montre que les Citrex se fixent sur la cassitérite selon des processus irréversibles ou lentement réversibles et suggère des études de cinétique pleines d'intérêt.

4. Des essais non représentés sur les figures précédentes ont montré que l'acide tannique est un déprimant très efficace, mais malheureusement peu sélectif de nombreux minéraux, dont la cassitérite.

5. Les principaux minéraux des gangues usuelles (quartz, feldspath, mica) flottent très mal ou pas du tout avec les réactifs 1 et 20.

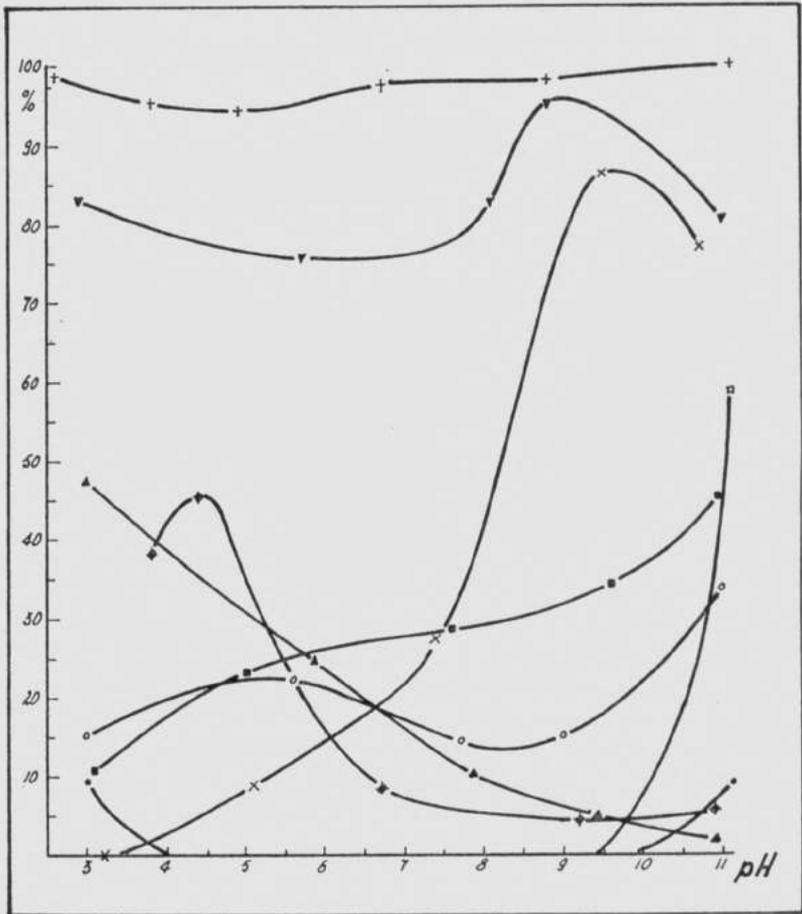


Fig. 2: Résultats de flottations; Influence du pH.  
Concentration du réactif n° 1 125 mg/l.

- |                    |              |              |
|--------------------|--------------|--------------|
| + Cassitérite      | ○ Muscovite  | ● Quartz     |
| ▼ Fluorine         | □ Microcline | ■ Wolframite |
| ▲ Colombotantalite | ⊕ Pyrite     | × Rutile     |

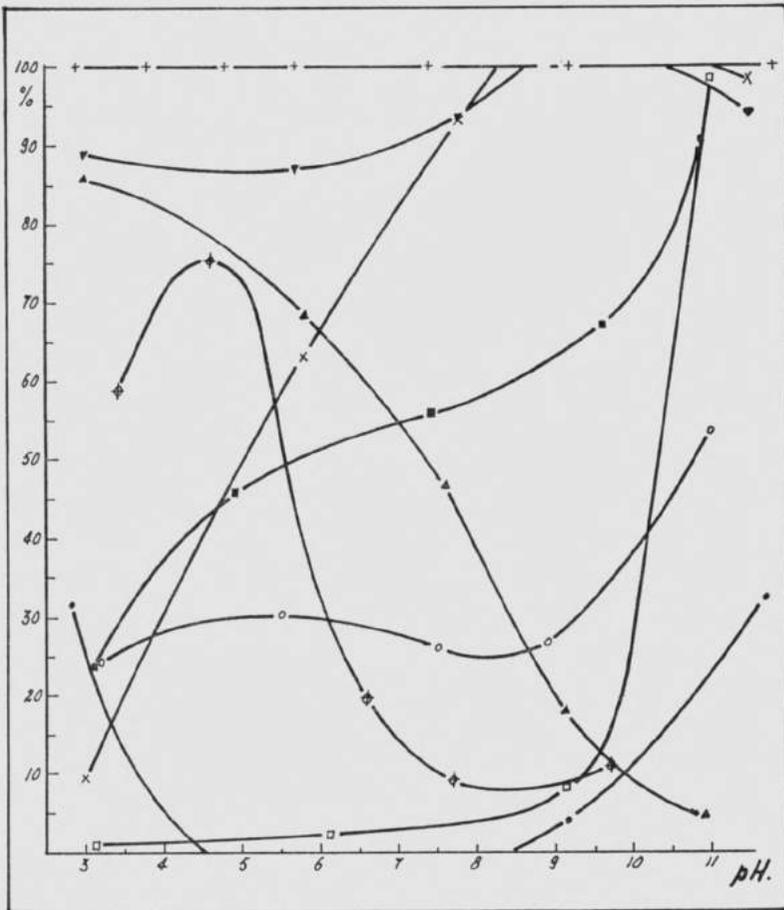


Fig. 3: Résultats de flottations. Influence du pH.  
Concentration du réactif n° 1 250 mg/l.

- |                    |              |              |
|--------------------|--------------|--------------|
| + Cassitérite      | □ Microcline | ● Quartz     |
| ▲ Colombotantalite | ○ Muscovite  | × Rutile     |
| ▼ Fluorine         | ⊕ Pyrite     | ■ Wolframite |

6. Parmi les accompagnateurs lourds, le rutile et la wolframite flottent mal, tandis que la colombotantalite et la pyrite flottent relativement bien. La concentration aux Citrex d'un minerai stannifère riche en pyrite présenterait donc des difficultés.

Remarquons aussi que d'autres réactifs de cette famille sont de bons collecteurs des rutile, wolframite et colombotantalite.

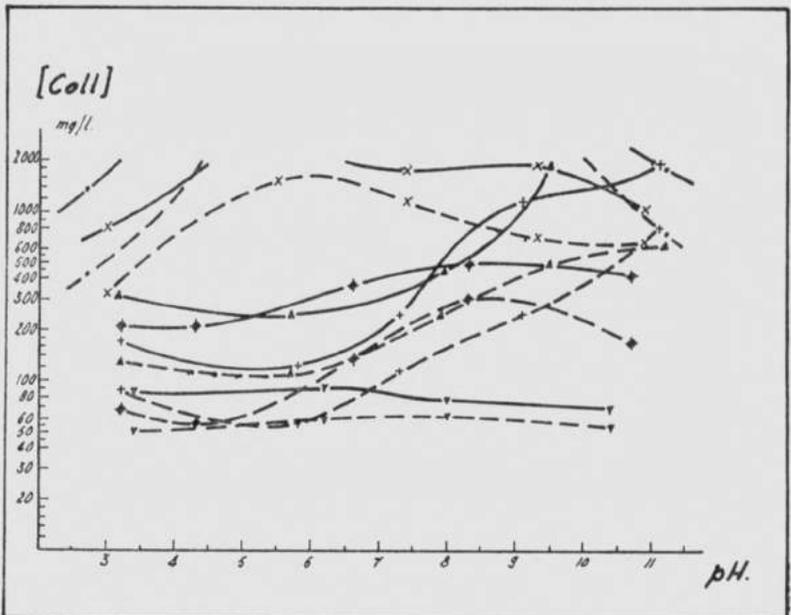
7. Les réactifs 1 et 20 sont d'excellents collecteurs de la fluorine. La séparation cassitérite-fluorine paraît donc impossible.

Cette séparation peut être réalisée en utilisant un mélange 1/1 des réactifs 20 et 23. Le réactif n° 23 seul donne des résultats assez voisins de ceux obtenus avec le réactif 20. Par contre, le mélange 20 + 23 déprime assez fortement, comme le montre les *fig. 7 et 8*, la cassitérite à pH neutre ou basique.

Enfin, nous avons représenté à la *fig. 9* les résultats d'essais à la bulle captive avec le réactif n° 11. On constatera que ce réactif est moins sélectif. Toutefois, il constitue un très bon collecteur de la fluorine (en absence de cassitérite); des essais de concentration de minerais de fluorine ont corroboré cette conclusion.

#### 5. ENRICHISSEMENT DE MINERAIS

Nous avons étudié la possibilité d'enrichissement de 4 minerais stannifères très différents les uns des autres.



*Fig. 4: Essais à la bulle captive. Réactif n° 20.*

--- Limite inférieure de flottation probable  
 ——— Limite inférieure de flottation certaine

+ Cassitérite	▼ Fluorine	● Quartz
▲ Colombotantalité	⊕ Pyrite	× Rutile

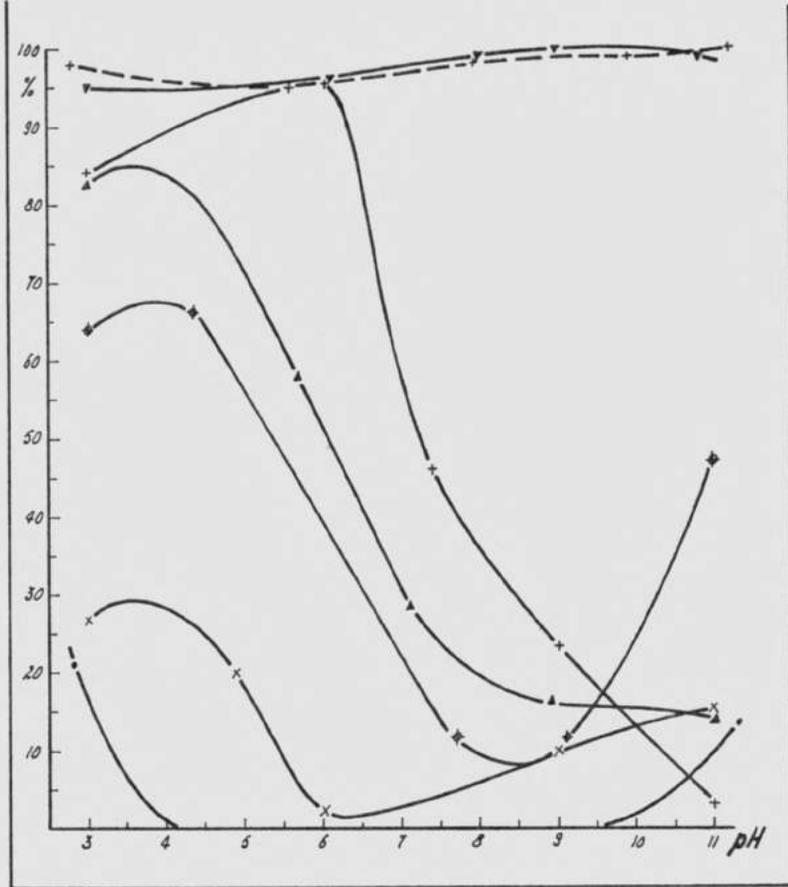


Fig. 5: Résultats de flottations. Influence du pH.  
Concentration en réactif n° 20 250 mg/l.

+ Cassitérite                      ▼ Fluorine                      ● Quartz  
▲ Colombotantalite              ⊕ Pyrite                        × Rutile

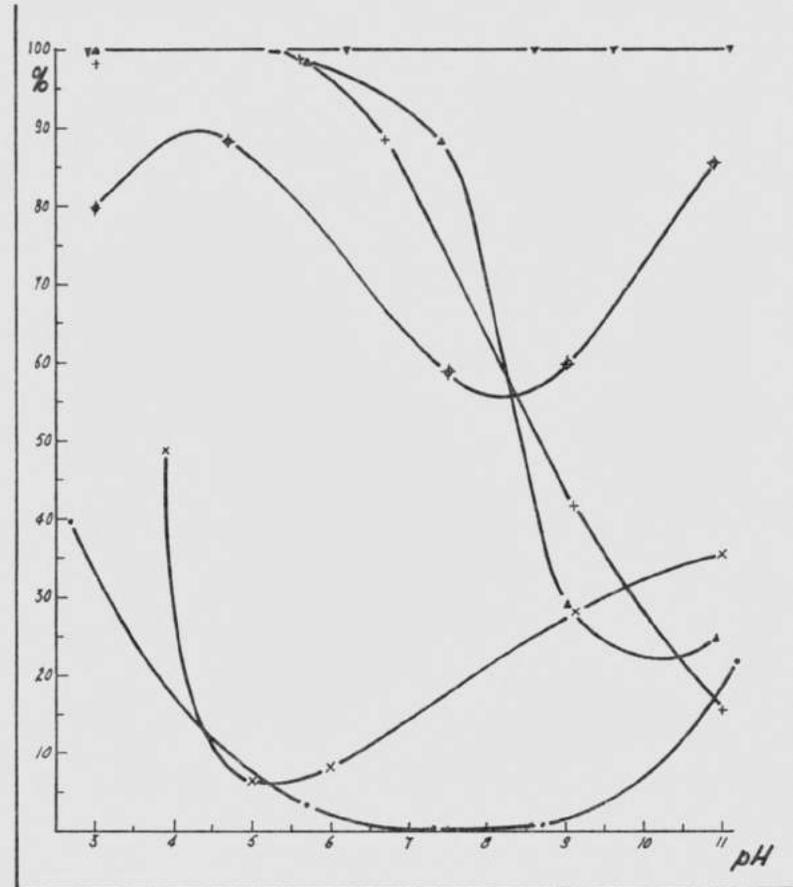


Fig. 6: Résultats de flottations. Influence du pH.  
Concentration en réactif n° 20. 500 mg/l.

--- Ordre d'addition des réactifs collecteur pH.  
+ Cassitérite                      ▼ Fluorine                      ● Quartz  
▲ Colombotantalite              ⊕ Pyrite                        × Rutile

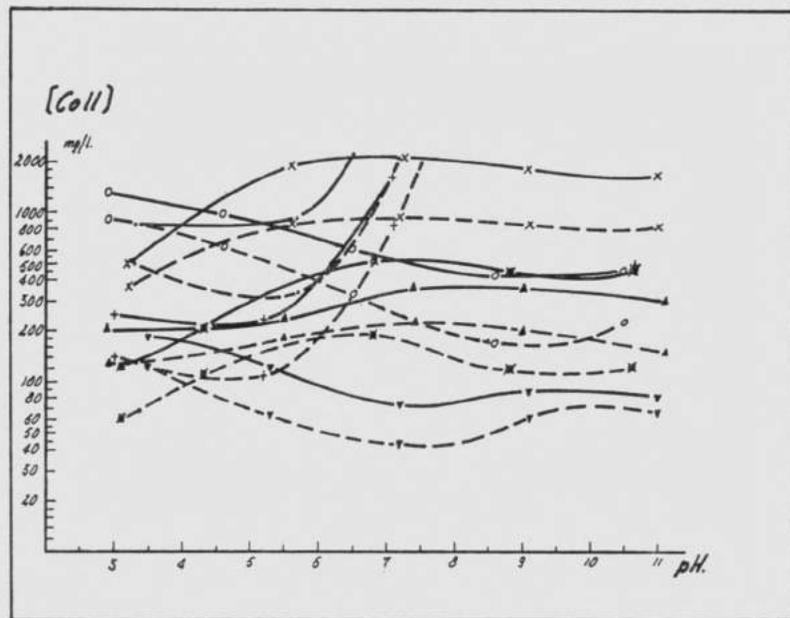


Fig. 7: Essais à la bulle captive. Mélange 1/1 des réactifs 20. et 23.

- |                    |             |          |
|--------------------|-------------|----------|
| + Cassitérite      | ○ Muscovite | ● Quartz |
| ▲ Colombotantalite | ⊕ Pyrite    | × Rutile |

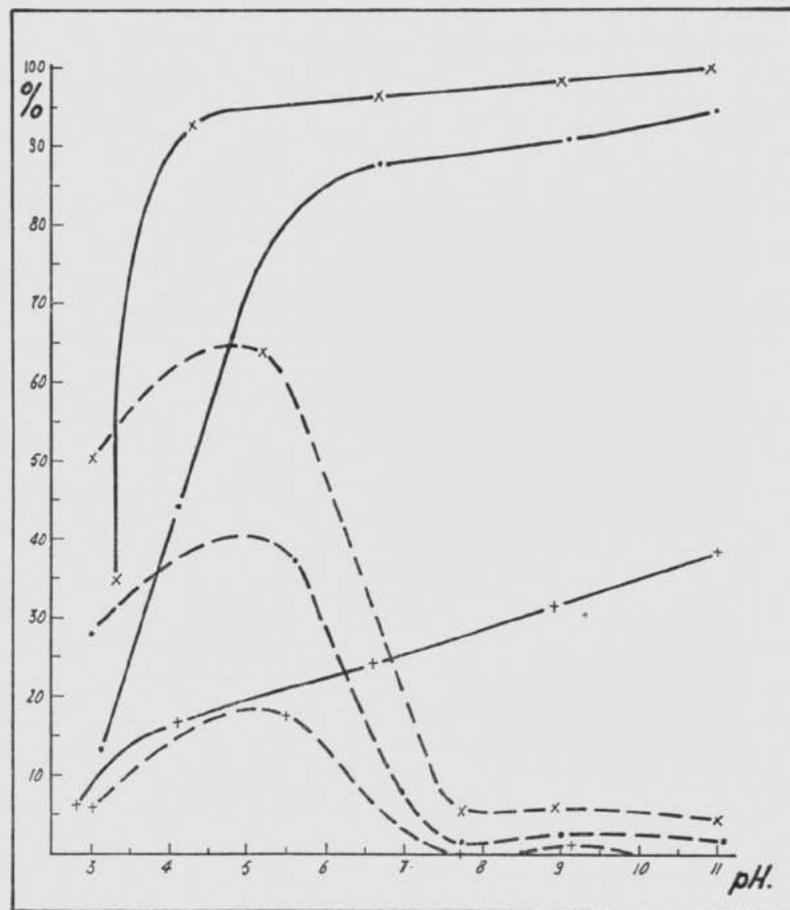


Fig. 8: Résultats de flottations. Mélange 1/1 des réactifs 20 et 23

- |              |             |             |          |
|--------------|-------------|-------------|----------|
| — — — — —    | Cassitérite | — — — — —   | Fluorine |
| + 62.5 mg/l. |             | ● 125 mg/l. |          |
|              |             | × 250 mg/l. |          |

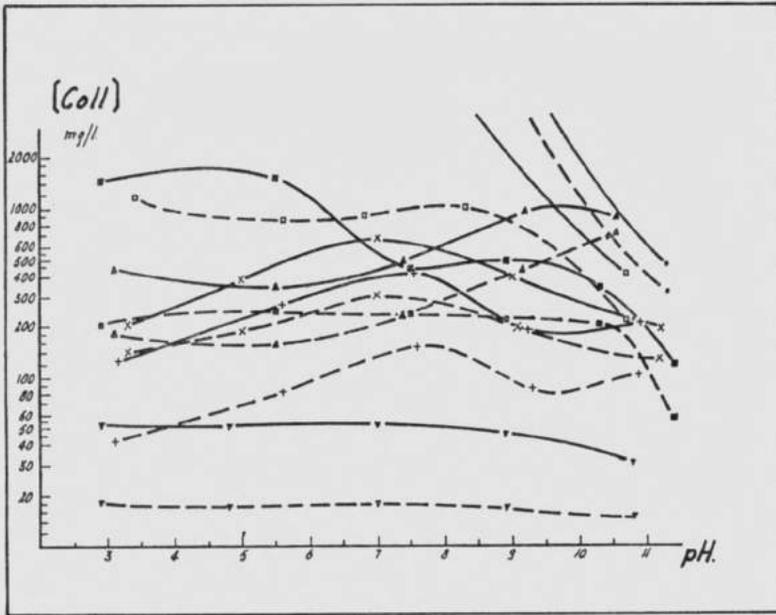


Fig. 9: Essais à la bulle captive. Réactifs 11.

- + Cassitérite                      □ Microcline                      × Rutilé  
 ▲ Colobotantalite                ● Quartz                            ■ Wolframite  
 ▲ Fluorine

Le minerai n° 1 est une pegmatite-greisen de Muika (Katanga) contenant de la cassitérite relativement grosse (dimension de libération 20 mesh Tyler). La gangue est principalement formée de muscovite et quartz et accessoirement de feldspath, plus ou moins kaolinisé, et tourmaline. Le minerai boyé à 100 % — 200 mesh a été flotté en présence des réactifs 1 et 20. Les résultats obtenus sont les suivants:

Collecteur réactif n° 1      500 g/t                      pH = 6

	Rendement pond. %	Teneur en SnO <sub>2</sub> %	Récupération %
Coulant	0,87	28	100
Flottant	99,13	0*	
Alimentation	100	0,24	

\* Calculée par différence.

Collecteur réactif n° 20      1000 g/t      pH = 5,8

	Rendement pond. %	Teneur en SnO <sub>2</sub> %	Récupération %
Flottant	2,7	7,5	83,9
Coulant	97,3	0,04*	
Alimentation	100	0,24	

Le minerai n° 2 provient de la mine Geevor (Cornouailles). Il s'agit d'une roche quartz-feldspathique contenant également un peu de chlorite et de sérisite. La cassitérite fine (libération vers 200 mesh) est dispersée assez uniformément dans cette gangue.

La flottation du minerai broyé à 100 % - 200 mesh a donné les résultats suivants:

Collecteur: réactif n° 1      500 g/t      pH = 7,2

	Rendement pond. %	Teneur SnO <sub>2</sub> %	Récupération %
Flottant	5,5	26,9	98,6
Coulant	94,5	0,02*	
Alimentation	100	1,5	

Ces résultats obtenus en une seule opération discontinue peuvent être considérés comme très satisfaisants.

Le minerai n° 3 provient de la mine de South Crofty (Cornouailles) et est beaucoup plus complexe. Il s'agit d'une roche granitique très riche en cassitérite relativement grosse (libération vers 100 mesh). La gangue est essentiellement formée de quartz, feldspath, mica et fluorine et accessoirement de tourmaline, apatite et topaze.

Le meilleur essai a donné les résultats suivants:

Collecteur: réactifs n° 1      500 g/t      pH = 5,8

	Rendement pond. %	Teneur SnO <sub>2</sub> %	Récupé- ration %	Teneur CaF <sub>2</sub> %	Récupé- ration %
Flottant	52,3	58,3	86,9	13,4	98,7
Coulant	47,7	9,7*		2,7*	
Alimentation	100	35,1		7,1	

\* Calculée par différence.

Les mousses réunies de divers essais d'enrichissement ont été lavées, filtrées et flottées au mélange des réactifs n° 20 et 23.

Collecteur: mélange 1/1 des réactifs n° 20 et 23      250 g/t      pH = 9,1

	Rendement pond. %	Teneur SnO <sub>2</sub> %	Récupé- ration %	Teneur CaF <sub>2</sub> %	Récupé- ration %
Flottant	69,3	64,8	80,9	15,5	93,3
Coulant	30,7	35,2		2,5	
Alimentation	100	56,2*		11,5*	

Cette dernière opération est donc un échec qui peut être attribué au comportement de la cassitérite qui, contrairement aux prévisions, a flotté. On retrouve ainsi la conclusion précédente sur l'irréversibilité des processus de fixation des Citrex sur la surface de la cassitérite et la confirmation que la dépression d'une cassitérite activée par un de ces réactifs nécessite un traitement énergétique.

Le minerai n° 4 provient d'un gisement australien. Il est essentiellement constitué de pyrite et pyrrhotine. La cassitérite se présente sous forme de petits grains (libération complète sous 325 mesh) souvent contenus en inclusions dans les sulfures et plus rarement dans la gangue siliceuse.

Le minerai broyé à 200 mesh a été flotté en présence de réactif 1.

Collecteur: réactif n° 1      250 g/t      pH = 5,8

	Rendement pond. %	Teneur SnO <sub>2</sub> %	Récupération %
Flottant	18,4	8,6	98,9
Coulant	81,6	0,02*	
Alimentation	100	1,6	

Les concentrés de plusieurs essais ont été lavés, filtrés et broyés durant 30 min dans un broyeur à boulets. Après une nouvelle filtration, le gâteau, très riche en sulfures, a été flotté avec du xanthate isopropyle.

\* Calculée par différence.

Collecteur: xanthate isopropyle 120 g/t pH = 4,6

	Rendement pond. %	Teneur SnO <sub>2</sub>	Récupération %
Flottant	71,7	2,2	75,3
Coulant	28,3	17,3	
Alimentation	100	6,5*	

Ce dernier résultat montre bien que la combinaison Citrex-xanthate peut être appliquée avec succès à la flottation de minerais de cassitérite riches en sulfures.

## 6. CONCLUSIONS

Les recherches effectuées au Laboratoire de Préparation des Minerais de l'U.L.B. montrent que les réactifs étudiés constituent une nouvelle famille importante de collecteurs. Ces essais à petite échelle avec des minéraux purs et des minerais de nature variée ont confirmé que la flottation de la cassitérite est une des applications possibles.

## REMERCIEMENTS

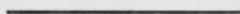
Nous tenons à remercier l'U.C.B. de l'aide qu'elle nous a fournie au cours de nos travaux. Nous remercions également les Sociétés Minetaïn et Cribla qui nous ont procuré une partie importante des minerais indispensables à nos essais.

28 mai 1971.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] GODFRIND, J.-P.: La flottation de la cassitérite (*Bull. Académie*, VIII-1962-2, p. 329-341).
- [2] Unsaturated carboxylic salt materials and derivatives thereof. (*Brit. patent* L082, 179, 1967).
- [3] PANOU, G.: Recherches sur la flottation du béryl (*Bull. Académie*, VIII, 1962-4, p. 788-810).

**Séance du 25 juin 1971**



**Zitting van 25 juni 1971**

## Séance du 25 juin 1971

M. R. *Spronck*, directeur de la Classe pour 1971, ouvre la séance.

Sont en outre présents: MM. F. Bultot, F. Campus, I. de Magnée, E.-J. Devroey, P. Evrard, P. Geulette, A. Lederer, A. Rollet, R. Van Ganse, membres; MM. P. Bartholomé, P. Bourgeois, J. De Cuyper, G. de Rosenbaum, F. Kaisin, R. Thonnard, associés, ainsi que M. P. Staner, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. L. Brison, L. Calembert, J. Charlier, E. Cuypers, P. Fierens, P. Grosemans, L. Hellinckx, L. Jones, J. Lamoen, L. Pauwen, F. Pietermaat, R. Vanderlinden.

### **Décès de M. Raymond Anthoine et du chevalier Marcel de Roover**

Devant l'assemblée debout, le *Président* rend hommage à la mémoire de nos confrères M. *Raymond Anthoine*, décédé à Bruxelles le 4 juin 1971, et le chevalier *Marcel de Roover*, décédé au Zoute le 21 juin 1971.

MM. *I. de Magnée* et *P. Evrard* d'une part, et M. *A. Lederer* d'autre part, rédigeront les notices respectives, destinées à l'*Annuaire*.

### **Essai d'évaluation du débit maximum de ruissellement pouvant résulter de pluies exceptionnelles. Application au Congo**

MM. *R. Spronck* et *F. Bultot* présentent à la Classe le travail de M. C. WATTECAMPS intitulé comme ci-dessus.

La Classe en décide la publication dans le *Bulletin des séances* (p. 626).

## Zitting van 25 juni 1971

De H. R. *Spronck*, directeur van de Klasse voor 1971, opent de zitting.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. F. Bultot, F. Campus, I. de Magnée, E.-J. Devroey, P. Evrard, P. Geulette, A. Lederer, A. Rollet, R. Van Ganse, leden; de HH. P. Bartholomé, P. Bourgeois, J. De Cuyper, G. de Rosenbaum, F. Kaisin, R. Thonnard, geassocieerden, alsook de H. P. Staner, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. L. Brison, L. Calembert, J. Charlier, E. Cuypers, P. Fierens, P. Grosemans, L. Hellinckx, L. Jones, J. Lamoën, L. Pauwen, F. Pietermaat, R. Vanderlinden.

### **Overlijden van de H. Raymond Anthoine en ridder Marcel de Roover**

Voor de rechtstaande vergadering brengt de *Voorzitter* hulde aan de nagedachtenis van onze confraters de H. *Raymond Anthoine*, overleden te Brussel op 4 juni 1971, en ridder *Marcel de Roover*, overleden te het Zoute op 21 juni 1971.

De HH. *I. de Magnée* en *P. Evrard* enerzijds en *A. Lederer*, anderzijds, zullen de respectieve nota's opstellen voor het *Jaarboek*.

### **« Essai d'évaluation du débit maximum de ruissellement pouvant résulter de pluies exceptionnelles. Application au Congo »**

De HH. *R. Spronck* en *F. Bultot* leggen aan de Klasse het werk voor van de H. C. WATTECAMPS, getiteld als hierboven.

De Klasse beslist het te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 626).

### L'alignement optique du télescope Richey-Chrétien

M. P. Bourgeois présente à ses Confrères le travail de MM. DELSEMME et WINELAND, intitulé comme ci-dessus.

La Classe décide de publier la note au *Bulletin des séances* (p. 644).

### Etude de la flottation de la cassitérite à l'aide d'une nouvelle famille de collecteurs

MM. P. Fierens et J. De Cuyper font rapport sur le travail de M. G. PANOU intitulé comme ci-dessus, et qui a été présenté à la séance du 28 mai 1971 par M. W. Bourgeois.

La Classe décide la publication de cette étude dans le *Bulletin des séances* (p. 607) après quelques modifications de forme suggérées par les rapporteurs.

### Concours annuel 1971

MM. L. Calembert, J. Lamoën et R. Spronck présentent leur rapport sur le travail de M. J.-J. PETERS intitulé: *La dynamique de la sédimentation de la région divagante du bief maritime du fleuve Congo*, et répondant à la cinquième question posée pour le concours annuel 1971.

Après cet exposé, une discussion s'est engagée à laquelle ont participé en plus des rapporteurs, MM. A. Lederer, J. De Cuyper, P. Evrard, E.-J. Devroey et F. Campus.

La Classe décide de décerner le titre de lauréat de l'Académie, avec prix de 10 000 F, à M. J.-J. PETERS, et de publier son étude dans la collection des *Mémoires in-8°*, après quelques adaptations du texte, proposées par les rapporteurs.

### Comité secret

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret, procèdent aux élections suivantes:

1. En qualité de titulaire: M. J. Lamoën.
2. En qualité d'associé: M. A. Van Hoof, ingénieur civil des mines, professeur à la K.U.L.

La séance est levée à 16 h.

**« L'alignement optique du télescope Richey-Chrétien »**

De H. P. *Bourgeois* legt aan zijn confraters het werk voor van de HH. DELSEMME en WINELAND, getiteld als hierboven.

De Klasse beslist deze nota te publiceren in de *Mededelingen der zittingen* (blz. 644).

**« Etude de la flottation de la cassitérite à l'aide d'une nouvelle famille de collecteurs »**

De HH. P. *Fierens* en J. *De Cuyper* brengen verslag uit over het werk van de H. G. PANOU getiteld als hierboven, en dat op de zitting van 28 mei 1971 voorgelegd werd door de H. W. *Bourgeois*.

De Klasse beslist de studie te publiceren in de *Mededeelingen der zittingen* (blz. 607), na enkele wijzigingen van formele aard die door de verslaggevers voorgesteld werden.

**Jaarlijkse wedstrijd 1971**

De HH. L. *Calembert*, J. *Lamoën* en R. *Spronck* leggen hun verslag voor over het werk van de H. J.-J. PETERS getiteld: „*La dynamique de la sédimentation de la région divagante du bief maritime du fleuve Congo*” en dat ingestuurd werd als antwoord op de vijfde vraag van de jaarlijkse wedstrijd 1971.

Na deze uiteenzetting ontstaat een gedachtenwisseling waaraan, buiten de verslaggevers, deelnemen de HH. A. *Lederer*, J. *De Cuyper*, P. *Evrard*, E.-J. *Devroey* en F. *Campus*.

De Klasse beslist de titel van laureaat der Academie, met een prijs van 10 000 F, toe te kennen aan de H. J.-J. PETERS, en zijn studie te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°*, na enkele wijzigingen aan de tekst voorgesteld door de verslaggevers.

**Geheim Comité**

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité, gaan tot volgende verkiezingen over:

1. Als titelvoerend lid: de H. J. *Lamoën*;
2. Als geassocieerde: de H. A. *Van Hoof*, burgerlijk mijn-ingenieur, hoogleraar aan de K.U.L.

De zitting wordt gesloten te 16 h.

**Cl. Wattecamps. — Essai d'évaluation du débit maximum de ruissellement pouvant résulter de pluies exceptionnelles.  
« Application au Congo »**

(Note présentée par MM. R. Spronck et F. Bultot)

RESUME

En vue de remplacer certaines formules empiriques en usage, l'auteur s'est efforcé d'élaborer, à partir d'hypothèses simplificatrices, des formules destinées à estimer le plus grand débit de ruissellement résultant d'une averse de durée T comprise entre 5 et 100 minutes et d'intensité maximale (rencontrée en 10 ans) de  $q$  litres/seconde/hectare.

Pour les orages se produisant au Congo, on peut déduire de l'ouvrage de PIRE, BERRUX et QUOIDBAC (1960) une formule du type:

$$q \sqrt{T} = C$$

(C étant une constante pour un lieu déterminé).

Diverses considérations théoriques conduisent à deux formules différentes pour les bassins versants relativement petits (formule 11) et pour les plus grands bassins versants (formule 12).

Les circonstances ont malheureusement empêché l'auteur de procéder à des vérifications expérimentales de ces formules.

SAMENVATTING

Ten einde bepaalde empirische formules die in gebruik zijn te vervangen, heeft de auteur gepoogd, vertrekkend van vereenvoudigende hypotesen, formules uit te werken voor het schatten van de maximum-neerslag veroorzaakt door een regenbui van een

duur  $T$ , begrepen tussen 5 en 100 minuten en van maximale intensiteit (geregistreerd in 10 jaar) van 9 liter/seconde/hectare.

Voor de onweders die in Kongo voorkomen, kan men uit het werk van PIRE, BERRUEX en QUOIDBAC (1960) een formule afleiden van het type:

$$q \sqrt{T} = C$$

(waarbij  $C$  een constante is voor een bepaalde plaats).

Diverse theoretische beschouwingen leiden tot twee formules voor relatief kleine bekken, en tot één enkele voor grotere.

De omstandigheden hebben jammer genoeg de auteur belet deze formules experimenteel te verifiëren.

\* \* \*

#### I. NOTATIONS UTILISÉES

a	: Coefficient de forme du talweg = $\frac{W}{P^2}$
C	: Coefficient de pluviosité
i	: Pente moyenne du talweg
K	: Coefficient de rétention d'eau du bassin
k, k', k''	: Constances diverses
L	: Longueur du talweg le plus long
L'	: Longueur partielle du talweg mesurée à partir de son point d'origine
L''	: Longueur partielle du talweg mesurée à partir de l'exutoire
n	: Coefficient de rugosité pour formule de Chesy-Manning
p	: Périmètre mouillé
Q	: Débit des eaux de ruissellement
Q'	: Débit des eaux de résurgence
Q <sub>M</sub>	: Débit maximum maximorum à l'exutoire
q	: Intensité moyenne de la précipitation par ha.
q'	: Ruissellement moyen par ha.
q <sub>M</sub>	: Débit maximum maximorum à l'exutoire divisé par S ou encore précipitation par hectare d'une averse dont la durée est égale au temps que met une particule liquide pour parcourir le talweg le plus long L
R	: Rayon hydraulique

S	: Surface du bassin
S'	: Surface partielle du bassin correspondant à L'
S''	: Surface partielle du bassin correspondant à L''
T	: Temps
T'	: Durée de parcours du talweg correspondant à $Q_M$
V	: Vitesse du courant
W	: Section mouillée

## II. INTRODUCTION ET RAPPEL DE NOTIONS CLASSIQUES

### 1. *But de l'essai*

La connaissance du débit maximum maximorum des eaux de ruissellement superficielles résultant directement des précipitations orageuses est indispensable à l'ingénieur dans le cadre de l'étude des dimensions des petits ouvrages d'art, des réseaux d'égoûts et, en général, des drainages des eaux de pluie.

Lorsque l'ingénieur manque de données relatives à l'estimation de l'ordre de grandeur de ce maximum et se trouve dans l'impossibilité d'effectuer des mesures sur le terrain, il est naturellement conduit à surestimer ces ouvrages d'art, ce qui mène à des dépenses superflues.

C'est, entre autres, le cas des pays neufs et en particulier de la République démocratique du Congo où la présente étude a pris naissance. Comme nous le verrons plus loin, dans ce pays les averses sont d'autant plus violentes qu'elles sont plus courtes et suivent assez fidèlement la loi

$$q^2 T = C^2. \quad (1)$$

Leur durée étant comprise entre 5 et 100 minutes.

Nous nous proposons d'étudier les débits maximum maximorum  $Q_M$  théoriques résultant d'averses de ce type et ensuite de revenir au cas du Congo.

### 2. *De la répartition des eaux de pluie*

L'eau qui tombe sur le sol lors d'une pluie peut avoir une des quatre destinations suivantes:

a) Remplir les réservoirs superficiels naturels du bassin versant, c'est-à-dire être retenue par la végétation, remplir les trous et les mares.

Au bout d'un temps plus ou moins long, ces réservoirs se saturent et ne retiennent plus d'eau supplémentaire.

b) Etre absorbée par le sol durant la pluie. Cette absorption peut être très rapide et importante au début de l'averse lorsque le sol est sec: il s'agit alors d'un phénomène en liaison avec celui cité au paragraphe a) ci-dessus. Mais rapidement ce sol se sature et la perte de charge en profondeur réduit fortement le débit de pénétration.

Les sols normaux, mélangés de matières organiques, et couverts d'une couche de terre arable, ont rarement un coefficient moyen de perméabilité supérieur à  $10^{-4}$  cm/s, ce qui limite l'absorption à l'hectare à une dizaine de litres par seconde, alors que les valeurs des précipitations varient de 100 à 600 l/s ha. Aussi avons-nous négligé cette perte dans le calcul du débit maximum entrepris plus loin.

c) Etre évaporée. Notons que très rapidement le taux d'humidité de l'air atteint 100 % durant la pluie et que l'évaporation s'arrête jusqu'à la fin de celle-ci. Cette perte d'eau peut d'une certaine manière, être assimilée à celle citée au paragraphe a).

Aussi désignerons-nous sous le vocable « rétention »  $K$  la somme des quantités correspondante à (a), (b) et (c).

d) S'écouler par l'exutoire du bassin versant considéré.

En résumé, on peut dire qu'une partie des eaux de la précipitation s'écoule par l'exutoire et que l'autre partie reste dans le bassin dans ce que nous appellerons les réservoirs naturels. Ceux-ci peuvent être déjà partiellement remplis au début d'une averse par un orage précédent. Le problème consiste à déterminer le débit maximum résultant de la partie des eaux s'écoulant par l'exutoire. Nous étudierons tout d'abord la valeur théorique du ruissellement en supposant que la rétention  $K$  du bassin est nulle, ensuite sa valeur en tenant compte de cette rétention  $K$ .

### III. ETUDE DES DÉBITS DANS LE CAS D'UNE RÉTENTION NULLE

Le déplacement d'une nuée d'orage étant assez rapide et les bassins considérés de dimensions restreintes, nous ferons l'hypothèse que l'averse se manifeste au même instant sensiblement de la même façon sur toute l'étendue du bassin, les pointes locales, parfois importantes, étant supposées réparties dans l'ensemble.

Nous discuterons ces hypothèses plus loin.

Nous supposerons *provisoirement*, que l'eau se déplace à une vitesse constante.

A l'instant où la pluie commence, le débit mesuré au déversoir est nul ou égal au débit  $Q'$  de la rivière qui draine le bassin. Pour le moment nous ne considérerons pas ce débit car nous n'avons en vue que les eaux de ruissellement superficiel. En outre, nous supposerons la rétention nulle. Dans ces conditions  $q$  (l'intensité moyenne de précipitation par hectare) et  $q'$  (le ruissellement par hectare) sont égaux.

### 1. *Existence d'un débit maximum maximorum*

Nous montrerons tout d'abord que, pour un bassin donné, il existe un débit maximum maximorum qui se produit pour une averse dont la durée est exactement égale au temps que met une particule d'eau pour parcourir le talweg le plus long sis à l'amont du déversoir. A cet effet considérons trois averses de durées différentes, la 1<sup>re</sup> de durée plus grande, la 2<sup>e</sup> de durée égale et la 3<sup>e</sup> de durée plus petite que le temps mis par une particule liquide pour parcourir le talweg le plus long défini ci-dessus.

#### *1<sup>er</sup> type d'averse*

Le débit au déversoir augmente régulièrement jusqu'au moment où la particule liquide en provenance du point le plus éloigné atteint le déversoir.

A ce moment le débit maximum  $Q_1$  est atteint et reste constant jusqu'à la fin de l'averse, puis diminue.

#### *2<sup>er</sup> type d'averse*

Le débit augmentera comme dans le cas précédent. Mais suite au fait que la durée de parcours est la même que celle de l'averse, l'intensité du débit à l'exutoire diminue aussitôt que le maximum  $Q_2$  est atteint.

#### *3<sup>e</sup> type d'averse*

Le débit atteint son maximum  $Q_3$  au moment où l'averse cesse, ensuite il reste constant, alimenté par les zones les plus éloignées du bassin, et enfin décroît.

Comparons les trois maxima ci-dessus:

Le maximum du 2<sup>e</sup> cas est plus grand que celui du 1<sup>er</sup> cas, car ces deux maximums sont atteints après le même laps de temps,

mais la 2<sup>e</sup> averse étant de plus courte durée que la 1<sup>e</sup>, elle est plus intense ainsi que le montre la formule (1) d'où  $Q_2 > Q_1$ .

Pour un bassin et une période déterminée,  $C = cte$ , nous pouvons donc écrire dans les hypothèses présentes en vertu de la formule (1):

$$q_i = q_i' = \frac{C}{\sqrt{T_1}}$$

$T_2$  étant la durée du 2<sup>e</sup> type d'averse et également le temps mis par une particule liquide pour parcourir le talweg le plus long, nous avons:

$$Q_2 = q_2 S = \frac{C S}{\sqrt{T_2}}$$

où  $S$  est la surface totale du bassin considéré.

Si  $T_3$  est la durée du troisième type d'averse nous avons:

$$T_3 = kT_2 \quad \text{avec } k < 1.$$

Mais après un temps  $T_3$ , une partie seulement du bassin  $S$ , soit  $kS$ , alimente l'exutoire, d'où

$$Q_3 = \frac{C k S}{\sqrt{kT_2}} = \sqrt{k} \frac{C S}{\sqrt{T_2}} = \sqrt{k} Q_2 < Q_2.$$

Le débit  $Q_2$  est donc le maximum maximorum, et ce débit a lieu quand la durée de l'averse est égale au temps mis par une particule liquide pour parcourir le talweg le plus long compté jusqu'au déversoir.

Une autre conclusion de ce qui précède est que la répartition de la pluie sur le bassin versant a une importance minime: les pointes locales de précipitation ont, non seulement le temps d'étaler leurs eaux avant d'atteindre l'exutoire, mais le franchiront dans la plupart des cas avant ou après  $T_2$ , étant ainsi sans influence directe sur la valeur  $Q_M$  cherchée. En d'autres termes, les irrégularités du bassin et de la répartition de la pluie n'ont d'autre influence que de provoquer l'irrégularité de l'accroissement du flot jusqu'à sa valeur  $Q_M$  obtenue au temps  $T_2$  et une décrue également irrégulière. La première conclusion peut donc être généralisée.

Si nous désignons par  $Q_M$  ce débit maximum maximorum, par  $q_M$  la précipitation par hectare-minute correspondante, et par  $S$  la superficie du bassin en hectare, nous aurons:

$$Q_M = q_M S \quad \text{et} \quad Q_M = \frac{S C}{\sqrt{T_m}}$$

$T_m$  étant la durée de l'a verse exprimée en minutes. Si on l'exprime en seconde on aura:

$$Q_M = \frac{\sqrt{60} S C}{\sqrt{T_m}} \quad (2)$$

Dans cette formule:

- $Q_M$  est exprimé en  $m^3/s$
- $S$  est exprimé en hectares
- $T_m$  est exprimé en secondes
- $C$  est donné par le *tableau I*.

TABLEAU I. — VALEUR DU COEFFICIENT  $C$  — FREQUENCE DE LA PLUIE

NOMS DE LA STATION PLUVIOMETRIQUE	2 FOIS PAR AN	1 FOIS PAR AN	1 FOIS EN 2 ANS	1 FOIS EN 5 ANS	1 FOIS EN 10 ANS
1. Banana	0,861	1,092	1,328	1,631	1,864
2. Léopoldville	0,983	1,172	1,363	1,613	1,805
3. Kikwit	1,002	1,212	1,425	1,702	1,912
4. Inongo	1,095	1,302	1,511	1,786	1,994
5. Kindu	0,977	1,168	1,360	1,614	1,807
6. Boendé	1,112	1,248	1,449	1,731	1,915
7. Coquilhatville	0,968	1,134	1,300	1,521	1,689
8. Stanleyville	1,009	1,185	1,362	1,595	1,770
9. Basoko	0,923	1,086	1,248	1,459	1,620
10. Libengé	1,025	1,219	1,414	1,670	1,864
11. Irumu	0,830	0,973	1,116	1,304	1,443
12. Bukavu	0,597	0,702	0,805	0,945	1,047
13. Usumbura	0,604	0,755	0,907	1,106	1,258
14. Albertville	0,646	0,772	0,898	1,065	1,194
15. Elisabethville	0,676	0,808	0,940	1,117	1,248
16. Kamina-base	0,905	1,070	1,234	1,450	1,614
17. Luluabourg	0,876	1,027	1,177	1,376	1,525

2. Formule du débit maximum maximorum

Nous adopterons, pour le calcul de l'écoulement sur le sol, la formule de Chezy-Manning dont la forme générale est:

$$Q = W \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (3)$$

posons:

$$a = \frac{W}{p^2}; R = \frac{W}{p} = a^{1/2} W^{1/2}$$

d'où:

$$Q = W V = W^{4/3} a^{1/3} \frac{1}{n} i^{1/2}.$$

La vitesse du courant est variable et vaut:

$$V = W^{1/3} a^{1/3} \frac{1}{n} i^{1/2}$$

mais:

$$V^{1/3} = \frac{Q^{1/3}}{W^{1/3}}$$

en multipliant les deux relations précédentes membre à membre:

$$V^{4/3} = \frac{a^{1/3}}{n} Q^{1/3} i^{1/2}$$

d'où:

$$V = \frac{a^{1/4}}{n^{3/4}} i^{3/8} Q^{1/4}. \quad (4)$$

Les valeurs de  $a$ ,  $n$  et  $i$  varient peu dans un bassin déterminé. Désignons par  $A$  un point situé à l'amont du déversoir et par  $L'$  la longueur du talweg le plus long aboutissant en  $A$ .

Nous supposons que  $Q$  s'exprime en fonction de  $L'$  sous la forme

$$Q = b L'^x$$

dans laquelle  $b$  est une fonction indépendante de  $L$ .

Si  $L$  désigne la longueur du talweg le plus long à l'amont du déversoir et si l'on considère un orage dont la durée est égale au temps que met une particule liquide pour parcourir ce talweg, on aura:

$$b = \frac{Q_M}{L^x} \quad \text{et} \quad Q = \frac{Q_M L'^x}{L^x}.$$

Introduisant cette valeur de  $Q$  dans (4) on obtient:

$$V = \frac{a^{1/4}}{n^{3/4}} i^{3/8} \left( \frac{Q_M}{L^x} \right)^{1/4} L'^{x/4}$$

$V$  étant ici la vitesse au point  $A$ .

Posons:

$$k = \frac{a^{1/4}}{n^{3/4}} i^{3/8} \left( \frac{Q_M}{L^x} \right)^{1/4}$$

d'où:

$$V = k L'^{x/4} = \frac{dL'}{dt}.$$

Si  $T$  est le temps de parcours du talweg le plus long  $L$  existant dans le bassin:

$$T = \frac{1}{k} \int_0^L L'^{-x/4} dL' = \frac{1}{k} \frac{L^{1-x/4}}{1-x/4}. \quad (5)$$

En vertu de ce qui a été montré plus haut, c'est l'averse de durée  $T$  qui donnera le débit maximum maximorum.

En introduisant cette valeur de  $T$  dans la formule (2) on trouve pour expression de ce maximum maximorum:

$$Q_M = \left[ \frac{a^{1/8} (1-x/4)^{1/2} \sqrt{60} S C i^{3/16}}{n^{3/8} L^{1/2}} \right]^{8/7}.$$

On peut lui donner une forme plus simple en tenant compte que pour une région déterminée, les bassins ont une forme semblable et que  $S$  est alors proportionnel au carré d'une des dimensions du bassin (Professeur ALEXEEV, conférence de Toronto 1957). On peut écrire:

$$S = k' L^2.$$

La valeur  $Q_M$  prend alors la forme:

$$Q_M = k'' L^{(2-1/2) 8/7} = k'' L^{12/7}$$

$k''$  ne dépendant pas de  $L$ , on peut l'identifier à  $b$  et en déduire que  $x = 12/7$ .

On trouve ainsi pour expression du débit maximum maximum:

$$Q_M = 7,53 \frac{a^{1/7}}{n^{3/7}} \left( \frac{S C}{L^{1/2}} \right)^{8/7} i^{3/14}. \quad (6)$$

Le coefficient de forme  $a = W/p^2$ , consiste en une moyenne entre toutes les formes de thalweg rencontrées au cours du trajet le plus long, depuis celle du brin d'herbe initial jusqu'à celle de l'exutoire, en passant par toutes les racines, flaques, ruisselets, mares, torrents, marais et lits de formes diverses. Son exposant  $1/7$  réduit à peu de chose une erreur d'estimation et nous admettons pour  $a$ , afin de simplifier la formule, une valeur moyenne de 0,01.

Le coefficient de rugosité  $n$  varie de 0,04 (rugosité faible) à 0,07 (rugosité forte). Il s'agit ici d'un ruissellement en tout terrain et, de plus, au Congo où la formule (1) est applicable, les averses les plus fortes ont lieu vers la fin de la saison des pluies lorsque la végétation est la plus luxuriante.

Nous proposons de donner à ce coefficient, qui n'intervient d'ailleurs qu'à la puissance  $3/7$ , la valeur moyenne 0,06, étant bien entendu que d'autres valeurs peuvent lui être attribuées dans des cas particuliers.

A la suite de ces considérations la formule (6) prend la forme plus simple:

$$Q_M = 13 \left( \frac{S C}{L^{1/2}} \right)^{8/7} i^{3/14} \quad (6')$$

avec:

- $Q_M$  : en m<sup>3</sup>/s
- $S$  : en hectares
- $C$  : donné par le *tableau I*
- $L$  : en mètres.

Le temps  $T'$  de parcours qui correspond à  $Q_M$  est donné par la formule (5) qui, lorsqu'on y remplace  $k$  et  $x$  par leur valeur, devient:

$$T' = 0,67 \frac{L}{Q_M^{1/4}} \left( \frac{1}{i} \right)^{3/8} \quad (7)$$

Si l'on considère que  $Q_M = q_M S$ , on peut écrire d'une façon générale:

$$T' = 0,67 \frac{L}{q_M^{1/4} S^{1/4}} \left( \frac{1}{i} \right)^{3/8} \quad (8')$$

ou encore:

$$T'^4 q_M = \left[ 0,67 \frac{L}{S^{1/4}} \left( \frac{1}{i} \right)^{3/8} \right]^4 = 0,90 \frac{L^4}{S} \left( \frac{1}{i} \right)^{3/2} \quad (8'')$$

Pour un bassin déterminé les quantités  $L$ ,  $S$  et  $I$  sont connues, d'où:

$$T'^4 q_M = cte. \quad (8''')$$

Nous avons vu au § II-1 que  $T'$  était limité inférieurement à 5 minutes, ce qui fixe une valeur maximale théorique à  $q_M$ .

### 3. Représentation graphique

Considérons un bassin de surface  $S$ , de pente moyenne  $i$  et dont la longueur du talweg le plus long soit  $L$ . La valeur de la constante de (8'') est donnée par le second membre de (8'). Quant à la valeur de  $C$  de la formule (1) on la trouve pour le Congo dans le *tableau I*.

On reporte les éléments des deux équations (1) et (8'') dans une même figure (figure 1). L'intersection  $M$  des deux courbes obtenues fournit en abscisse le temps  $T'$ , c'est-à-dire la durée de l'averse qui donne le débit maximum maximorum et l'ordonnée donne ce débit divisé par la superficie  $S$ .

Dans le cas de l'exemple choisi, le débit maximum maximorum unitaire vaut  $0,335 \text{ m}^3/\text{s ha}$  et il est atteint pour une précipitation d'une durée totale de 20 minutes. Le débit unitaire mesuré à l'exutoire depuis le début de la pluie varie de zéro à la valeur donnée par  $M$  suivant une courbe que nous avons figurativement indiquée par la droite O-M.

Les durées de pluies inférieures à 5 minutes et supérieures à 100 minutes n'ont pas été considérées sur le graphique conformément à la remarque en fin du paragraphe II-1.

#### IV. FORMULE POUR LES PETITS BASSINS DANS LE CAS D'UNE RÉTENTION

Ainsi que nous l'avons montré plus haut, le cas général est celui décrit où les trois phénomènes de remplissage, d'absorption et d'écoulement existent simultanément, le second étant généralement négligeable vis-à-vis des deux autres.

Supposons maintenant que notre bassin possède un pouvoir de rétention. Le débit unitaire  $q_M$  à l'exutoire évolue suivant une courbe  $OM'$  (*fig. 1*). Le maximum étant atteint au point  $M'$  aussitôt après le remplissage des réservoirs naturels lorsque le débit d'écoulement peut être établi comme si le sol était imperméable.

Pour calculer la position du point  $M'$ , imaginons que les phénomènes de remplissage et d'écoulement se déroulent, non pas simultanément, mais successivement et que le phénomène d'écoulement ne se produise qu'après le remplissage des réservoirs naturels.

Dans ce cas, si  $K$  est le coefficient de rétention d'eau par hectare (en  $m^3/ha$ ), il s'écoulera depuis le début de la pluie un temps  $T''$  destiné à remplir les réservoirs et égal à :

$$T'' = \frac{K}{q_M} \quad (9)$$

Sur la *fig. 1*,  $T''$  est représenté par le segment de droite  $OA$ .

A partir du temps  $T''$  nous nous retrouvons dans le cas traité en haut, mais, comme l'intensité de l'averse est inversement proportionnelle à sa durée, nous aurons une valeur de  $q_M$  plus petite, donc  $T'$  plus grand d'une valeur  $C'-C''$  égale à  $BB'$  (car  $AM' // OB'$ ).

L'abscisse du point  $M'$  vaut :

$$T' + T'' = \frac{60 C^2}{q_M^2} \quad \text{suivant la formule (2)}$$

$$T' + T'' = \frac{K}{q_M} + 0,67 \frac{L}{q_M^{1/4} S^{1/4}} \left( \frac{1}{i} \right)^{3/8}$$

suivant les formules (8) et (9).

En égalant les seconds membres de ces relations on trouve:

$$\frac{60 C^2}{q_M^2} = \frac{K}{q_M} + 0,67 \frac{L}{q_M^{1/4} S^{1/4}} \left( \frac{1}{i} \right)^{3/8} \quad (10)$$

Cette équation n'est pas simple à résoudre et le résultat ne serait d'ailleurs que d'une précision toute théorique. On parvient plus aisément à une solution légèrement supérieure (voir *fig. 1*:  $\Delta q$ ), en remplaçant  $T'$  par la valeur correspondante à celle d'un bassin sans rétention. Cette valeur correspondant à OC, est donnée par la formule (7) dans laquelle la valeur de  $Q_M$  est remplacée par celle donnée par la formule (6).

On obtient ainsi une équation classique du second degré en  $q_M$

$$\frac{60 C^2}{q_M^2} - \frac{K}{q_M} - \frac{0,35 L^{8/7}}{S^{2/7} C^{2/7} i^{3/7}} = 0$$

ou:

$$\frac{0,35 L^{8/7}}{S^{2/7} C^{2/7} i^{3/7}} q_M^2 + K q_M - 60 C^2 = 0 \quad (11)$$

C'est la formule générale pour les bassins qui sont traversés par les eaux en moins de 100 minutes. On en déduit  $q_M$  et ensuite:

$$Q_M = S q_M \quad (11')$$

Dans cette formule:

$L$  est donné en m

$S$  est donné en hectare

$C$  est donné par le *tableau 1*

$q_M$  est donné en m<sup>3</sup>/s ha

$K$  est donné en m<sup>3</sup>/ha.

Cette formule est identique à la formule (6') si  $K = 0$

Le facteur  $K$ , représentant la quantité d'eau qu'un hectare du terrain du bassin peut retenir, varie suivant la nature et le relief du sol, ainsi que suivant la nature et la densité de la végétation. Il est nul pour les toitures, les aires bétonnées ou asphaltées, et s'élève à plusieurs centaines de  $m^3/ha$  dans le cas des zones marécageuses.

Dans ce dernier cas, le temps  $T''$  peut être supérieur à 100 minutes, durée de la pluie la plus longue, ce qui signifie que l'averse la plus importante ne parvient pas à remplir les réservoirs naturels du bassin et à créer un accroissement sensible du régime d'écoulement à l'exutoire. C'est le cas des zones très marécageuses.

Il peut arriver que  $K$  soit artificiellement réduit par le fait d'une averse survenue peu de temps avant l'orage qui nous intéresse, et qui aurait rempli une partie des réservoirs naturels.

La valeur de  $K$  varie fortement avec le relief du terrain, surtout lorsque celui-ci est relativement horizontal. En effet, les moindres fluctuations de terrain créent alors des cuvettes formant des mares. Les mêmes variations du sol en terrain plus incliné n'ont pas d'influence sur la rétention, l'effet de cuvette n'existant pas.

Nous n'avons jamais fait de mesure de valeurs de  $K$  faute de temps et de moyens.

En résumé ce facteur  $K$  devrait être mesuré en fonction:

1. De l'intensité de la végétation, en fin de saison des pluies;
2. De la nature du sol (perméabilité);
3. De la pente moyenne du sol;
4. Du relief général (terrain plan ou déformé).

## V. FORMULE POUR LES GRANDS BASSINS

Nous entendons par grands bassins, ceux qui sont franchis par les eaux de ruissellement, de part en part, en plus de 100 minutes (6 000 secondes). Nous excluons immédiatement les bassins d'une surface telle qu'ils puissent contenir plusieurs orages simultanément. Dans ce cas un effet de superposition peut exister et donner des débits résultant de la rencontre à l'exutoire des eaux de ruissellement de deux orages. A notre avis, il est prudent de ne pas dépasser une surface de  $500 km^2$ .

Lorsque, toutes les autres conditions restant semblables, la surface des bassins considérés va croissant, les points  $M$  (fig. 1) se situent de plus en plus vers la droite, sur la courbe d'équation

$$q^2 T = C^2$$

jusqu'à atteindre le point limite  $D$ .

Ce déplacement provient de l'accroissement du temps  $T'$  de parcours donné par la formule (7).

Au point  $D$  correspondent un parcours  $L''$  et un bassin  $S''$ .

Si le bassin  $S$  est plus grand que  $S''$  et par conséquent  $L$  plus grand que  $L''$ , l'eau partie du point extrême n'a plus le temps de parvenir à l'exutoire avant la fin de la pluie et participer à la formation d'un débit maximum. Il en résulte que la crue optimum sera engendrée uniquement par la partie inférieure du bassin de surface  $S''$  correspondant à un talweg de longueur  $L''$  compté à rebours à partir de l'exutoire.

Le débit maximum vaut alors:

Le temps  $T' + T'' = 6\,000$  s et la formule (2) nous donne immédiatement:

$$q_M = \frac{C}{10}.$$

Pour déterminer  $S''$ , il faut établir à partir de cartes ou de photos aériennes le rapport:

$$k' = \frac{S''}{L^{2''}} \quad (S'' \text{ en ha et } L'' \text{ en m})$$

La formule (10) devient alors:

$$6000 = \frac{10 K}{C} + 0,67 \frac{10^{1/4}}{k^{1/2''}} \frac{S^{1/4''}}{C^{1/4}} \left( \frac{1}{i} \right)^{3/8}$$

et

$$S'' = \frac{i^{3/2} k^{2''} C}{6,7} \left( 6000 - 10 \frac{K}{C} \right)^4$$

$$Q_M = \frac{i^{3/2} k^{2f} C^2}{20} \left( 6000 - 10 \frac{K}{C} \right)^4 \quad (12)$$

C'est la formule générale pour les bassins qui sont traversés par les eaux en plus de 100 minutes.

Remarquons que la surface totale du bassin n'a plus d'influence sur le débit maximum. Celui-ci est déterminé par l'intensité maximum de la pluie ( $C$ ) la forme du terrain ( $k'$ ,  $i$ ) et l'importance de la rétention  $K$ .

Il résulte de ce qui précède que le débit maximum  $Q_M$  est donné, soit par la formule (11), si le talweg le plus long peut être parcouru en moins de 100 minutes, soit par la formule (12) s'il ne le peut pas.

La formule (12) constituant une limite supérieure aux valeurs de  $Q_M$  obtenue par la formule (11), il y a lieu, en cas de doute sur la formule à adopter de les appliquer toutes les deux et de choisir le résultat *le plus faible*. Rappelons qu'au débit  $Q_M$  trouvé, il convient d'ajouter le débit de crue des eaux de résurgence  $Q'$  si le bassin contient une rivière permanente ou semi permanente.

## VI. PRÉCIPITATIONS ORAGEUSES AU CONGO

### 1. Bases pratiques de l'étude théorique

Comme nous l'avons indiquée au paragraphe II-1, l'étude théorique ci-dessus a été établie à partir de mesures de pluviosité faites au Congo et qui sont consignées dans l'ouvrage intitulé *L'intensité des pluies au Congo et au Ruanda-Urundi* de J. FIRE, M. BERRUX, J. QUOIDBACH publié par l'Académie des Sciences d'Outre-Mer (1960, Tome 6, fascicule 1). Nous y avons relevé les renseignements relatifs aux intensités maximales rencontrées une fois en 10 ans que nous considérons comme les plus intéressantes pour des ouvrages d'art appelés à être amortis sur de longues périodes. Nous les avons reportés sur la *fig. 2* avec en ordonnée, la durée en minutes des précipitations pour différentes localités du Congo, et en abscisse le carré de l'intensité de la précipitation correspondante.

On constate que l'ensemble des courbes obtenues pour chacune de ces localités à l'allure d'un faisceau d'hyperboles équilatères dont les asymptotes sont voisines des axes principaux. Aussi, en première approximation, nous écrivons pour cette famille de courbes la formule suivante:

$$q^2 T = C^2$$

où  $q$  est exprimé en litre/s ha et  $T$  en minute.

Précisons que cette formule nous a été suggérée par M. J. PIRE, co-auteur du travail précité.

Les diagrammes relatifs aux intensités maximales rencontrées dans des périodes inférieures à 10 ans sont d'ailleurs absolument semblables à la *fig. 2*. Nous n'avons pas cru nécessaire de les reproduire.

Le *tableau I* donne les valeurs de  $C$  déduites directement par moyenne arithmétique des intensités de précipitation par hectare, rencontrées en dépassées 2 fois en 1 an, 1 fois en 1 an, 2 ans, 5 ans et 10 ans données au *tableau IV-3* de l'ouvrage précité pages 121 à 124.

La durée la plus longue des pluies a été limitée dans cet ouvrage à 90 minutes. Nous y lisons en page 7:

Cette limite nous a été dictée par le fait que la majorité des pluies intenses n'ont guère de durées plus longues, et que la plus grande partie de la précipitation totale d'une pluie est recueillie en moins de 90 minutes.

Dans l'établissement des formules théoriques, par mesure de sécurité, nous avons admis des durées de pluie comprises entre 5 et 100 minutes.

## 2. Valeurs des formules

La formule (6') utilisée dans le cas de petits bassins à rétention faible ou nulle donne des résultats qui correspondent fort bien avec les valeurs appliquées empiriquement pour les ruissellements en milieu urbain à Kinshasa et à Lubumbashi. Les formules (11) et (12) n'ont pu être vérifiées vu que les événements qui ont suivi l'indépendance du Congo n'ont pas permis d'établir les valeurs à donner au facteur  $K$  intervenant dans celle-ci.

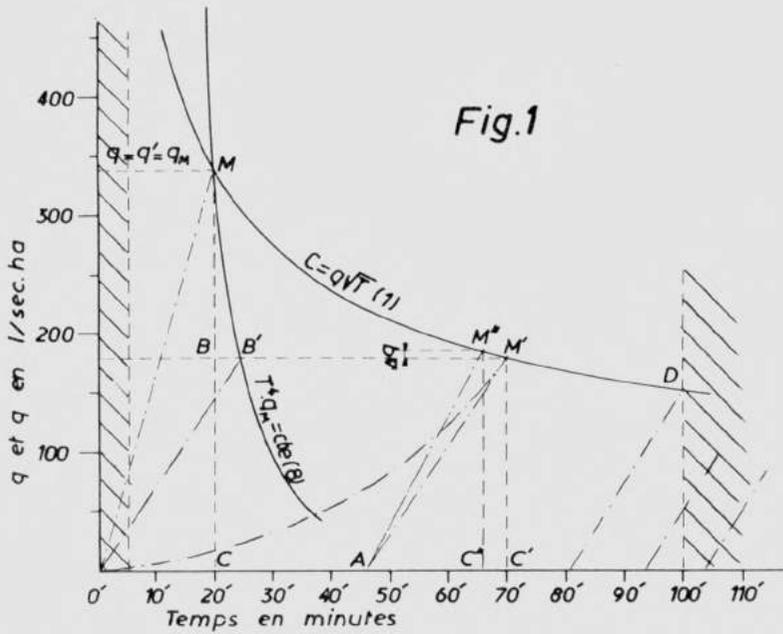


Fig. 1. — Représentation graphique des phénomènes d'écoulement des eaux superficielles en fonction du temps.

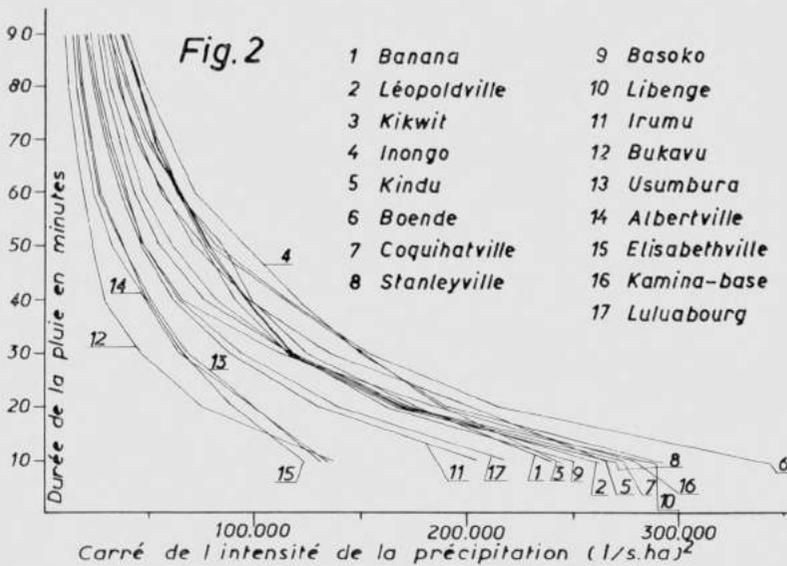


Fig. 2. — Relations entre le temps et le carré de l'intensité des précipitations en différents points du bassin du Congo.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) CARP: Hydraulische Berechnungen im Arbeitsbereich der Emschergenossenschaft (*Die Wasserwirtschaft*, n° 5, 1951/52).
- (2) DUBOSCH: Egouts publics (G.I.P. - 1951).
- (3) GAUDIN: Le calcul des débits d'eaux pluviales (*Annales des Travaux publics de Belgique*, n° 6, 1962).
- (4) GRUHLER: Abflussbeiwerte für Regenwasserabflüsse bei der Stadtentwässerung (*Wasserwirtschaft - Wassertechnik*, n° 2/3, 1962).
- (5) IMHOFF et KOCH: Le manuel de l'assainissement urbain (Dunod, 1955).
- (6) —: Taschenbuch der Stadtentwässerung in Deutschland (Oldenbourg, 1958).
- (7) KOCH: Les réseaux d'égouts (Dunod, 1954).
- (8) LENCASTRE: Manuel d'hydraulique générale (Eyrolles, 1961).
- (9) MINISTRE DE LA RECONSTRUCTION ET DE L'URBANISME DE FRANCE: Les instructions techniques relatives à l'assainissement des agglomérations (Imprimerie Nationale, Paris, 1949).
- (10) REMENIERAS: L'hydrologie de l'ingénieur (Eyrolles, 1960).
- (11) VALEMOIS: Memento d'hydrologie pratique (Eyrolles, 1963).
- (12) VAN DE PERRE: L'art de l'ingénieur Municipal (cours professé à l'Université libre de Bruxelles).

## A.H. Delsemme and S. Wineland. — Optical alignment of the Ritchey-Chretien telescope

### SOMMAIRE

Dans le présent contexte, l'alignement « optique » d'un télescope sera défini comme l'alignement obtenu en minimisant les aberrations optiques de misalignement, par opposition à l'alignement purement géométrique qui utilise l'optique de Gauss seulement. L'alignement optique implique d'abord la compréhension des aberrations provenant d'un mauvais alignement: l'observation est alors utilisée dans le but d'améliorer l'alignement.

Les trois aberrations de misalignement de troisième ordre sont décrites pour le télescope de Ritchey-Chretien. Des formules générales sont données et sont utilisées pour le Ritchey-Chretien de 105 cm de diamètre de l'Université de Toledo (Ohio). Une procédure utilisant le test de Foucault est décrite. Elle a été utilisée pour l'alignement optique de ce télescope. Un alignement optique peut considérablement améliorer un alignement purement géométrique.

### ABSTRACT

In this context, the "optical" alignment of a telescope will be defined as the use of its optical aberrations to align it. It implies the understanding of the misalignment aberrations. The three thirdorder misalignment aberrations of the Ritchey-Chretien (R.C.) are described. General formula are given and used for the R.C. telescope of The University of Toledo. A procedure using the knife-edge test is described and has been used for the optical alignment of this telescope. An optical alignment can very much improve any purely geometrical alignment.

The family of aplanatic telescopes of two mirrors with a convex secondary, known as the Ritchey-Chrétien (R.C.) telescope, is now in favor for larger and larger instruments. However the alignment of its optical components is reputed as being difficult. The present study was made at the occasion of the alignment of the 40-inch R.C. of The University of Toledo.

Two basically different methods are possible to align a telescope:

1. Let us call *geometrical* alignment, the alignment putting the different components in their correct geometrical positioning (often by optical means, like cross-hair images and theodolite), but without using the *intrinsic* optical properties of the telescope;
2. Let us call *optical* alignment, the alignment using the *intrinsic* optical properties of the telescope, in particular observing its aberrations to try to minimize them.

A geometrical alignment is of course always used as a preliminary one. It is easy and can be done in daytime. Can a geometrical alignment be entirely substituted to an optical alignment? The answer depends of course on the optical properties of the system to be aligned. The major limitation of the geometrical alignment is that it relies on the care of the mirror maker to accurately center the vertex of each mirror at the geometrical center of the edges of the blank. Later on, as the edges of the mirrors are usually hidden by the cell diaphragms, the mirrors also have to be carefully centered in their cells if the geometrical centers of the diaphragms are to be used for the alignment.

The centering of the vertex is not too critical for telescope mirrors whose curvature does not vary very much from the vertex to the edges. Unfortunately it is not the case for the R.C. system because of the high asphericities of both mirrors. Procedures using geometrical alignment only, have recently been described for the R.C. telescope (KING 1966, KRUGLER and WITT 1969). These procedures use the same basic approach as for the geometrical alignment of the classical Cassegrain (see for instance DANJON and COUDER 1935). It is their very nature to ignore the centering of the vertices of the two mirrors. The only optics they use is Gaussian, and all mirrors might as well be spherical.

For the classical Cassegrain, the geometrical alignment is therefore usually followed by an optical alignment using the off-axis coma pattern to show which way to tilt the primary mirror (DANJON and COUDER 1935). It is to be noticed that in this alignment, the vertex of the secondary is not brought on the primary axis. Only the principal conjugate point of the secondary is brought in coincidence with the prime focus by an optical method, which usually brings the distance of the vertex of the secondary, to the primary axis, down to a very low, generally acceptable value.

This optical alignment procedure cannot be used for the R.C. telescope, by the very definition of the aplanatic system, because the usual off-axis coma is not present.

In the following paragraphs, the limitations of the geometrical and optical methods are evaluated. For this purpose, the misalignment aberrations are first described. A new optical method is proposed and tested for the alignment of the R.C. telescope.

#### MISALIGNMENT ABERRATIONS

To evaluate the tolerances required in the alignment, the magnitude of the misalignment aberrations should be established as a function of the misalignment itself. This can be done in specific cases by ray tracing techniques. But it is then difficult to extrapolate the results for other telescopes. A simpler approach is to compute once and for all the misalignment aberrations by the third-order theory. This theory is entirely adequate because the misalignment angles are always very small. The aberrations of the perfectly aligned R.C. telescope are of course well known (CHRÉTIEN 1922, WYNNE 1968) but its misalignment aberrations have not been described until recently (BARANNE 1966, DELSEMME 1968). The approximation computed independently by one of us (A.H.D.) agrees with BARANNE's formulas in all cases but one. In an exchange of letters, BARANNE developed interesting arguments showing that in some limiting cases, his approximation sticks closer to the aberrant optical path than ours. The algebra of the 3<sup>d</sup> order is simple but voluminous and

will not be reproduced here. The results for the R.C. combination are given hereafter.

To describe the misalignment (*Fig. 1*) we can always arbitrarily take the principal axis of the large mirror as the axis of the abscissae, its vertex being the origin. Then the three possible misalignments come from the positioning of the secondary only, and can be described separately. They are:

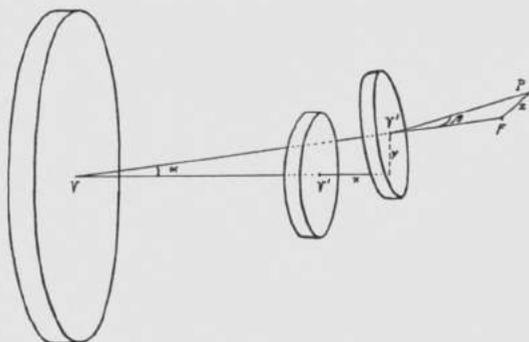


Fig. 1. — Description of the misalignments.

- V vertex of the primary mirror;
- V' vertex of the secondary mirror;
- x misplacement of the secondary mirror;
- y offset of the secondary mirror;
- $\alpha$  tilt of the primary to correct the offset y;
- $\beta$  tilt of the secondary mirror;
- z offset of the principal conjugate point P of the secondary, from the prime focus F.

1. A misplacement  $x$  of the secondary along the  $x$  axis, giving a misplacement spherical aberration  $dx$ .

$$dx = g^2 (1 - eg^2) a^3 x$$

where

- $g$  is the magnification of the secondary
- $e$  is the aspherical coefficient of the primary
- $a$  is the relative aperture of the optical combination.

This is a true spherical aberration because its pattern is a circle whose radius is proportional to the cube of the aperture angle of the beam.

2. An offset  $y$  of the secondary, corresponding to a general translation in the  $y$  direction. The offset can be corrected by a

tilt  $\alpha$  of the primary to make its principal axis meet the vertex  $V'$  of the secondary mirror. The offset gives a *tilt coma* whose sagittal length is  $dy$ :

$$dy = \frac{3g^2}{2} (1 - e) a^2 y.$$

3. A tilt of the secondary in the  $z$  axis direction ( $y$  and  $z$  are not perpendicular) corresponding to an offset  $z$  of the principal conjugate point  $P$  of the secondary from the prime focus  $F$ . This offset can be corrected by a tilt  $\beta$  of the secondary. It gives another *tilt coma* whose sagittal length is  $dz$ :

$$dz = \frac{3g^3}{2} (1 - e) a^2 z.$$

These two last aberrations are pseudo-comas which are described by the same formal equations and can therefore be called by the same name. Some of their properties are the same as the classical coma, in particular the radius of the comatic circle is

$$\frac{dy}{3} \text{ or } \frac{dz}{3},$$

and the size of the aberration is proportional to the aperture angle of the beam. However, unlike the ordinary coma, the tilt coma is also proportional to the tilt only, that is, uniform over the entire field.

The foregoing formulas can now be used for a case study.

The R.C. telescope of the Ritter Astrophysical Research Center in Toledo has the following characteristics: aperture 40 in., focal ratio  $f : 8$  for the R.C. combination, primary  $f : 3.5$ ,  $e = 1.226$ ,  $g = 2.285$ .

To keep the spurious disk resulting from each of the misalignment aberrations within a diameter of half a second of arc, we find: either the longitudinal misplacement of the secondary should be  $< 6$  mm (misplacement spherical) or the lateral misplacement of the secondary should be  $< 0.3$  mm (tilt coma) or the angle between the principal axes of the two mirrors should be  $< 0.7$  min. of arc (tilt coma). These conditions are about 50 per cent more stringent than for the equivalent Cassegrain.

It appears from these results that the major difficulty in the optical alignment of the R.C. system is therefore *not* its very

high sensitivity to the alignment, which is higher but not very much higher than the equivalent Cassegrain, but rather the fact that the ordinary coma is absent to show the direction of the center of the field.

#### OPTICAL ALIGNMENT

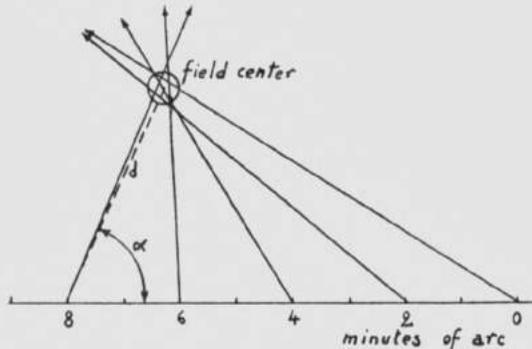
The assumption is made that the best possible geometrical alignment has been reached first. In this case, the tolerances in the centering of each vertex in each mirror, plus the tolerances of the positioning of each mirror in each cell, may add up with some bad luck to a total of several tenths of a millimeter, which means that the lateral misplacement of the secondary, that is the distance of its vertex to the principal axis of the primary, may be larger than the condition  $< 0.3$  mm computed previously in the case of the Toledo telescope. In this case, the principal conjugate point of the secondary does not coincide with the prime focus. Then, experimentally, astigmatism is observed on the geometrical axis of the telescope, superimposed on the tilt coma previously described. It comes from the fact that the conjugate point of the prime focus through the secondary is no more on the geometrical axis, but somewhere else in the focal plane, at a distance from the axis given by the misplacement of the secondary multiplied by its magnification. A pseudo-center of the field can be observed there, because the astigmatism disappears there and only the tilt coma, which may be weak, is present. The off axis astigmatism appears around this point with the expected symmetry as if it were a true field center. This point can be crudely identified by taking focal and extrafocal photographs, but it was found here that the method remains poor because of the difficulty of pinpointing the pseudo-center with accuracy as the best star images are still blurred with the tilt coma. Another procedure has been developed and is described hereafter.

a) A knife-edge test is taken on a moderately bright star, with an exposure time large enough to average out most of the seeing turbulence (30 sec to 1 min).

b) The primary mirror is tilted several times by a small angle in the same known direction, and a new Foucaultgram (in practice, several ones) is (or are) taken each time in the same condi-

tions, by taking care of noting the positioning of the photographic plate.

It is observed that the astigmatic pattern rotates. But we know that the astigmatic pattern has a sagittal radius which points to the center of the field. By measuring the orientation of the astigmatic axis for each photograph, and plotting the values along a scale proportional to the angular motion of the primary axis, as in *Fig. 2*, one can extend the sagittal radii to their common intersection. The position of the center of the field relative to the last position of the mirror can be determined by measuring the angle  $\alpha$  and the distance  $d$  on *Fig. 2*. It remains to tilt the mirror to this angle and to check again the new position by the same technique.



*Fig. 2.* — Determination of the pseudo-center of the field. The sagittal radii determined by five knife-edge tests are shown to point out the pseudo-center of the field with an accuracy better than 0.1 minute of arc.

A quantitative assessment of the sensitivity of the test can be made by noting that the presence in the photographs of the polishing tool marks indicates the ability to discern  $\frac{\lambda}{100}$  shadow defects and 0'01 slope defects. Our R.C. has the following astigmatic coefficients:

$$\text{tangential astigmatism } \frac{\Delta y}{f} = 0.233 \Theta^2$$

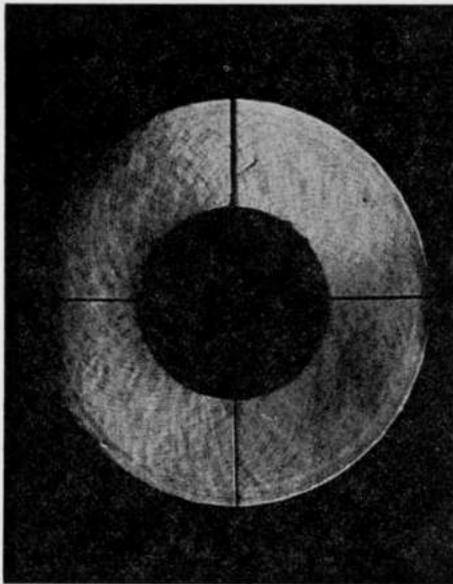
$$\text{sagittal astigmatism } \frac{\Delta z}{f} = 0.109 \Theta^2.$$

Accepting  $0.01''$  as the general limit on all the shadows of the Foucaultgram, we can solve for  $\theta$  by writing:

$$0.01 = \frac{\Delta y - \Delta z}{f} = 0.124 \theta^2.$$

This means that we can still see astigmatic shadows at a minimum distance of  $\theta = 2$  minutes of arc from the center of the field. Assuming that at this limit, the direction of the shadow axis can be found with an accuracy of about  $\pm 0.05$  radian, then the position of the center can still be predicted with an accuracy of 0.1 minute of arc for each direction measured. A sequence of measures easily pinpoints the center within a few seconds of arc.

As astigmatism is proportional to  $\theta^2$ , the astigmatic shadows rapidly become conspicuous, therefore the accuracy of the method improves for points somewhat farther away, until the increase in distance more than compensates the increase in angular accuracy. The Foucaultgram shown in *Fig. 3* corresponds to a position four minutes only from the center of the field.



*Fig. 3.* — Foucaultgram showing the pure astigmatism of the Ritchey-Chretien at a distance of 4 arc minutes from the center of the field.

In conclusion, a geometrical alignment is very useful in the following cases:

1. As a preliminary alignment to save time, anyway.

2. To guarantee that a systematically poor image does not come from a large lateral misplacement of the secondary, but comes from the seeing or from the poor quality of the optics.

In particular, a geometrical alignment may be the best approach to demonstrate that an optics does not meet the specifications.

However, if the optics is good, an optical alignment, following a geometrical alignment, can improve the situation by one full order of magnitude by bringing together the principal conjugate point of the secondary and the prime focus. When it is done, the residual tilt coma does not come any more from the *random* orientation of the two tilt comas that are vector-added. The two tilt comas are in opposite directions, which means that they almost cancel each other. In practice the alignment reached is likely to be satisfactory.

However the vertex of the secondary may not perfectly coincide yet with the primary axis. If the value of the offset is not acceptable, another Foucaultgram on the primary axis will show the residue of the two tilt comas and will tell the direction of the residual offset of the secondary, which can then be easily corrected.

November 16th 1970

Ritter Astrophysical Research Center  
The University of Toledo (Ohio).

#### REFERENCES

- BARANNE, A.: (1966) *Journal des Observateurs* 49, 75.  
CHRÉTIEN, M.-H.: (1962) *Rev. Opt.* 1, 13 and 39.  
DANJON A. and COUDER A.: (1935) Lunettes et télescopes p. 482, ed. *Rev. Opt.*, Paris.  
DELSEMME, A.-H.: (1968) *Astron. J.* 73, S 174.  
KING IVAN, R.: (1966) *Pub. A.S.P.* 78, 35.  
KRUGLER, J. and WITT, A.: (1969) *Pub. A.S.P.* 81, 254.  
WYNNE, C.-G.: (1958) *Astrophys. J.* 152, 675.

**TABLE DES MATIERES — INHOUDSTAFEL**

Séances des Classes	Zittingen der Klassen
Sciences morales et politiques — <i>Morele en Politieke Wetenschappen</i>	
	18.5.1971 ... .. 340; 341
	15.6.1971 ... .. 500; 501
Sciences naturelles et médicales — <i>Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen</i>	
	25.5.1971 ... .. 546; 547
	22.6.1971 ... .. 550; 551
Sciences techniques — <i>Technische Wetenschappen</i>	
	28.5.1971 ... .. 556; 557
	25.6.1971 ... .. 622; 623
<b>Bibliografisch Overzicht 1971</b>	
Nota's 34 tot 48 ... ..	345; 483-498
<b>Comité secret</b> ... ..	344; 502; 548; 560; 624
<b>Commissie voor Geschiedenis</b>	
Necrologische nota's leden ... ..	341
Voorlegging van nota's ... ..	343
<b>Commission d'Histoire</b>	
Notices nécrologiques membres ... ..	340
Présentation de notes ... ..	342

## II

### Communications et notes:

- BONTINCK, F.: Onze lettres inédites de Léopold II à H.-S. Sanford, de 1884 à 1887 ... 344; 345; 461-482
- BRIEN, P.: Présentation de l'ouvrage Hydra ... 550; 551; 554-555
- DELSEMME, A.-H. - WINELAND, S.: Optical alignment of the Ritchey-Chretien telescope ... 624; 625; 644-652
- DURIEUX, A.: Réflexions sur l'institution de l'immatriculation de droit privé congolais ... 340; 341; 346-373; 374-377  
 ... 378-381
- : Réponse aux interventions concernant sa communication sur l'immatriculation des Congolais  
 342; 343; 382-386
- FIERENS, P. - LAMBIN, G.: Etude cinétique de la flottation de minerais sulfurés ... 556; 557; 562-572
- HULSTAERT, G.: Proverbes juridiques des Mongo 500; 501; 525-544
- KURGAN - VAN HENTENRYK, G.: Emile Francqui au service de l'expansion belge en Chine (1896-1903)  
 342; 343; 417-460
- LAMBIN, G.: Cf. FIERENS, P.
- PANOU, G.: Etude de la flottation de la cassitérite aux réactifs Citrex ... 558; 559; 607-620; 624; 625
- PIRON, P.: Présentation du Supplément aux Codes congolais. Législation de la R.D.C. (1960-1970) 500; 501; 504-524
- POPULER, P.: Les épidémies de l'*Oidium beveae* et la phénologie de son hôte dans le monde ... 546; 547
- ROUTHIER, P.: Résultats de certains travaux de prospection minière et de géologie appliquée ... 556; 557; 573-606
- RUBBENS, A.: Repliek op mededeling van A. Durieux op de immatriculatie van Kongolezen ... 342; 343; 374-377
- SOHIER, J.: Intervention concernant communication de A. Durieux sur l'immatriculation des Congolais 342; 343; 378-381
- SPAE, J.: Urbanization in Japan. A challenge to christianity ... 342; 343; 387-400
- WALRAET, M.: Présentation de l'ouvrage de M. de Schrével: « Les forces politiques de la décolonisation congolaise jusqu'à la veille de l'indépendance » 342; 343; 401-416
- WATTECAMPS, Cl.: Essai d'évaluation du débit maximum de ruissellement pouvant résulter de pluies exceptionnelles « Application au Congo » ... 622; 623; 626-643
- WINELAND, S.: Cf. DELSEMME, A.-H.

### III

#### Concours annuels

1971: Réponses aux questions ... ..	344; 560; 624
1973: Texte des questions ... ..	344; 546; 558

#### Décès:

ANTHOINE, R. ... ..	622
DE ROOVER, M. ... ..	622

#### Elections

HUYBRECHTS, A. (assoc.) ... ..	502
LAMOEN, J. (titul.) ... ..	624
MAESEN, A. (titelv.) ... ..	503
SOHIER, J. (titul.) ... ..	502
VANDERLINDEN, J. (assoc.) ... ..	502
VAN HOOF, A. (geassoc.) ... ..	625

Geheim comité ... .. 345; 503; 549; 561; 625

Erelidmaatschap: Cf. Honorariat

Honorariat: DE WITTE, G. ... .. 548; 549

Mededelingen en nota's: Cf. Communications et notes

#### Mémoires (présentation):

DE ROP, A.: Versions et fragments de l'épopée des Mongo ... ..	342; 343
FEDERWISCH, J.: Etude comparative des coûts et charges de transport par route dans divers pays d'Afrique tropicale ... ..	558; 559
PETERS, J.-J.: La dynamique de la sédimentation de la région divagante du bief maritime du fleuve Congo ... ..	560; 561; 624; 625
VAN WETTERE, P.: Bijdrage tot de kennis van <i>Glossina palpalis palpalis</i> (Rob.-Desb. 1830) en de factoren die de overdracht van <i>Trypanosoma gambiense</i> bevorderen ... ..	548; 549
VARLAMOFF, N.: Les pegmatites de Madagascar ...	546; 547
VERHAEGEN, B.: Dix ans de nationalisme au Congo	340; 341

Overlijden: Cf. Décès

#### Revue bibliographique 1971

Notices 34 à 48 ... ..	344; 483-498
------------------------	--------------

## IV

Verhandelingen (voorlegging): Cf. Mémoires

Verkiezingen: Cf. Elections

Wedstrijden (Jaarlijkse):

1971 : Antwoorden op vragen ... .. 345; 346; 625

1973 : Tekst der vragen ... .. 345; 547; 559

ARSOM, rue Defacqz 1, B-1050 Bruxelles (Belgique)  
K.A.O.W., Defacqzstraat 1, B-1050 Brussel (België)