

# **Académie & Société Lorraines des Sciences**

Etablissement d'Utilité Publique  
(Décret ministériel du 26 avril 1968)

ANCIENNE  
SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY  
fondée en 1828

**BULLETIN**  
TRIMESTRIEL

1972

TOME 11 - NUMERO 1

## AVIS AUX MEMBRES

---

**COTISATIONS.** — Les cotisations (30 F) peuvent être réglées à M. le Trésorier Académie et Société Lorraines des Sciences, Biologie Animale 1<sup>er</sup> Cycle, Faculté des Sciences, boulevard des Aiguillettes, Nancy. Chèque bancaire ou C.C.P. Nancy 45-24.

**SEANCES.** — Les réunions ont lieu le deuxième jeudi de chaque mois, sauf vacances ou fêtes tombant ce jour, à 17 heures, Salle d'Honneur de l'Université, 13, place Carnot, Nancy.

**BIBLIOTHEQUE.** — Une très riche bibliothèque scientifique est mise à la disposition des Membres. Par suite d'un accord entre la Société et la Municipalité, les ouvrages sont en dépôt à la Bibliothèque Municipale, rue Stanislas, Nancy. Les Membres ont droit d'office au prêt des ouvrages aussi bien ceux appartenant au fonds de la Société qu'au fonds de la Ville.

Sauf en période de vacances, la Bibliothèque est ouverte tous les jours. Se renseigner près du Conservateur de la Bibliothèque Municipale.

**BULLETIN** — Afin d'assurer une parution régulière du Bulletin, les Membres ayant fait une communication sont invités à remettre leur manuscrit en fin de séance au Secrétariat du Bulletin. A défaut, ces manuscrits devront être envoyés à son adresse (5, rue des Magnolias, parc Jolimont-Trinité, 54-Malzéville) dans les quinze jours suivant la séance. Passé ce délai, la publication sera ajournée à une date indéterminée.

Les corrections d'auteurs sur les épreuves du Bulletin devront obligatoirement être faites dans les huit jours suivant la réception des épreuves, faute de quoi ces corrections seront faites d'office par le Secrétaire, sans qu'il soit admis de réclamations. Les demandes de tirés à part non formulées en tête des manuscrits ne pourront être satisfaites ultérieurement.

Les clichés sont à la charge des auteurs.

Il n'y a pas de limitation de longueur ni du nombre des communications. Toutefois, les publications des travaux originaux restent subordonnées aux possibilités financières de la Société. En cas d'abondance de communications, le Conseil déciderait des modalités d'impression.

Il est précisé une nouvelle fois, en outre, que les observations, théories, opinions, émises par les Auteurs dans les publications de l'Académie et Société Lorraines des Sciences, n'impliquent pas l'approbation de notre Groupement. La responsabilité des écrits incombe à leurs Auteurs seuls.

## AVIS AUX SOCIÉTÉS CORRESPONDANTES

---

Les sociétés et Institutions, faisant avec l'Académie et Société Lorraines des Sciences l'échange de leurs publications, sont priées de faire connaître dès que possible éventuellement, si elles ne reçoivent plus ses bulletins. La publication ultérieure de la liste révisée des Sociétés faisant l'échange permettra aux Membres de connaître les revues reçues à la Bibliothèque et aux Correspondants de vérifier s'ils sont bien portés sur les listes d'échanges.

L'envoi des échanges doit être faite à l'adresse :

Bibliothèque de l'Académie et Sociétés Lorraines des Sciences  
5, rue des Magnolias, parc Jolimont-Trinité, 54-Malzéville

**BULLETIN**

**de l'ACADEMIE et de la**  
**SOCIETE LORRAINE DES SCIENCES**

(Ancienne Société des Sciences de Nancy)  
(Fondée en 1828)

---

SIEGE SOCIAL :  
Laboratoire de Biologie animale, 1<sup>er</sup> cycle  
Faculté des Sciences, boulevard des Aiguillettes, Nancy

---

**SOMMAIRE**

B. GABENISCH, C. ZELLER, V. CAMBERLIN, J. BOLFA. — Contribution à l'étude  
du séparateur magnétique isodynamique de Frantz.

## **CONTRIBUTION A L'ETUDE DU SEPARATEUR MAGNETIQUE ISODYNAMIQUE DE FRANTZ**

par

Bernard GABENISCH, Claude ZELLER,  
Vincent CAMBERLIN, Joseph BOLFA

### **RESUME**

**A.** Le séparateur magnétique isodynamique de Frantz est conçu pour la séparation fine des minéraux et tout particulièrement des minéraux paramagnétiques.

Son emploi est généralement empirique. L'étude essentiellement expérimentale effectuée par les auteurs met en évidence les qualités de sensibilité et de reproductibilité de l'appareil. Ces qualités permettent l'élaboration d'une méthode de séparation systématique des minéraux qui complète la méthode classique. Les manipulations sont alors simplifiées par l'utilisation d'abaques. D'autre part, les qualités du séparateur justifient une étude physique rigoureuse qui facilite en particulier l'établissement de ces abaques.

### **P L A N**

|                    | page |
|--------------------|------|
| Introduction ..... | 3    |

### **CHAPITRE I**

#### **DESCRIPTION, FONCTIONNEMENT DU SEPARATEUR MAGNETIQUE ISODYNAMIQUE DE FRANTZ**

- I. 1. — Description de l'appareil ; caractéristiques des forces qui s'exercent sur un grain isolé ; sensibilité approchée ..... 4
- I. 2. — Fonctionnement de l'appareil : définition du pourcentage de récupération ..... 6
- I. 3. — Facteurs qui conditionnent la séparation .... 8

### **CHAPITRE II**

#### **PREPARATION DE L'APPAREIL ; INFLUENCE DES PARAMETRES DE REGLAGE**

- II. 1. — Conditions de stabilité ; influence du débit en poudre ; variations du pourcentage de récupération avec le débit en poudre ..... 9

\* Note présentée à la séance du 16 décembre 1971.

|   |    |
|---|----|
| II. 2. — Mise à niveau de l'appareil ; variations du pourcentage de récupération avec la pente transversale ..... | 10 |
| II. 3. — Variations du pourcentage de récupération avec la pente longitudinale .....                              | 11 |

### CHAPITRE III

#### UTILISATION, POSSIBILITES DU SEPARATEUR MAGNETIQUE ISODYNAMIQUE DE FRANTZ

|  |    |
|--|----|
| III. 1. — La méthode de séparation classique des minéraux paramagnétiques .....  | 11 |
| III. 2. — Etalonnage de l'appareil ; mesure de la susceptibilité magnétique des minéraux.....  | 13 |
| III. 3. — Les possibilités d'amélioration de la méthode de séparation classique ; établissement et utilisation de l'abaque $x_{\Theta}(i_0, i_{50}, i_{100})$ ; présentation d'une méthode de séparation originale.. | 16 |

### CHAPITRE IV

#### ETUDE THEORIQUE DU SEPARATEUR MAGNETIQUE ISODYNAMIQUE DE FRANTZ ET APPLICATION A LA SEPARATION DES MINERAUX

|   |    |
|---|----|
| IV. 1. — Etude théorique .....                      | 18 |
| IV. 2. — Utilisation des relations théoriques ..... | 22 |
| CONCLUSION .....                                    | 24 |

### ANNEXE : TABLEAUX ET FIGURES

#### INTRODUCTION

Le séparateur magnétique isodynamique de Frantz est l'un des appareils les plus utilisés dans la séparation fine des minéraux paramagnétiques. La qualité des résultats qu'il fournit est due à l'originalité de sa conception et plus particulièrement à la grande latitude des paramètres de réglage.

L'étude expérimentale qui constitue l'essentiel de ce travail montre que l'appareil présente des qualités de sensibilité et de reproductibilité remarquables. Celles-ci permettent d'établir le principe d'une méthode de séparation systématique qui complète la méthode classique et justi-

fient une interprétation physique rigoureuse. Les relations théoriques qui se déduisent de l'interprétation physique sont directement applicables à l'établissement des moyens utilisés dans le cadre de la méthode de séparation originale proposée.

Ce travail est l'introduction à l'étude d'autres appareils de séparation que nous nous proposons d'effectuer dans le but de systématiser et de simplifier les méthodes de séparation des minéraux.

NOTA : L'appareil utilisé, communément appelé « séparateur magnétique isodynamique de Frantz » a été en réalité conçu et construit par CHAS, W. COOK et SONS, Ltd, University Works 97, Walsall Road Perry Bar Birmingham, 22 B England.

## CHAPITRE I

### DESCRIPTION, PRINCIPE ET FONCTIONNEMENT DU SEPARATEUR MAGNETIQUE ISODYNAMIQUE DE FRANTZ

#### 1.1. - *Description de l'appareil : caractéristiques des forces qui s'exercent sur un grain isolé ; sensibilité approchée.*

L'appareil est essentiellement constitué par un puissant électro-aimant à entrefer étroit et allongé dans lequel s'adapte une règlette vibrante (fig. 1 et 2). L'ensemble peut être incliné dans toutes les directions (fig. 3).

Un grain de substance issu de l'entonnoir d'alimentation s'écoule sur la règlette sous l'influence des composantes de la force de pesanteur et des vibrations produites par le vibreur électromagnétique. Lorsqu'il atteint le domaine d'influence de l'électro-aimant, il subit une force magnétique qui est constante dans le plan de la règlette par construction de l'appareil. Ainsi le grain est soumis à une force constante tout au long de sa trajectoire sur la règlette ; cette particularité est à l'origine du qualificatif « isodynamique » attribué au séparateur. L'ajustement adéquat des valeurs de la pente transversale, de la pente longitudinale de la règlette, du courant dans l'électro-aimant qui conditionne la valeur de la force magnétique, permet d'imposer au grain une trajectoire déterminée et de la diriger vers l'un ou l'autre des godets disposés à l'extrémité basse de la règlette.

Plus précisément, la position de la règlette est repérée relativement au plan horizontal par l'angle  $\Phi$  d'inclinaison longitudinale et l'angle  $\theta$  d'inclinaison transversale (fig. 4). Le grain de substance se déplace

sous l'effet de la force  $F$  (fig. 5) dont les composantes  $F_x$  et  $F_y$  parallèles respectivement à la largeur et à la longueur de la réglette sont telles que :

$$F_x = f_m - f_{gx} - f_{vx}$$

$$F_y = f_{gy} - f_{vy}$$

$f_m$  est la force magnétique, parallèle à  $x$  ;  $f_{gx}$  et  $f_{gy}$  sont les composantes de la force de pesanteur suivant  $x$  et  $y$  ;  $f_{vx}$  et  $f_{vy}$  sont les composantes de la force de frottement.

La force magnétique  $f_m$  qui s'exerce sur le grain de substance paramagnétique de masse  $m$  et de susceptibilité  $\chi$  a pour valeur suivant  $x$  par construction des pièces polaires :

$$f_m = 1/2 m \chi \text{ Grad } H^2 = 1/2 m \chi dH^2/dx$$

$dH/dx$  représentant le gradient du champ magnétique  $H$  suivant  $x$ .

Le terme  $dH^2/dx$  dépend d'une manière générale des caractéristiques de l'électro-aimant et de l'intensité qui lui est appliquée. Dans le domaine où l'induction varie linéairement avec le courant  $i$ , on peut écrire :

$$H = A_x i$$

$A_x$  est un paramètre caractéristique de l'électro-aimant. Par suite,

$$dH/dx = i dA_x/dx \text{ et } dH^2/dx = 2 i^2 A_x dA_x/dx$$

Le profil des pièces polaires du séparateur est tel que la quantité  $A_x dA_x/dx$  est constant dans le plan de la réglette ; le terme  $dH^2/dx$  et par suite la force magnétique  $f_m$  sont constants pour chacune des valeurs de l'intensité du courant dans l'électro-aimant. Ainsi, il est possible d'écrire :

$$f_m = m \chi k i^2 \text{ avec } k = A_x dA_x/dx = \text{cste}$$

Pour tenir compte du domaine où les variations de l'induction ne sont pas rigoureusement linéaires avec l'intensité appliquée, on pose plus généralement :

$$f_m = m \chi k i^n$$

Les composantes de la force de pesanteur  $f_{gx}$  et  $f_{gy}$  suivant  $x$  et  $y$  ont pour expression :

$$\begin{aligned} f_{gx} &= mg \sin \theta \\ f_{gy} &= mg \sin \Phi \cos \theta \end{aligned}$$

Les composantes de la force de frottement suivant  $x$  et  $y$  sont  $f_{vx}$  et  $f_{vy}$ . La force de frottement dépend de la vitesse du grain sur la réglette ainsi que de la nature, de la forme, de la densité, des dimensions du grain.

Les expressions vues précédemment de la force magnétique et des composantes de la force de pesanteur montrent que les principaux paramètres de réglage de l'appareil sont : *la pente transversale, la pente longitudinale et l'intensité du courant dans l'électro-aimant*. Mac ANDREW (1957) a déterminé l'influence de chacun de ces paramètres de réglage. Si l'on ne tient pas compte des forces de frottement une substance de susceptibilité donnée est déviée suivant l'angle  $\alpha$  (fig. 5) tel que

$$\operatorname{tg} \alpha = F_x / F_y = (k \chi i^n - g \sin \theta) / \sin \Phi \cos \theta$$

La séparation de deux substances de susceptibilités voisines sera d'autant plus fine que l'expression suivante est plus grande :

$$\partial \operatorname{tg} \alpha / \partial \chi (i, \theta, \Phi) = k i^n / \sin \Phi \cos \theta$$

Ainsi, la meilleure sensibilité est obtenue pour les valeurs les plus élevées de l'intensité du courant dans l'électro-aimant et de la pente transversale et pour les valeurs les plus faibles de la pente longitudinale.

## 1.2. - *Fonctionnement de l'appareil. Définition du pourcentage de récupération.*

Ce qui précède concerne le cas particulier et théorique d'un grain isolé. Pratiquement, un grand nombre de grains issus de l'entonnoir d'alimentation s'écoule sur la réglette (fig. 6). Le débit en poudre est ajusté, pour une valeur donnée de la pente longitudinale, en réglant l'ouverture de l'entonnoir d'alimentation et accessoirement l'intensité de vibration du vibreur électromagnétique.

La distribution des grains dans le courant qui s'écoule sur la réglette est modifiée progressivement en fonction des propriétés des grains du mélange (susceptibilité, densité, forme) et des valeurs attribuées aux paramètres de réglage (intensité du courant dans l'électro-aimant, pente transversale et pente longitudinale). Le courant ainsi modifié est séparé en deux parties par l'arête centrale et chacune des deux fractions est récupérée dans un godet de réception.

La déviation pour un mélange ou une substance pure dans des conditions de traitement déterminées peut être caractérisée par la quantité de substance récupérée dans l'un des godets à la fin d'un passage. Cette quantité rapportée à la quantité initiale de grains et exprimée en pourcentage pondéral est appelée « *pourcentage de récupération* » ; la fraction choisie est celle qui est déviée vers la partie



haute de la règlette dans le cas d'une substance paramagnétique. Plus précisément, une substance pure de poids  $P_1$  fournit à la suite d'un premier passage à l'intensité  $I_1$  une fraction déviée de poids  $P_{1d}$  et une fraction non déviée de poids  $P_{1nd}$  (Fig. 7 a) ; le pourcentage de récupération relatif à ce passage est  $p_1 = P_{1d}/P_1$ . Si l'on étudie les variations du pourcentage de récupération en fonction de l'intensité, il est possible de traiter au cours du passage suivant, soit la quantité initiale  $P_1$ , soit la fraction non déviée  $P_{1nd}$  du passage précédent. Dans le premier cas (Fig. 7 b), il suffit de mélanger la fraction déviée  $P_{1d}$  et la fraction non déviée  $P_{1nd}$  et de traiter l'ensemble, de poids  $P_1 = P_{1d} + P_{1nd}$  à l'intensité  $I_2 = I_1 + \Delta I$  ; le deuxième passage fournit une fraction déviée  $P_{2d}$  et une fraction non déviée  $P_{2nd}$  et le pourcentage de récupération est  $P_2 = P_{2d}/P_1$ . Dans le second cas (Fig. 7 c) la fraction déviée  $P_{1d}$  est isolée et la fraction non déviée  $P_{1nd}$  est seule traitée à l'intensité supérieure  $I_2 = I_1 + \Delta I$  ; si le poids de la fraction déviée obtenu à la suite du deuxième passage est  $P'_{2d}$ , le pourcentage de récupération est  $p'_2 = P'_{2d}/P_{1nd}$ .

Remarquons que le second processus est celui qui est suivi dans la méthode de séparation classique des minéraux étudiée plus loin (ch. III, § 1). Si  $p_x$  et  $p'_x$  sont les valeurs du pourcentage de récupération caractéristiques du  $X^e$  passage à la valeur  $I_x$  de l'intensité, obtenues d'une part en regroupant les fractions déviées et non déviées et d'autre part en traitant les fractions non déviées seules, il est évident que  $p_x = p'_x$ .

Comme nous le verrons plus loin dans la partie expérimentale (Ch. III, § 1), les valeurs  $p_x = p'_x$  et  $P'_{xd}$  se distribuent respectivement suivant une courbe en S et une courbe en cloche en fonction de l'intensité appliquée. Partant de la courbe en cloche, il est possible d'écrire (Fig. 8) :

$$\frac{P'_{xd} - P'_{(x-1)d}}{I_{(x-1)} - I_x} = f(I) \text{ avec } I_{(x-1)} - I_x = \Delta I$$

$f(I)$  est la fonction de l'intensité qui caractérise les variations de la fraction déviée en fonction de l'intensité  $I$ .

Pour la valeur  $I$  de l'intensité, la quantité récupérée est  $\int_{-\infty}^I f(I) dI$

représentée par la surface hachurée. Si la quantité totale de substance est ramenée à l'unité, la fraction non déviée a pour valeur

$1 - \int_{-\infty}^I f(I) dI$ . Pour la valeur  $I + \Delta I$  de l'intensité, la quantité

déviée est telle que :

$$\int_I^{I + \Delta I} f(I) dI = [1 - \int_{-\infty}^I f(I) dI] p_{(I + \Delta I)}$$

où  $p_{(I + \Delta I)}$  représente le pourcentage de récupération du passage de substance à l'intensité  $I + \Delta I$ . Par suite :

$$f(I) = [1 - \int_{-\infty}^I f(I) dI] \frac{dp}{dI}$$

Ce qui précède concerne une substance pure. Dans le cas d'un mélange, il est possible de définir un pourcentage de récupération relatif à un minéral donné et au passage considéré : c'est le rapport du poids de ce minéral dans la fraction déviée au poids du même minéral dans la fraction non déviée précédente dont il est issu.

La quantité du minéral considéré dans les diverses fractions est estimée en pourcentage volumique par comptage des grains à la loupe binoculaire, le poids est calculé en tenant compte du volume des fractions et de la densité du minéral. Dans ces conditions, la valeur du pourcentage de récupération qui est atteinte est évidemment très approximative.

### 1.3. - Facteurs qui conditionnent la séparation.

La valeur du pourcentage de récupération dépend essentiellement de la position du courant de grains sur la réglette qui, elle-même, est conditionnée par la valeur de la pente transversale, la valeur de l'intensité du courant dans l'électro-aimant et la susceptibilité magnétique de la substance traitée.

Le débit en poudre, lorsque sa valeur est trop grande peut modifier la valeur du pourcentage de récupération. Dans ce cas, la largeur du filet de grains est trop importante et les grains se gênent mutuellement. Il en est de même lorsque le débit est instable et atteint des valeurs trop élevées.

Une valeur correcte de la largeur du courant sur la réglette est obtenue en ajustant le débit et la pente longitudinale qui conditionne la vitesse des grains.

Les facteurs qui conditionnent la séparation se déduisent des considérations précédentes ; ce sont :

1° *Les paramètres de réglage de l'appareil :*

- pente transversale,
- pente longitudinale,
- débit en poudre (ouverture de l'entonnoir d'alimentation, intensité de vibration),
- intensité du courant dans l'électro-aimant.

2° *Les caractéristiques du mélange à séparer :*

- granulométrie,
- nature, forme, densité et susceptibilité des minéraux.

## CHAPITRE II

### PREPARATION DE L'APPAREIL INFLUENCE DES PARAMETRES DE REGLAGE

La préparation de l'appareil est l'ensemble des opérations préliminaires à son utilisation pour la séparation ; elles ont pour but d'ajuster au mieux, compte tenu du mélange à séparer, les valeurs des paramètres de réglage : débit en poudre, pente transversale et pente longitudinale. L'étude de la sensibilité peut servir de guide dans le choix des valeurs à attribuer aux paramètres de réglage ; il est nécessaire cependant de préciser quantitativement leur influence sur la valeur du pourcentage de récupération qui caractérise la déviation d'une substance.

La substance utilisée dans les exemples présentés ci-dessous est le sulfate de nickel. La tranche granulométrique traitée est 315-250 microns. Les opérations ont été effectuées pour une valeur nulle de l'intensité du courant dans l'électro-aimant.

#### II.1. - *Conditions de stabilité du débit en poudre, variations du pourcentage de récupération avec le débit en poudre.*

Le débit idéal est tel que le système d'alimentation distribue la poudre grain par grain sur la réglette. Dans ces conditions, chacun des grains peut accomplir le trajet qui lui est propre sur la réglette sans être perturbé dans son mouvement par les autres grains. Au contraire, si le débit est trop grand, les grains se gênent mutuellement et n'accomplissent qu'une partie du déplacement transversal qu'ils

effectueraient s'ils étaient isolés. La valeur du débit est ajustée entre ces deux valeurs extrêmes ; sa stabilité doit être suffisante pour que sa valeur n'atteigne pas des valeurs trop élevées.

Pratiquement, le débit est stable si les axes de fixation de la règlette sont en bon état et si le système d'alimentation est bien réglé. Par exemple, avant rectification des axes de la règlette, les passages successifs de la substance dans les mêmes conditions ne donnent pas les mêmes résultats : il n'y a pas reproductibilité (tableau 9). Après rectification des axes de la règlette, les valeurs du débit et du pourcentage de récupération sont groupées (histogrammes de la figure 10). La dispersion est due à l'instabilité du système d'alimentation (formation de bouchons dans l'entonnoir, instabilité de l'intensité de vibration du vibreur).

Ces histogrammes et le graphique n° 11 qui expriment les variations du pourcentage de récupération en fonction du débit montrent qu'un seul passage de substance est insuffisant pour déterminer la valeur du pourcentage de récupération ; seule la moyenne d'un grand nombre de passages est caractéristique.

## II.2. - *Mise à niveau de l'appareil ; variation du pourcentage de récupération avec la pente transversale.*

La mise à niveau de l'appareil a pour but d'amener la règlette dans le plan horizontal et de repérer sa position le plus exactement possible. Dans un premier temps, les repères de pente longitudinale et de pente transversale sont mis au zéro et la surface plane de la pièce polaire supérieure est réglée à l'horizontale au moyen d'un niveau à bulle en agissant sur les vis calantes du châssis. Le plan de la règlette est alors pratiquement horizontal. Dans le second temps, l'appareil est incliné longitudinalement d'un angle choisi arbitrairement de  $15^\circ$  et la substance est passée à une intensité nulle du courant dans l'électro-aimant. Si la pente transversale est nulle, les quantités de substance récupérées dans chaque godet sont égales ; le pourcentage de récupération est de 50 % et la mise à niveau est terminée. Si la pente transversale n'est pas nulle, un pourcentage de récupération de 50 % est obtenu après rotation de l'appareil d'un angle  $\Delta \Theta$ .

Par exemple, la valeur  $\Delta \Theta = 0,3^\circ$  a été retenue après les passages à 0 - 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,4° (histogrammes de la figure 12).

Ces résultats montrent que la déviation d'une substance est sensible à moins de  $0,1^\circ$  de pente transversale lorsque la pente longitudinale est de  $15^\circ$ .

### II.3. - *Variations du pourcentage de récupération avec la pente longitudinale.*

Les passages avec la même substance pour les valeurs 20 et 25° de la pente longitudinale montrent que l'angle  $\Delta \Theta$  dont il faut corriger la pente transversale pour obtenir un pourcentage de récupération de 50 % se situe entre 0,3 et 0,4° (histogrammes de la figure 13). Or, la pente transversale est ajustée au moyen d'un vernier au dixième de degré ; la limite de sensibilité de l'appareil considéré est atteinte. Dans ces conditions, il est possible de considérer que le pourcentage de récupération ne varie pratiquement pas avec la valeur de la pente longitudinale.

## CHAPITRE III

### UTILISATION, POSSIBILITES DU SEPARATEUR MAGNETIQUE ISODYNAMIQUE DE FRANTZ

Les conditions d'utilisation et les possibilités du séparateur magnétique isodynamique de Frantz sont décrites dans les travaux des auteurs cités en annexe. L'utilisation principale de l'appareil est la séparation fine des minéraux paramagnétiques ; accessoirement après étalonnage, il permet de mesurer la susceptibilité de ces minéraux.

Au regard des travaux des auteurs qui ont utilisé l'appareil, il apparaît que les minéraux traités sont très divers : silicates, oxydes, sulfures, etc... La granulométrie moyenne utilisée est voisine de 0,140 m/m (H. HESS, 1959). La sensibilité de l'appareil permet la séparation de minéraux dont les susceptibilités diffèrent de  $5 \cdot 10^{-6}$  uem cgs (MAC ANDREW, 1957). Certains auteurs ont séparé des minéraux diamagnétiques (GAUDIN AM, SPEDDEN MR, 1942) et des minéraux des argiles à l'aide d'un appareillage complémentaire (KAC, MJA, KOSOVSKAYA, REZNIKOV, BARANOV, 1962). La théorie du séparateur est particulièrement détaillée dans certains travaux (KAC, MJA, KOSOVSKAYA, REZNIKOV, BARANOV 1962 ; MAC ANDREW 1957 ; TILLE PR, KIRKPATRICK W., 1956).

#### III.1. - *La méthode de séparation classique des minéraux paramagnétiques.*

##### III.1.1. - *Exposé de la méthode*

Cette méthode dont le principe a été étudié précédemment (Ch. I, § 2) consiste à effectuer des passages successifs à des intensités croissantes du courant dans l'électro-aimant ; la fraction déviée est recueillie

et la fraction non déviée est passée à l'intensité directement supérieure et ainsi de suite. Les diverses fractions déviées sont examinées à la loupe binoculaire. Certaines sont regroupées suivant la prédominance de l'un des minéraux du mélange. Chacun de ces groupes subit un traitement identique à celui du mélange initial mais pour une valeur différente de la pente transversale. Ainsi un minéral donné est isolé progressivement et il est possible d'atteindre une concentration de 95 à 98 %, valeur nécessaire pour l'analyse chimique. Si cette valeur de la concentration ne peut être atteinte pour diverses valeurs de la pente transversale, une autre méthode doit être utilisée. Remarquons qu'il est indispensable de retirer auparavant les minéraux ferromagnétiques au moyen d'un aimant à main ou d'un appareillage automatique (GABENISCH B., 3<sup>e</sup> cycle, 1969). Les minéraux ferromagnétiques collent en effet aux pièces polaires et perturbent l'écoulement des grains sur la règlette.

### III.1.2. - *Application de la méthode classique à un mélange naturel.*

Les résultats obtenus au cours de la séparation des minéraux d'une roche suivant cette méthode sont récapitulés dans le tableau n° 14. Les minéraux sont déterminés à la loupe binoculaire et leur concentration dans chacune des fractions déviées est estimée à l'aide de l'échelle proposée par A. PARFENOFF (1967). Cette estimation est suffisante pour suivre l'évolution du phénomène. La représentation graphique située sous le tableau montre que la déviation d'un minéral dans les conditions de réglage utilisées se produit entre deux valeurs de l'intensité pour lesquelles les quantités déviées cumulées sont voisines de 0 et 100 %. De plus, la quantité maximum déviée est obtenue pour une valeur de l'intensité qui est sensiblement la moyenne arithmétique des valeurs précédentes ; elle correspond à une quantité déviée cumulée qui représente environ 50 % de la quantité totale du minéral dans le mélange. Les valeurs de l'intensité qui correspondent aux quantités déviées cumulées voisines de 0,50 et 100 % sont appelées « valeurs critiques de l'intensité » et notées respectivement  $i_0$ ,  $i_{50}$  et  $i_{100}$ . Par exemple, les valeurs critiques de l'intensité  $i_0$ ,  $i_{50}$  et  $i_{100}$  pour l'amphibole et le mica sont respectivement 0,2 - 0,4 - 0,6 Ampère et 0,6 - 0,8 - 1,0 Ampère. Puisque la valeur critique  $i_{50}$  est sensiblement la moyenne arithmétique des valeurs critiques  $i_0$  et  $i_{100}$ , il apparaît en première approximation que la courbe représentant la variation de la quantité déviée relative à un minéral donné en fonction de l'intensité est en forme de cloche symétrique.

L'amphibole et le mica, dominants dans les fractions déviées aux intensités 0,3 - 0,4 et 0,5 Ampère, justifient le regroupement de ces fractions ; de même, les fractions obtenues à 0,6 et 0,7 Ampère sont regroupées car elles contiennent essentiellement de l'épidote et du mica. Certains minéraux blancs sont déviés pour les intensités extrêmes ; l'examen à la loupe binoculaire montre que les fractions correspondantes contiennent respectivement des grains mixtes à opaques et des grains mixtes à minéraux silicatés.

L'intervalle d'intensité très étendu dans le cas des micas et des amphiboles est dû vraisemblablement à la présence de grains mixtes ou encore à un degré d'altération variable.

Remarquons que la représentation graphique située sous le tableau indique le pourcentage volumique d'un minéral donnée dans chacune des fractions déviées. Il est possible d'atteindre approximativement le pourcentage de récupération caractéristique d'un minéral pour chaque passage.

### III.1.3. - *Caractères de la méthode de séparation classique.*

L'exemple précédent montre que la séparation de deux minéraux, dans des conditions particulières de traitement, ne pourra être effectuée en totalité que si les intervalles d'intensité  $i_0$ ,  $i_{100}$  des deux minéraux sont distincts (Fig. 15 a). Si les deux intervalles d'intensité présentent des valeurs communes, il est possible d'isoler un minéral ou l'autre ou encore les deux minéraux, mais en quantités réduites qui dépendent de l'importance du recouvrement (Fig. 15 b). Si, pour d'autres valeurs des paramètres de réglage et en particulier de la pente transversale, le recouvrement reste important, la séparation est impossible au moyen de l'appareil et une autre méthode doit être utilisée.

En conséquence, cette méthode est systématique car elle permet d'explorer méthodiquement le mélange à séparer. Elle est cependant empirique car elle nécessite le choix arbitraire des conditions de traitement et en particulier des valeurs à attribuer à la pente longitudinale et à la pente transversale. De plus, elle ne donne aucune indication sur la possibilité ou l'impossibilité de la séparation.

### III.2. - *Étalonnage de l'appareil ; mesure de la susceptibilité magnétique des minéraux.*

#### III.2.1. - *Principe de l'étalonnage.*

Une méthode simple décrite par TILLE et KIRKPATRICK (1956) et MAC ANDREW (1957) permet de mesurer la susceptibilité magnétique des minéraux après avoir déterminé les constantes de l'appareil.

Le principe de l'étalonnage est le suivant : pour une substance de susceptibilité donnée, il est possible d'ajuster l'intensité du courant dans l'électro-aimant et la pente transversale de manière que la force magnétique  $f_m$  soit égale et opposée à la force de pesanteur  $f_{gx}$  (Fig. 5). Dans ces conditions, le courant de grains n'est pas dévié et se déplace parallèlement aux bords de la réglette. Il est divisé en deux parties égales par l'arête centrale (Fig. 6) : les quantités de substance récupérée dans chaque godet sont identiques et le pourcentage de récupération est égal à 50 %.

Plus précisément, si  $f_m = f_{gx}$  avec  $f_m = m \chi k i^n$  et  $f_{gx} = mg \sin \Theta$  (Ch. I § 1), on obtient  $\sin \Theta / \chi = k i^n$ . Il est possible de calculer les constantes  $k$  et  $n$  du séparateur en traitant des substances de susceptibilité magnétique connue : il suffit de déterminer pour chacune d'elles la valeur de la pente transversale et la valeur de l'intensité du courant dans l'électro-aimant pour lesquelles l'équilibre entre la force magnétique et la force de pesanteur est réalisé. Cette valeur de l'intensité pour laquelle le pourcentage de récupération est égal à 50 % est la valeur critique  $i_{50}$  de l'intensité vue précédemment (Ch. III, § 1).

A l'inverse, l'expression  $\sin \Theta / \chi = k i_{50}^n$  permet de calculer la susceptibilité  $\chi$  d'une substance lorsque les constantes  $k$  et  $n$  sont connues : il suffit de déterminer la valeur critique  $i_{50}$  lorsque la valeur de la pente transversale est  $\Theta$ .

### III.2.2. - Exemple d'étalonnage.

Les caractéristiques des substances utilisées et les conditions de réglage de l'appareil sont données dans le tableau n° 16.

Chacune des substances est traitée pour chaque valeur de la pente transversale à des intensités croissantes dont l'intervalle  $\Delta i$  est 0,05 ou 0,1 Ampère (la sensibilité de l'ampèremètre est 0,03 Ampère environ).

Remarquons qu'après chaque passage, la fraction déviée et la fraction non déviée sont regroupées alors que dans le cas de la méthode de séparation classique, la fraction déviée à l'intensité  $i$  est isolée et seule la fraction non déviée est traitée à l'intensité  $i + \Delta i$  (ce processus a été décrit précédemment Ch. I, § 2).

Le tableau n° 17 donne un exemple des résultats obtenus avec le sulfate de Nickel pour une pente transversale de 1°. La courbe en S correspondante qui représente les variations du pourcentage de récupération en fonction de l'intensité permet théoriquement de déterminer



les valeurs critiques  $i_0$ ,  $i_{50}$  et  $i_{100}$  de l'intensité. Pratiquement, la courbe ne peut être tracée rigoureusement car le nombre de points expérimentaux est limité. Par suite, les valeurs  $i_0$ ,  $i_{50}$  et  $i_{100}$  ne peuvent être déterminées avec une précision suffisante.

La précision sur  $i_0$ ,  $i_{50}$  et  $i_{100}$  peut être améliorée en utilisant l'abaque de Henry introduit à la suite du raisonnement suivant : la méthode de séparation classique montre que, suivant l'intensité, les variations de la quantité de substance récupérée pour chaque intervalle d'intensité sont représentées par une courbe en cloche. La forme de cette courbe fait penser intuitivement à une distribution gaussienne d'autant plus que les causes de la fluctuation sont indépendantes et multiples (hétérogénéité du débit, de la forme des grains, de la largeur du courant, etc...). Si la distribution est gaussienne, la courbe cumulative peut être représentée par une droite sur le diagramme de Henry (anamorphe de la courbe de Gauss). Effectivement, la courbe précédente est représentée avec une bonne approximation par une droite sur le diagramme de Henry (Fig. 18). Par suite, la distribution est gaussienne ; il est donc possible de déterminer avec précision les grandeurs  $i_0$ ,  $i_{50}$  et  $i_{100}$ .

Les figures 19, 20, 21, 22 et 23 regroupent les droites de Henry obtenues pour chacune des substances et le tableau n° 24 récapitule les valeurs critiques  $i_0$ ,  $i_{50}$  et  $i_{100}$  et les valeurs des intervalles d'intensité ( $i_{100} - i_0$ ).

L'expression théorique  $\sin \Theta/\chi = ki_{50}^n$  vue précédemment permet de tracer la courbe d'étalonnage et par suite de déterminer les constantes  $k$  et  $n$  caractéristiques du séparateur. Cette expression est présentée sous la forme équivalente d'un emploi plus aisé :

$$\log \sin \Theta/\chi = n \log i_{50} + \log k$$

Les termes  $\log \sin \Theta/\chi$  et  $\log i_{50}$  sont respectivement portés en ordonnée et en abscisse. Chaque valeur critique de l'intensité  $i_{50}$  donnée par la droite de Henry correspondante fournit un point de la courbe.

Pour l'ensemble des substances, les points représentatifs se disposent suivant une courbe moyenne qui est sensiblement linéaire (fig. 25). Un traitement statistique des mesures utilisant la méthode des moindres carrés a permis de déterminer la pente  $n$  et l'ordonnée à l'origine  $\log k$  de la droite et par suite :

$$\begin{aligned} n &= 1,90 \\ k &= 2,046.10^4 \end{aligned}$$

Remarquons que pour les valeurs de l'intensité supérieures à  $i = 1,2$  Ampère, la courbe s'infléchit vers les intensités croissantes. Dans ce domaine, la saturation des pièces polaires intervient.

A l'inverse,  $n$  et  $k$  étant remplacés par leur valeur dans l'expression  $\sin \Theta / \chi = \frac{n}{k i_{50}}$ , il est possible d'établir le diagramme  $\chi_{\Theta} (i_{50})$  qui indique la valeur de l'intensité critique  $i_{50}$ , pour une substance de susceptibilité  $\chi$  et pour chaque valeur de la pente transversale. Le faisceau de courbes correspondant est représenté sur la Figure 26. Chaque courbe permet de déterminer la susceptibilité d'une substance. La pente transversale étant fixée, il suffit de chercher la valeur de l'intensité pour laquelle le pourcentage de récupération est égal à 50 %. A cette valeur correspond un point de la courbe relative à la pente transversale utilisée ; la susceptibilité cherchée est lue sur l'axe des ordonnées.

III.3. - *Les possibilités d'amélioration de la méthode de séparation classique : établissement et utilisation de l'abaque  $\chi_{\Theta} (i_0, i_{50}, i_{100})$  ; présentation d'une méthode de séparation originale.*

L'étude de la méthode de séparation classique et de l'étalonnage montre que la distribution du pourcentage de récupération est gaussienne. Les résultats obtenus ont conduit à l'établissement de l'abaque  $\chi_{\Theta} (i_{50})$  qui permet la détermination de la susceptibilité d'une substance. Il est possible d'utiliser cet abaque pour la séparation des minéraux, en lui adjoignant les valeurs expérimentales  $i_0$  et  $i_{100}$  qui caractérisent respectivement le début et la fin de la déviation d'une substance. L'abaque  $\chi_{\Theta} (i_0, i_{50}, i_{100})$  ainsi obtenu peut être utilisé en complément de la méthode de séparation classique sous réserve de vérifications expérimentales.

L'abaque  $\chi_{\Theta} (i_{50})$  est complété par les valeurs  $i_0$  et  $i_{100}$  données par les droites de Henry pour chaque substance et pour chaque valeur de la pente transversale  $\Theta$  utilisée. La figure 27 donne un exemple relatif à la courbe de l'abaque  $\chi_{\Theta} (i_{50})$  correspondant à la pente transversale de  $10^\circ$ . Les courbes  $i_0$  et  $i_{100}$  sont tracées par interpolation entre les valeurs expérimentales.

Il apparaît que l'intervalle  $i_0 i_{100}$  décroît lorsque la susceptibilité croît. De plus, pour une valeur donnée de la susceptibilité, l'intervalle  $i_0 i_{100}$  décroît lorsque la pente transversale augmente (tableau de la

figure 27). Ainsi on peut admettre que l'intervalle  $i_0 - i_{100}$  varie continuellement avec la susceptibilité et la pente transversale. Il est possible dans ces conditions d'établir l'abaque  $I_{\Theta}(\chi)$  qui exprime les variations de l'intervalle d'intensité  $I = i_{100} - i_0$  en fonction de la susceptibilité  $\chi$  pour chacune des valeurs de la pente transversale (Fig. 28).

Chaque courbe a été obtenue par interpolation entre les valeurs expérimentales puis les différentes courbes ont été ajustées en tenant compte de leurs positions relatives et des erreurs expérimentales. L'abaque  $I_{\Theta}(\chi)$  permet de tracer les courbes  $\chi'_{\Theta}(i_0)$  et  $\chi'_{\Theta}(i_{100})$  qui se situent de part et d'autre des courbes  $\chi_{\Theta}(i_{50})$ ; l'abaque  $\chi_{\Theta}(i_0, i_{50}, i_{100})$  groupe les trois courbes  $\chi_{\Theta}(i_0)$ ,  $\chi'_{\Theta}(i_{50})$  et  $\chi'_{\Theta}(i_{100})$  pour chacune des valeurs de la pente transversale. Sur les figures 29 à 37, les courbes  $\chi_{\Theta}(i_{50})$  n'ont pas été reportées; les valeurs  $i_{50}$  peuvent être obtenues facilement car elles sont la moyenne arithmétique des valeurs  $i_0$  et  $i_{100}$ .

L'abaque  $\chi_{\Theta}(i_0, i_{50}, i_{100})$  peut être utilisé pour la séparation des minéraux. Considérons par exemple un mélange de deux substances de susceptibilité  $\chi_1$  et  $\chi_2$  traité à une pente transversale de  $15^\circ$  (Fig. 35). L'abaque montre que la séparation ne peut être que partielle car les intervalles d'intensité relatifs à chaque substance se recouvrent. Par contre, la séparation des substances  $\chi_1$  et  $\chi_3$  est possible en totalité car les intervalles d'intensité sont distincts.

L'emploi de l'abaque pour la séparation suppose la connaissance des valeurs  $\chi_1$ ,  $\chi_2$ ,  $\chi_3$ ; celles-ci peuvent être déterminées à la suite de passages successifs suivant la méthode classique.

L'abaque  $\chi_{\Theta}(i_0, i_{50}, i_{100})$  a été établi au moyen de substances isolées particulières et en conséquence son emploi ne peut être généralisé. Si l'on considère une substance de susceptibilité donnée, il est possible que les valeurs  $i_0$ ,  $i_{50}$  et  $i_{100}$  qu'elle fournit dans des conditions déterminées dépendent de la tranche granulométrique utilisée. Les frottements sur la réglette varient en effet avec la taille des grains.

Si d'autre part la substance fait partie d'un mélange, sa déviation peut être perturbée par l'influence des autres minéraux. Enfin, il est possible que deux substances dont les propriétés sont identiques sauf la densité donnent des valeurs critiques  $i_0$ ,  $i_{50}$  et  $i_{100}$  différentes.

Les figures 38, 39, 40 consignent les valeurs de l'intervalle d'intensité obtenues respectivement avec trois tranches granulométriques différentes, des mélanges binaires et ternaires et des substances de densités différentes. Il apparaît que des valeurs critiques sont généralement inférieures à celles qui sont données par l'abaque  $\chi_{\Theta}(i_0, i_{50}, i_{100})$ .

Elles sont cependant plus élevées dans le cas de l'ilménite pour les valeurs 10 et 15° de la pente transversale (Fig. 40). L'échantillon utilisé, provenant d'Antete à Madagascar, est vraisemblablement constitué de grains hétérogènes d'ilménite plus ou moins altérée, comme l'indique l'étude dont il a fait l'objet (H. de la ROCHE, R. KERN, J. BOLFA - 1961).

En conséquence, on peut considérer que l'abaque  $\chi_{\Theta}(i_0, i_{50}, i_{100})$  est applicable à la séparation des minéraux avec une bonne approximation quelle que soit la tranche granulométrique utilisée, la densité des minéraux et la composition du mélange.

Ainsi, la méthode de séparation proposée comprend en premier lieu une série de passages suivant la méthode de séparation classique de manière à évaluer la susceptibilité des minéraux du mélange en utilisant l'abaque  $\chi_{\Theta}(i_0, i_{50}, i_{100})$ . En second lieu, l'abaque renseigne sur la possibilité ou l'impossibilité de la séparation ; dans le cas où la séparation est possible, il permet le choix des valeurs des paramètres de réglage de l'appareil qui fournissent les meilleures conditions de séparation.

#### CHAPITRE IV

##### ETUDE THEORIQUE

##### DU SEPARATEUR MAGNETIQUE ISODYNAMIQUE

##### DE FRANTZ

##### ET APPLICATION A LA SEPARATION DES MINERAUX

###### IV.1. - *Etude théorique.*

Ce qui précède constitue la première étape essentiellement expérimentale de l'étude du séparateur magnétique isodynamique de Frantz. La distribution gaussienne des pourcentages de récupération qu'elle a mis en évidence a permis d'établir l'abaque  $\chi_{\Theta}(i_0, i_{50}, i_{100})$  nécessaire à la mesure des susceptibilités et utilisable pour la séparation des minéraux.

La seconde étape présentée dans ce chapitre correspond à l'interprétation théorique des résultats expérimentaux ; elle a pour but de les généraliser et de donner les applications possibles des résultats théoriques à la séparation des minéraux.

Le pourcentage de récupération qui caractérise la déviation d'une substance est conditionné par les valeurs attribuées aux paramètres de réglage mais aussi par les phénomènes complexes d'interaction

entre la règlette et le grain, entre le grain et l'ensemble des grains au cours de leur écoulement. Les forces qui interviennent sont les forces de pesanteur, les forces magnétiques et les forces de frottement. On peut affirmer que les forces de frottement sont plus importantes que les forces de pesanteur et les forces magnétiques, car si ce n'était pas le cas, ou bien le grain s'écoulerait sur la règlette, ou bien il irait coller aux pièces polaires. Il s'agit donc de définir le mode de déplacement du grain compte tenu de la nature des forces de frottement. Il est possible de considérer deux types de mouvement :

1° Dans le premier type de mouvement, il y aurait couplage du grain et de la règlette par frottement sec. Dans ce cas, à chaque secousse du vibreur, le grain acquiert une certaine quantité de mouvement et se déplace ; après la secousse, il est uniformément descélééré. Le type de mouvement occasionné par le vibreur importe peu pourvu qu'il soit périodique et symétrique ; il conduit à une déviation qui dépend de l'amplitude et de la période des mouvements longitudinaux et transversaux de la règlette et aussi des forces de frottement du grain. Ce type de mouvement est d'une interprétation délicate.

2° Dans le second type de mouvement, le grain effectuerait un grand nombre de sauts au cours de son déplacement sur la règlette. Ainsi, sous l'influence du vibreur, le grain se désacouple périodiquement de la règlette. Lorsqu'il se trouve en l'air, il n'est soumis qu'aux forces de pesanteur et aux forces magnétiques. Ce type de mouvement conduit à une déviation dont l'interprétation est possible.

Si on considère le second type de mouvement, la position du grain peut être repérée par rapport à un système d'axes orthogonaux OX, OY, OZ respectivement parallèles à la largeur, à la longueur de la règlette et perpendiculaire à son plan.

Lorsque le grain effectue un saut, son mouvement est uniformément accéléré et sa position suivant z est donnée par l'expression

$$z = \frac{1}{2} \frac{f_z}{m} t^2 + v_{oz} t$$

$f_z$ ,  $m$  et  $v_{oz}$  représentent respectivement la force de pesanteur suivant z, la masse du grain et la vitesse initiale suivant z due à la vibration de la règlette. Le grain effectue un saut pendant le temps  $\tau = \frac{2 v_{oz} m}{f_z}$  et

retombe sur la règlette ; pendant cet intervalle de temps  $\tau$ , le grain s'est déplacé des distances  $\Delta x$  et  $\Delta y$  suivant x et y sous l'effet des

forces magnétiques et de pesanteur avec un mouvement uniformément accéléré :

$$\Delta x = \frac{1}{2} \frac{f_x}{m} t^2 = 2 m v_{oz}^2 \frac{f_x}{f_z^2}$$

et

$$\Delta y = \frac{1}{2} \frac{f_y}{m} t^2 = 2 m v_{oz}^2 \frac{f_y}{f_z^2}$$

$f_x$  et  $f_y$  sont les forces qui agissent respectivement suivant X et Y.

Les vitesses moyennes suivant X et Y pendant l'intervalle de temps  $\tau$  sont :

$$v_x = \frac{\Delta x}{\tau} = \frac{f_x}{f_z} v_{oz} \quad \text{et} \quad v_y = \frac{\Delta y}{\tau} = \frac{f_y}{f_z} v_{oz}$$

La déviation du grain peut être caractérisée par l'angle  $\alpha$  tel que :

$$\text{tg} \alpha = \frac{v_x}{v_y} = \frac{f_x}{f_y}$$

Or  $f_x = m k \chi i^2 - m g \sin \Theta$  et  $f_y = m g \sin \Phi \cos \Theta$  (Ch. I, § 1). En remplaçant  $f_x$  et  $f_y$  par leurs valeurs dans l'expression précédente, on obtient :

$$\text{tg} \alpha = \frac{k \chi i^2 - g \sin \Theta}{g \sin \Phi \cos \Theta} = \frac{k \chi i^2 - \sin \Theta}{\sin \Phi \cos \Theta}$$

avec  $K = k/g$ .

*Cette expression montre que la déviation du grain ne dépend ni de sa masse et par suite de sa densité et de la granulométrie utilisée, ni des forces de frottement, ni des amplitudes et périodes du mouvement de la réglette. Remarquons que dans la première partie (Ch. IV, § 1), il a été tenu compte des forces de frottement dans l'expression des forces  $f_x$  et  $f_y$ .*

Il n'y a pas de contradiction car dans l'hypothèse envisagée ici (deuxième type de mouvement) les mouvements suivant X et Y se produisent pendant l'espace de temps  $\tau$  durant lequel le grain est en l'air et n'est plus en contact par conséquent avec la réglette.

Jusqu'à présent, le grain a été considéré comme isolé. Si l'on tient compte des forces de frottement de grain à grain et d'une manière générale de tous les facteurs qui perturbent son mouvement, il est nécessaire d'introduire un terme correctif B dans l'expression de la déviation. Ainsi :

$$\operatorname{tg} \alpha = B \frac{f_x}{f_y} = B \frac{K \chi i^2 - \sin \Theta}{\sin \Phi \cos \Theta}$$

B et K représentent donc des coefficients expérimentaux.

Il est possible, partant de l'expression précédente, d'exprimer les valeurs critiques  $i_0$ ,  $i_{50}$ ,  $i_{100}$  du courant dans l'électro-aimant. Si  $\alpha = 0$ , il n'y a pas déviation ; dans ce cas, le pourcentage de récupération est de 50 % et la valeur critique de l'intensité correspondante est  $i_{50}$ . Elle est telle que :

$$i_{50}^2 = \frac{\sin \Theta}{K \chi}$$

Aux valeurs critiques  $i_0$  et  $i_{100}$  du courant dans l'électro-aimant correspondent respectivement les angles de déviation  $\alpha_0$  et  $\alpha_{100}$  ; en admettant que ces deux angles sont égaux en valeur absolue :

$$\alpha_0 = - \alpha_{100}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{100} - \operatorname{tg} \alpha_0 = 2 \operatorname{tg} \alpha_{100}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = B \frac{K \chi i_{50}^2 - \sin \Theta}{\sin \Phi \cos \Theta}$$

$$\operatorname{tg} (\alpha_{100}) = B \frac{K \chi i_{100}^2 - \sin \Theta}{\sin \Phi \cos \Theta} = - \operatorname{tg} (\alpha_0)$$

En posant  $\alpha = |\alpha_0| = |\alpha_{100}|$  et en remarquant que

$$i_{50} = \frac{i_0 + i_{100}}{2}, \quad i_{50}^2 = \frac{\sin \Theta}{K \chi}$$

on obtient finalement :

$$\frac{i_{100} - i_0}{i_{50}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{B} \sin \Phi \operatorname{ctg}^2 \Theta$$

Cette expression théorique ne tient pas compte des nombreuses variables qui interviennent dans la déviation. Si  $(i_{100} - i_0)_t$  est l'intervalle d'intensité mesuré théorique, une loi statistique qui tient compte des causes aléatoires permet d'écrire :

$$(i_{100} - i_0)_t^2 = B^2 i_{50}^2 \sin^2 \Phi \operatorname{ctg}^2 \Theta + C^2$$

La variation de  $(i_{100} - i_0)_t^2$  en fonction de  $i_{50}^2 \sin^2 \Phi \cotg^2 \Theta$ , est représentée pour chacune des substances par une courbe sensiblement linéaire (Fig. 41). Il apparaît que la pente  $B^2$  décroît lorsqu'on passe de la rhodonite au sulfate de cuivre, c'est-à-dire lorsque la susceptibilité magnétique diminue tandis que l'ordonnée à l'origine  $C^2$  est croissante. Nous avons choisi en première approximation les valeurs  $B^2$  et  $C^2$  données par la droite moyenne qui correspond sensiblement au sulfate de Nickel.

La détermination graphique effectuée dans ces conditions fournit les valeurs suivantes :  $B^2 = 0,0115$  ;  $C^2 = 0,025$ .

A l'inverse, ces valeurs permettent de calculer l'intervalle d'intensité théorique  $(i_{100} - i_0)_t$  au moyen de l'expression précédente.

Le tableau 42 montre que les valeurs théoriques  $(i_{100} - i_0)_t$  sont semblables aux valeurs expérimentales  $(i_{100} - i_0)_{exp.}$  pour les faibles valeurs de la pente transversale. D'autre part, les valeurs théoriques sont d'autant plus grandes que la valeur de la pente transversale est élevée.

Le choix des valeurs moyennes de  $B^2$  et  $C^2$  offre ainsi une « sécurité » suffisante puisque les valeurs calculées de l'intervalle d'intensité encadrent les valeurs expérimentales.

#### IV.2. - *Utilisation des relations théoriques.*

Nous avons décrit dans les chapitres précédents les opérations successives qui vont de la préparation de l'appareil à l'établissement de l'abaque  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ . Ces opérations sont résumées dans ce qui suit en tenant compte des conclusions qui se déduisent des résultats expérimentaux et théoriques. Ce paragraphe peut servir de guide dans l'étude d'un appareil du même type dont les caractéristiques sont inconnues.

##### 1° *La mise en œuvre de l'appareil.*

Elle comprend :

- la vérification des axes de fixation de la réglette (Ch. II, § 1).
- la mise à niveau de l'appareil et parallèlement l'ajustement du débit en réglant l'ouverture du système d'alimentation en poudre et l'intensité de vibration du vibreur (Ch. II, § 2).



La mise à niveau de l'appareil permet de déterminer l'angle  $\Delta \Theta$  de correction de la pente transversale. Remarquons que cette opération indispensable doit être effectuée très minutieusement; en particulier lorsque le débit en poudre est variable, la valeur du pourcentage de récupération à retenir est la moyenne des valeurs obtenues à la suite du plus grand nombre de passages dans les mêmes conditions.

### 2° *Étalonnage*

Il constitue l'essentiel de la partie expérimentale (Ch. III, § 2). Plusieurs substances de susceptibilités différentes sont traitées pour des valeurs croissantes de la pente transversale. Pour chacune de ces valeurs, une suite de passages à des intensités croissantes permet d'établir les variations du pourcentage de récupération en fonction de l'intensité appliquée. Cette variation, exprimée graphiquement au moyen de l'abaque de Henry donne avec précision les valeurs critiques  $i_0$ ,  $i_{50}$  et  $i_{100}$  qui caractérisent la déviation de la substance dans les conditions de traitement utilisées. La courbe d'étalonnage est tracée

en utilisant l'expression  $\sin \Theta / \chi = k \frac{i_{50}^n}{\sin \Theta}$  présentée sous la forme équivalente :  $\log \frac{\sin \Theta}{\chi} = n \log i_{50} + \log k$ . Les constantes  $n$  et  $k$  sont données respectivement par la pente et l'ordonnée à l'origine de la droite moyenne.

Connaissant  $n$  et  $k$ , il est possible de tracer l'abaque  $\chi_{\Theta}(i_{50})$  qui facilite la détermination de la susceptibilité magnétique des substances (Fig. 26). Remarquons que le traitement de trois substances telles que la Rhodonite, le sulfate de Nickel et le sulfate de Cuivre est suffisant pour établir la courbe d'étalonnage (Fig. 25); en effet, le recouvrement des séries de points relatives à ces substances est suffisant.

### 3° *Etablissement de l'abaque $\chi'_{\Theta}(i_0, i_{50}, i_{100})$*

Il est possible de l'établir au moyen des valeurs expérimentales  $i_0$ ,  $i_{100}$  données par les droites de Henry et par l'intermédiaire de l'abaque  $I_{\Theta}(\chi)$  (Ch. III, § 3). On peut aussi utiliser les valeurs  $i_0$ ,  $i_{50}$ ,  $i_{100}$  expérimentales et déterminer graphiquement les constantes  $B$  et  $C$  de l'expression

$$(i_{100} - i_0)^2 = B^2 i_{50}^2 \sin^2 \Theta \cotg^2 \Theta + C^2$$

Par suite, connaissant  $B$  et  $C$ , l'expression précédente permet inversement de calculer l'intervalle d'intensité  $(i_{100} - i_0)$  pour chaque ensemble de valeurs  $i_{50}$ ,  $\Phi$  et  $\Theta$  (Ch. IV, § 1).

Remarquons que les valeurs calculées des intervalles d'intensité sont plus élevées que les valeurs expérimentales et de ce fait les premières présentent une « sécurité » d'emploi meilleure.

Lorsque la préparation de l'appareil et l'étalonnage ont été effectués et l'abaque  $\chi (i_0, i_{50}, i_{100})$  a été établi, il est possible de séparer les minéraux suivant la méthode indiquée précédemment (Ch. III, § 3) et d'utiliser le séparateur pour la détermination de la susceptibilité magnétique (Ch. III, § 2).

## CONCLUSION

Nous avons tenté, au cours de cette étude du séparateur magnétique isodynamique de Frantz, d'établir l'influence des principaux paramètres de réglage et de simplifier son emploi. Nous avons présenté une méthode de séparation originale qui complète la méthode de séparation classique par l'emploi de l'abaque  $\chi_{\Theta} (i_0, i_{50}, i_{100})$ .

Les résultats expérimentaux ont mis en évidence le caractère gaussien de la déviation d'une substance ainsi que les excellentes qualités de sensibilité et de reproductibilité de l'appareil. Ainsi, il a été possible d'établir expérimentalement l'abaque  $\chi_{\Theta} (i_0, i_{50}, i_{100})$  qui permet d'une part d'évaluer avec une bonne précision la susceptibilité magnétique d'un minéral et d'autre part de déterminer les meilleures conditions de réglage du séparateur. Une étude expérimentale complémentaire a montré que l'emploi de cet abaque pouvait être étendu aux diverses tranches granulométriques utilisées pour la séparation des substances de densité différente et enfin à des mélanges quelconques. La méthode de séparation proposée comprend ainsi une série de passages suivant la méthode classique qui a pour objet l'évaluation de la susceptibilité magnétique des composants du mélange au moyen de l'abaque  $\chi_{\Theta} (i_0, i_{50}, i_{100})$ . Celui-ci indique si la séparation est possible ou impossible ; si la séparation est possible, l'abaque permet le choix des valeurs des paramètres de réglage qui fournissent les meilleures conditions de séparation.

Le caractère gaussien de la déviation d'une substance et les qualités de sensibilité et de reproductibilité du séparateur autorisent une interprétation physique rigoureuse. Celle-ci conduit à l'expression théorique de l'intervalle d'intensité  $(i_{100} - i_0)$  caractéristique de la déviation d'une substance qui permet d'établir par le calcul l'abaque  $\chi_{\Theta} (i_0, i_{50}, i_{100})$  avec une bonne approximation.

BIBLIOGRAPHIE

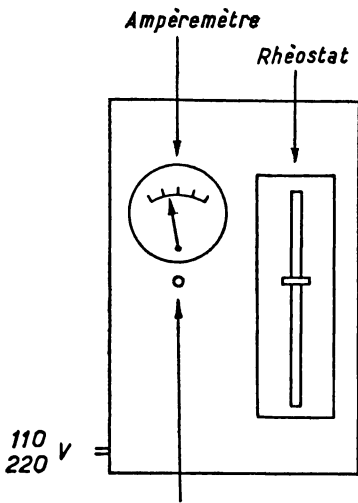
- FLINTER B.H. (1959). — *Am. Miner.*, 14, p. 738.
- GABBENISCH B. (1969). — Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Nancy.
- GAUDIN A.M., SPEDDEN M.R. (1942). — *Am. Inst. Min. Met. Eng. Techn. Paper*, n° 1549, 13 p.
- HESS H.H. (1959). — *Pamphlet published by S.G. FRANTZ C°, Inc.* p. 8.
- ISNARD P. (1957). — Ministère France Outre-mer - Insp. Gén. Mines et Géol. - Notes et travaux, n° 1.
- KAC, MJA KOSSOVSKAYA, REZNIKOV, BARANOV (1962). — *Moskva, Izdat. Akad. Nauk. SSSR*, p. 118-136.
- LA ROCHE H. (de), KERN R., BOLFA J. (1961). — *Sciences de la Terre*. T. VIII, n° 3, 4, p. 215-248.
- MAC ANDREW J. (1957). — *Proceedings the aus. IMM*, n° 181.
- NICOLAS A. GAGNY C. (1968). — La séparation des minéraux des roches, Nantes.
- PARFENOFF C. (1967). — *Ext. Bull. BRGM*, n° 2.
- ROSENBLUM S. — *Amer. Miner.*, Vol. 43, janv.-fév. 1958.
- TILLE R.R., KIRKPATRICK W. (1956). — *Rev. Indust. Miner.*, 38.7.
-

ANNEXE  
TABLEAUX ET FIGURES

*Liste des figures et tableaux :*

- Fig. 1. - Schéma du séparateur magnétique isodynamique de Frantz.
- Fig. 2. - Schéma de la règlette.
- Fig. 3. - Inclinaison transversale et longitudinale de l'appareil.
- Fig. 4. - Définition des angles  $\Phi$  et  $\Theta$ .
- Fig. 5. - Forces agissant sur un grain paramagnétique disposé sur la règlette.
- Fig. 6. - Comportement d'un courant de poudre lorsque  $f_m = f_{gx}$ .
- Fig. 7. - Détermination du pourcentage de récupération.
- Fig. 8. - Relation entre le pourcentage de récupération et la quantité déviée.
- Fig. 9. - Pourcentage de récupération avant la rectification des axes de la règlette.
- Fig. 10. - Histogrammes débit-pourcentage de récupération après rectification des axes de la règlette.
- Fig. 11. - Variation du pourcentage de récupération en fonction du débit.
- Fig. 12. - Histogrammes (pourcentage de récupération) pour différentes valeurs de la pente transversale.
- Fig. 13. - Histogrammes (pourcentage de récupération) pour différentes valeurs de la pente longitudinale.
- Fig. 14. - Exemple de séparation suivant la méthode classique.
- Fig. 15. - Conditions de séparation de deux minéraux.
- Fig. 16. - Caractéristiques des substances utilisées pour l'étalonnage et conditions de réglage de l'appareil.

- Fig. 17. - Etalonnage de l'appareil ; résultats obtenus avec le sulfate de Nickel pour  $\Theta = 1^\circ$ .
- Fig. 18. - Droite de Henry (sulfate de Nickel  $\Theta = 1^\circ$ ).
- Fig. 19. - Droite de Henry - Bichromate de Potassium.
- Fig. 20. - Droites de Henry - Sulfate de Cuivre.
- Fig. 21. - Droites de Henry - Sulfate de Nickel.
- Fig. 22. - Droites de Henry - Sulfate de Fer et d'Ammonium.
- Fig. 23. - Droites de Henry - Rhodonite.
- Fig. 24. - Valeurs critique  $i_0, i_{50}, i_{100}$ . Intervalle d'intensité ( $i_{100} - i_0$ ).
- Fig. 25. - Courbe d'étalonnage.
- Fig. 26. - Diagramme  $\chi_\Theta (i_{50})$ .
- Fig. 27. - Principe de l'établissement de l'abaque  $\chi'_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ .
- Fig. 28. - Abaque  $I_\Theta (\chi)$ .
- Fig. 29. - Abaque  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ ,  $\Theta = 1^\circ$
- Fig. 30. - Abaque  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ ,  $\Theta = 2^\circ$
- Fig. 31. - Abaque  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ ,  $\Theta = 3^\circ$
- Fig. 32. - Abaque  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ ,  $\Theta = 4^\circ$
- Fig. 33. - Abaque  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ ,  $\Theta = 5^\circ$
- Fig. 34. - Abaque  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ ,  $\Theta = 10^\circ$
- Fig. 35. - Abaque  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ ,  $\Theta = 15^\circ$
- Fig. 36. - Abaque  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ ,  $\Theta = 20^\circ$
- Fig. 37. - Abaque  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$ ,  $\Theta = 25^\circ$
- Fig. 38. - Variations de l'intervalle d'intensité avec la taille des grains.
- Fig. 39. - Variations de l'intervalle d'intensité d'une substance dans le cas d'un mélange.
- Fig. 40. - Variations de l'intervalle d'intensité avec la densité.
- Fig. 41. - Variations de l'intervalle d'intensité théorique.
- Fig. 42. - Comparaison entre valeurs calculées et expérimentales de l'intervalle d'intensité.



Commande intensité de vibration

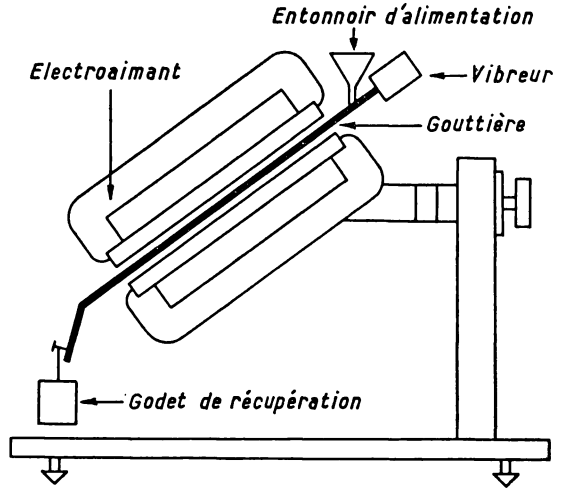


Fig. 1. — Schéma du séparateur magnétique isodynamique de Frantz  
Godet de récupération

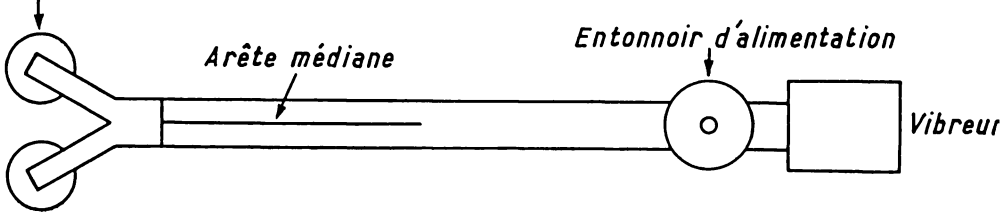


Fig. 2. — Schéma de la règlette

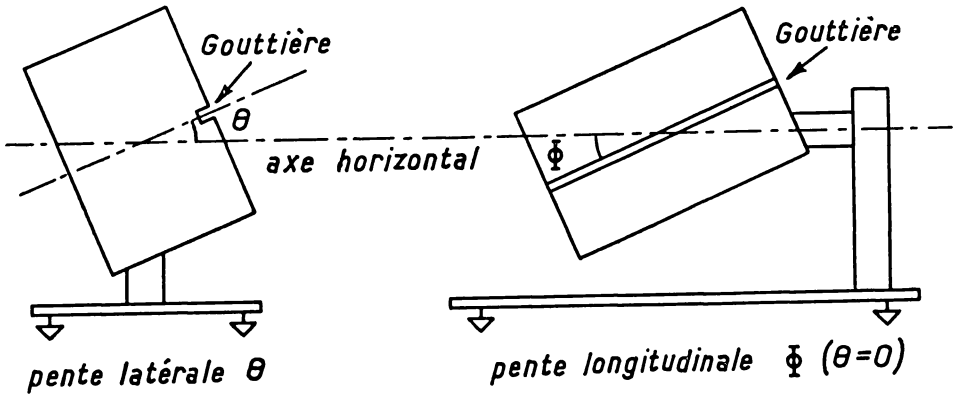
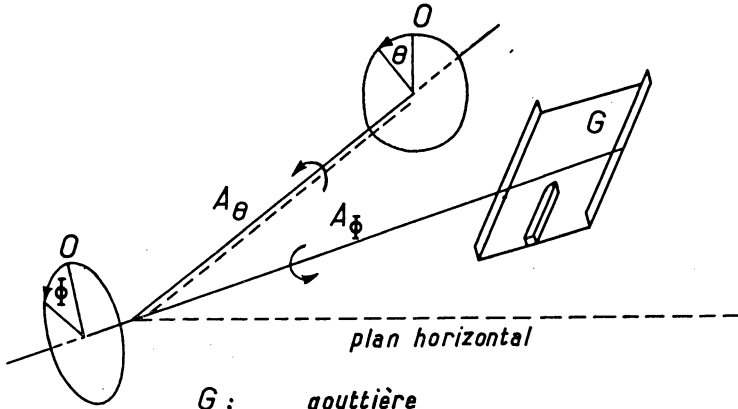


Fig. 3. — Inclinaisons transversale et longitudinale  
de l'appareil



*G* : gouttière

$\theta, A_\theta$  : angle de pente transversale, axe de rotation correspondant

$\phi, A_\phi$  : " longitudinale, "

Fig. 4. — Définition des angles  $\Phi$  et  $\Theta$

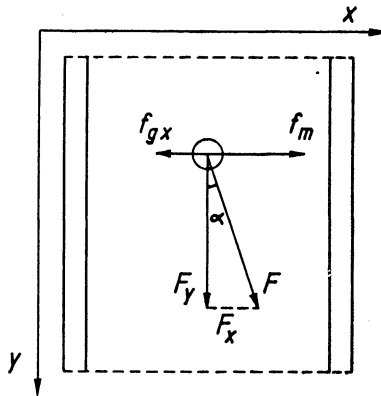


Fig. 5. — Forces agissant sur un grain paramagnétique disposé sur la gouttière

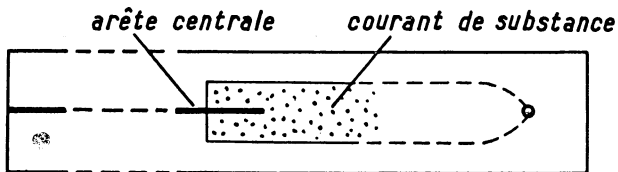


Fig. 6. — Comportement d'un courant de poudre lorsque  $f_m = f_{\sigma\sigma}$

a.  $I_1$  
$$\begin{array}{c} P_i \\ \hline P_{1d} \quad P_{1nd} \end{array}$$
 
$$p_1 = P_{1d} / P_i$$

b.  $I_1$  
$$\begin{array}{c} P_i \\ \hline P_{1d} \quad P_{1nd} \end{array}$$
 
$$p_1 = P_{1d} / P_i$$

$I_2$  
$$\begin{array}{c} P_{1d} + P_{1nd} = P_i \\ \hline P_{2d} \quad P_{2nd} \end{array}$$
 
$$p_2 = P_{2d} / P_i$$

$I_3$  
$$\begin{array}{c} P_{2d} + P_{2nd} = P_i \\ \hline P_{3d} \quad P_{3nd} \end{array}$$
 
$$p_3 = P_{3d} / P_i$$

$I_x$  
$$\begin{array}{c} P_{(x-1)d} + P_{(x-1)nd} = P_i \\ \hline P_{xd} \quad P_{xnd} \end{array}$$
 
$$p_x = P_{xd} / P_i$$

c.  $I_1$  
$$\begin{array}{c} P_i \\ \hline P_{1d} \quad P_{1nd} \end{array}$$
 
$$p_1 = P_{1d} / P_i$$

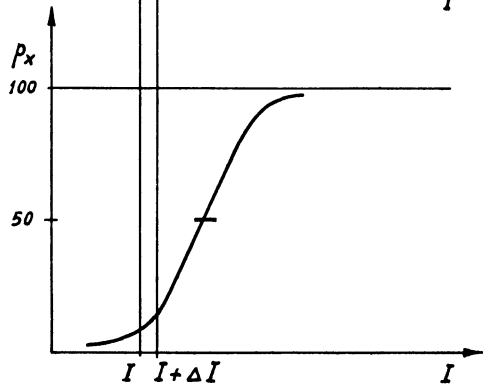
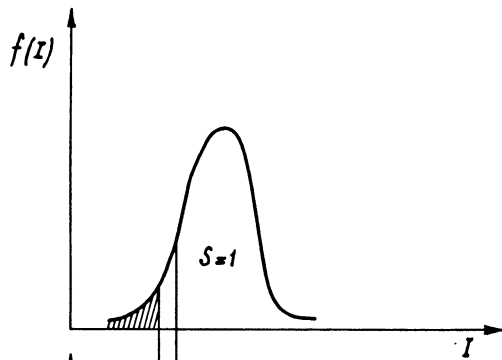
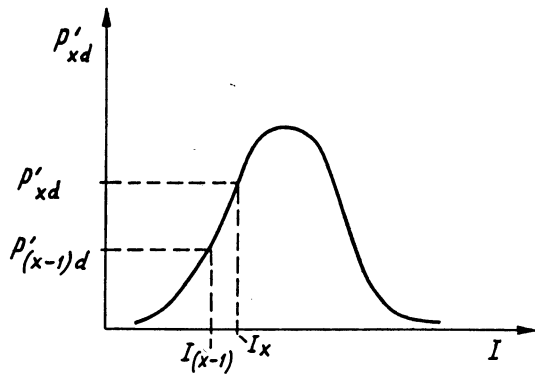
$I_2$  
$$\begin{array}{c} P_{1nd} \\ \hline P'_{2d} \quad P'_{2nd} \end{array}$$
 
$$p'_2 = P'_{2d} / P_{1nd}$$

$I_3$  
$$\begin{array}{c} P'_{2nd} \\ \hline P'_{3d} \quad P'_{3nd} \end{array}$$
 
$$p'_3 = P'_{3d} / P'_{2nd}$$

$I_x$  
$$\begin{array}{c} P'_{(x-1)nd} \\ \hline P'_{xd} \quad P'_{xnd} \end{array}$$
 
$$p'_x = P'_{xd} / P'_{(x-1)nd}$$

Fig. 7. — Détermination du pourcentage de récupération





$$f(I) = \left[ 1 - \int_{-\infty}^I f(I) dI \right] \frac{dp}{dI}$$

Fig. 8. — Relations entre le pourcentage de récupération et la quantité déviée

| $\theta$ | $P$  | $d$  | $p$  |
|----------|------|------|------|
| 0        | 6,30 | 0,32 | 0,60 |
| +0,1     | 6,25 | 0,32 | 0,30 |
| +0,1     | 6,25 | 0,69 | 0,31 |
| 0        | 6,25 | 0,68 | 0,45 |

Fig. 9. — *Pourcentage de récupération avant la rectification des axes de la gouttière*

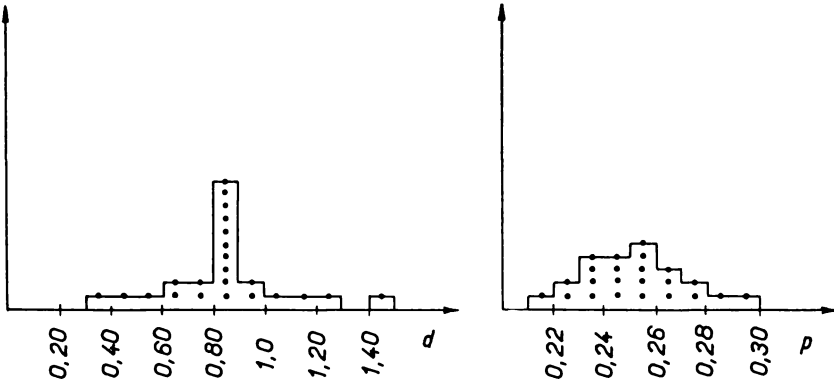
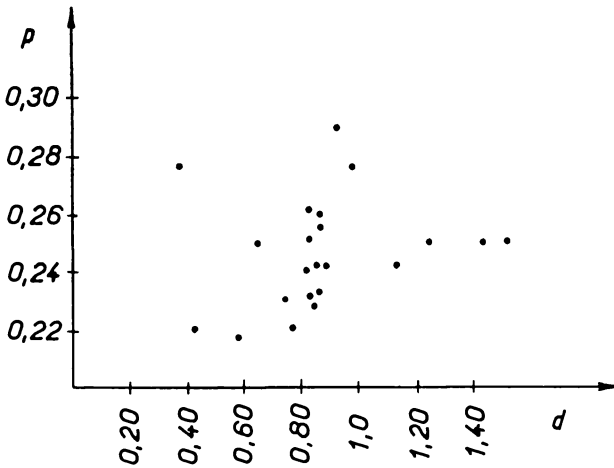


Fig. 10. — *Histogrammes (débit-pourcentage de récupération) après rectification des axes de la gouttière*



$\theta$  : *pente transversale*

$P$  : *poids de substance traitée*

$d$  : *débit en grammes par minutes*

$p$  : *pourcentage de récupération*

*L'intensité du courant dans l'électroaimant est nulle.*

Fig. 11. — *Variation du pourcentage de récupération en fonction du débit*

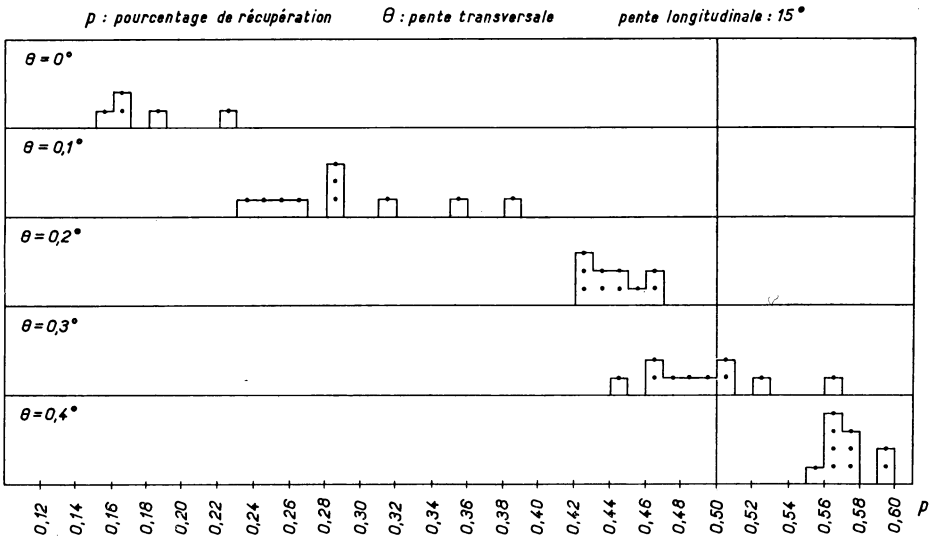


Fig. 12

Histogramme (pourcentage de récupération) pour différentes valeurs de la pente transversale

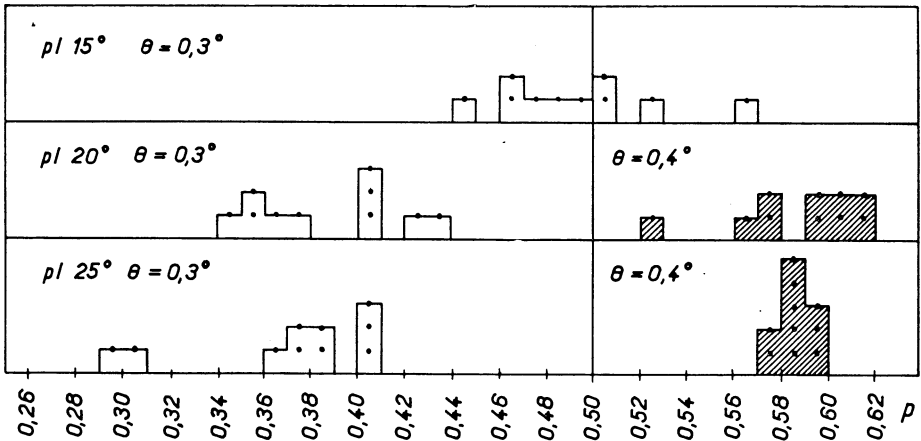


Fig. 13

Histogramme (pourcentage de récupération) pour différentes valeurs de la pente longitudinale

TABLEAU 14

Roche n° 52 Diorite quartzique  
 Composition (B) Quartz, feldspaths (blancs)  
 (E) Epidote  
 (A) Amphibole verte  
 (Mic) Mica biotite

Granulométrie : 200 - 100 $\mu$  Poids : 8,5 grammes

Code d'estimation semi-quantitative (A. PARFENOFF, 1967)

|    |               |                    |       |
|----|---------------|--------------------|-------|
| TA | très abondant | environ 75 à 100 % | ===== |
| A  | abondant      | environ 50 à 75 %  | ===== |
| M  | moyen         | environ 25 à 50 %  | ===== |
| PA | peu abondant  | environ 5 à 25 %   | ===== |
| R  | rare          | environ 1 à 5 %    | ===== |

Conditions de traitement au séparateur Débit : 3 grammes/minute  
 Pente longitudinale : 15°  
 Pente transversale : 15°  
 environ

Résultats . I : Intensité A M : Minéral

| M \ I   | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4   | 0,5 | 0,6   | 0,7 | 0,8   | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
|---|-----|-----|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| B   | A   | M   | PA  | R     | R   | R     | R   | R     | PA  | M   | M   | M   | A   |
| E   | PA  | PA  | PA  | PA    | PA  | R     | M   | A     | M   | PA  | PA  | PA  | PA  |
| A   | R   | PA  | M   | A     | M   | PA    | PA  | PA    | PA  | PA  | PA  | PA  | PA  |
| M   | PA  | PA  | PA  | M     | M   | TA    | M   | PA    | PA  | PA  | PA  | PA  | PA  |
| B   |     |     |     |       |     |       |     |       |     |     |     |     |     |
| E   |     |     |     |       |     |       |     |       |     |     |     |     |     |
| A   |     |     |     |       |     |       |     |       |     |     |     |     |     |
| M   |     |     |     |       |     |       |     |       |     |     |     |     |     |
| Minéraux justifiant le regroupement des fractions |     |     |     | A,M   |     | E,M   |     | E     |     |     |     |     |     |
| Intensité fournissant la quantité max. du minéral |     |     |     | 0,4 A |     | 0,6 M |     | 0,8 E |     |     |     |     |     |

Fig. 15 CONDITIONS DE SEPARATION DE DEUX MINERAUX

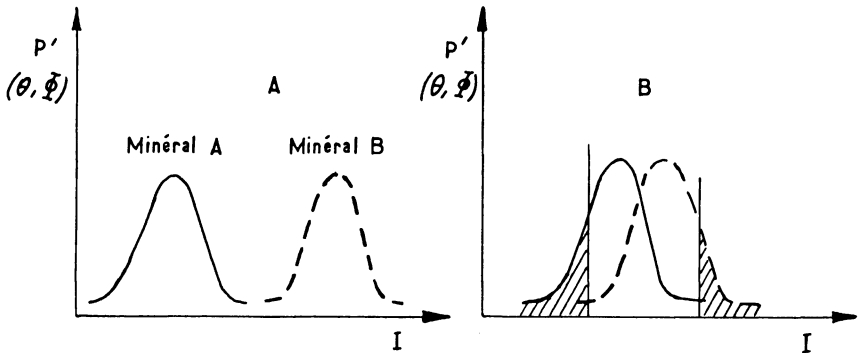


Fig. 15. — Conditions de séparation de deux minéraux.

TABLEAU 16

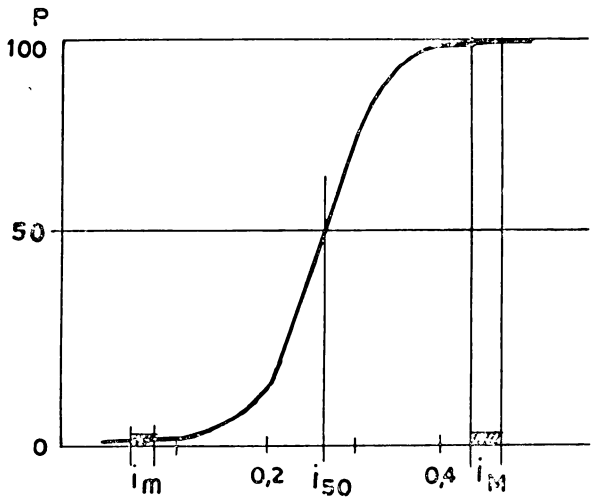
*Caractéristiques des substances utilisées pour l'étalonnage et conditions de réglage de l'appareil*

| Substance                    | Susceptibilité (uem cgs) |
|------------------------------|--------------------------|
| Bichromate de Potassium      | 0, $8.10^{-6}$           |
| Sulfate de Cuivre            | $6,93.10^{-6}$           |
| Sulfate de Nickel            | $15,36.10^{-6}$          |
| Sulfate de Fer et d'Ammonium | $34,18.10^{-6}$          |
| Rhodonite                    | $112, 3.10^{-6}$         |
| Tranche granulométrique      | 315.250 microns          |
| Pente longitudinale          | $15^\circ$               |

TABLEAU 17

*Etalonnage de l'appareil ; résultats obtenus avec le sulfate de nickel pour  $\Theta = 1^\circ$*

| i   | P    | p     | p moyen $\Theta = 1^\circ$ |  |
|-----|------|-------|----------------------------|--|
| 0,1 | 5,90 | 1,69  | 1,52                       | i = intensité du courant dans l'électroaimant<br>P poids de sulfate de nickel<br>p pourcentage de récupération |
|     | 5,90 | 1,69  |                            |  |
|     | 5,90 | 0,84  |                            |  |
|     | 5,90 | 1,69  |                            |  |
|     | 5,90 | 1,69  |                            |  |
| 0,2 | 5,90 | 13,55 | 13,69                      |  |
|     | 5,90 | 14,40 |                            |  |
|     | 5,90 | 15,25 |                            |  |
|     | 5,90 | 16,94 |                            |  |
|     | 5,90 | 10,16 |                            |  |
|     | 5,90 | 13,55 |                            |  |
|     | 5,90 | 11,96 |                            |  |
| 0,3 | 5,85 | 61,01 | 60,37                      |  |
|     | 5,90 | 60,16 |                            |  |
|     | 5,90 | 60,68 |                            |  |
|     | 5,85 | 59,32 |                            |  |
|     | 5,90 | 60,68 |                            |  |
| 0,4 | 5,85 | 99,15 | 98,86                      |  |
|     | 5,90 | 98,30 |                            |  |
|     | 9,30 | 99,15 |                            |  |



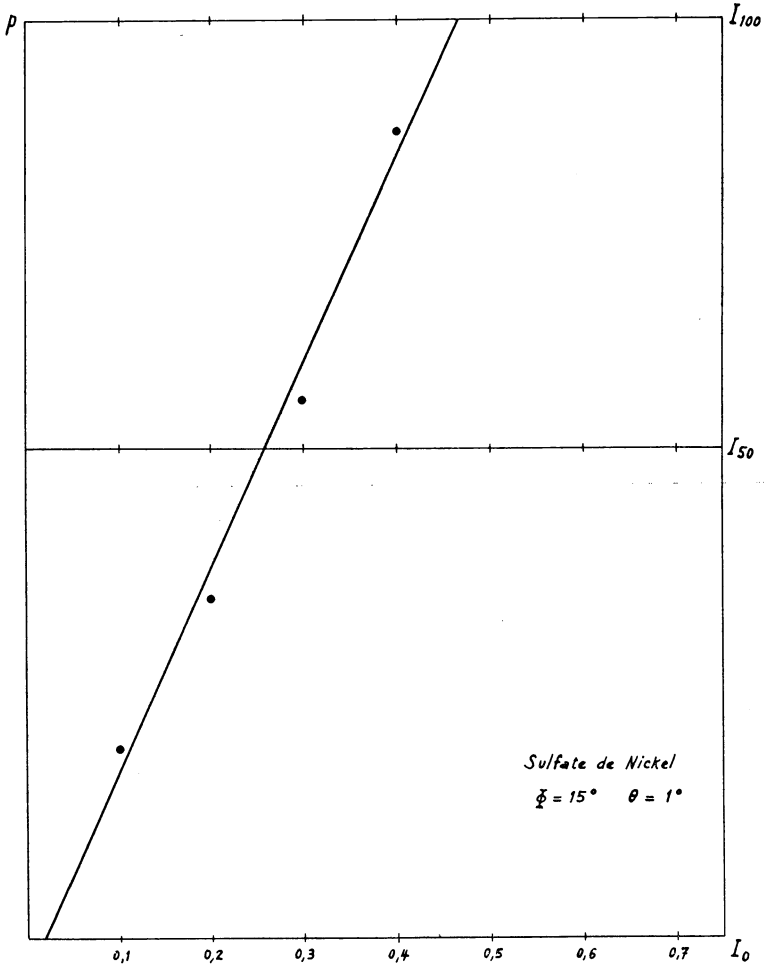


Fig. 18. — Droites de Henry.

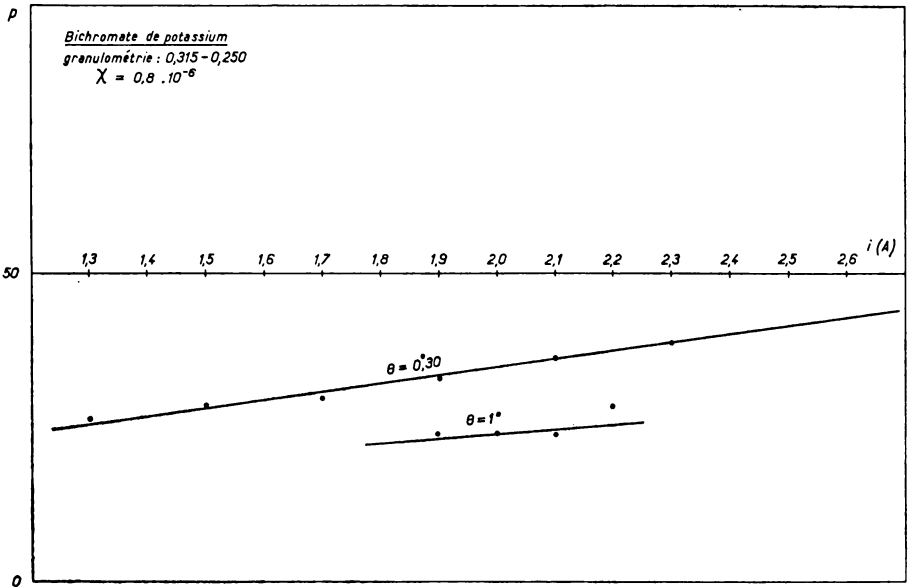


Fig. 19. — Droites de Henry

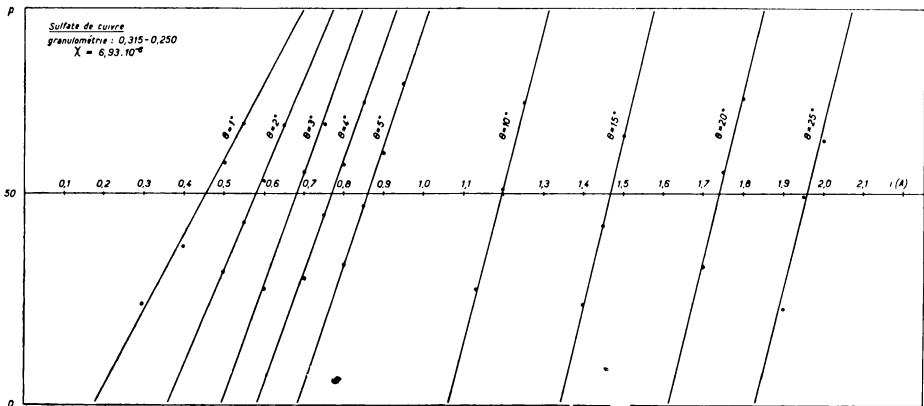


Fig. 20. — Droites de Henry



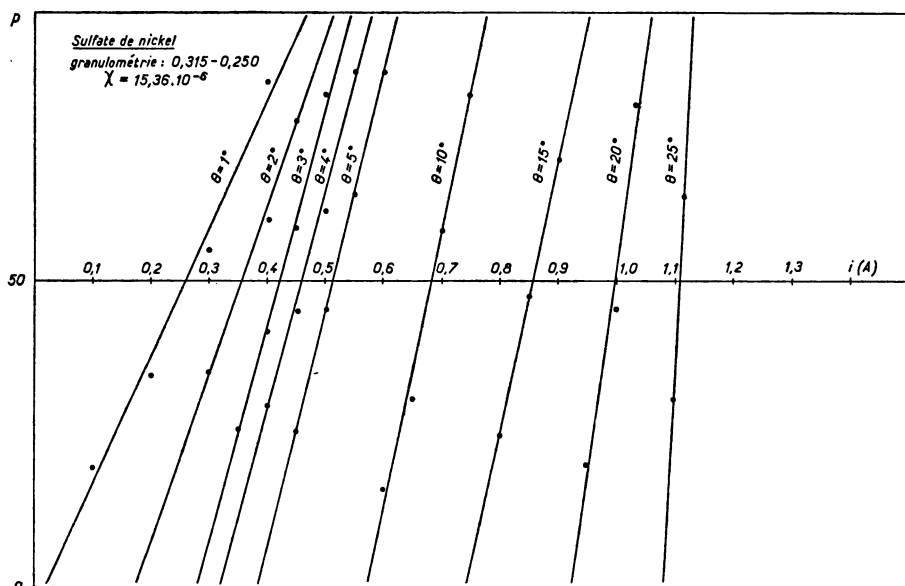


Fig. 21. — Droites de Henry

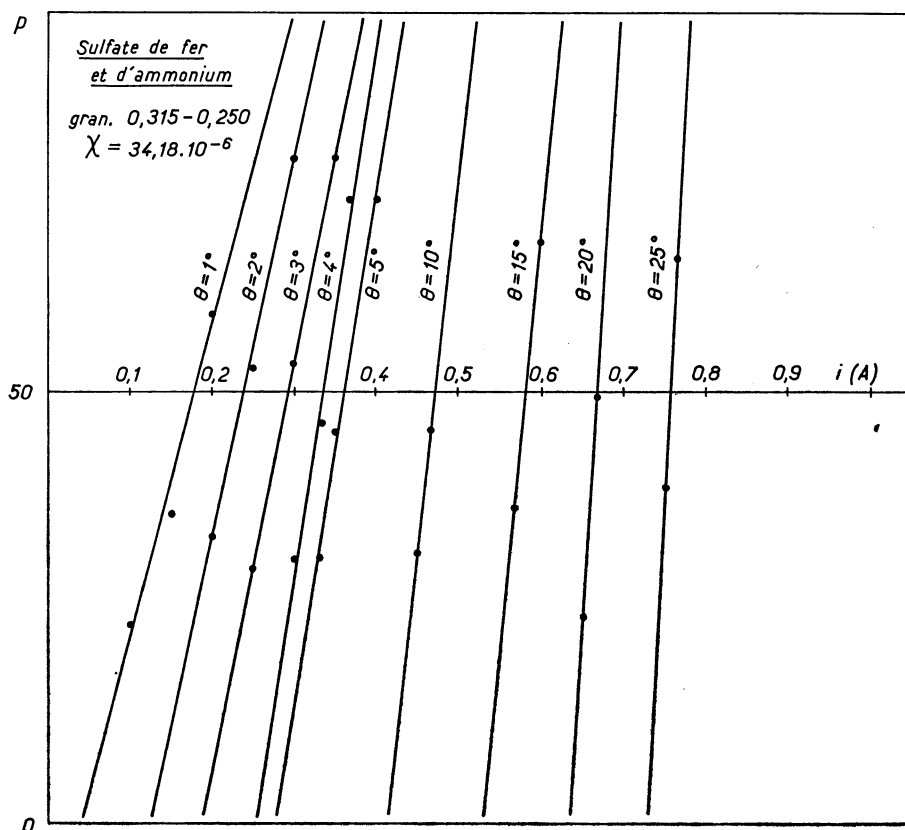


Fig. 22. — Droites de Henry

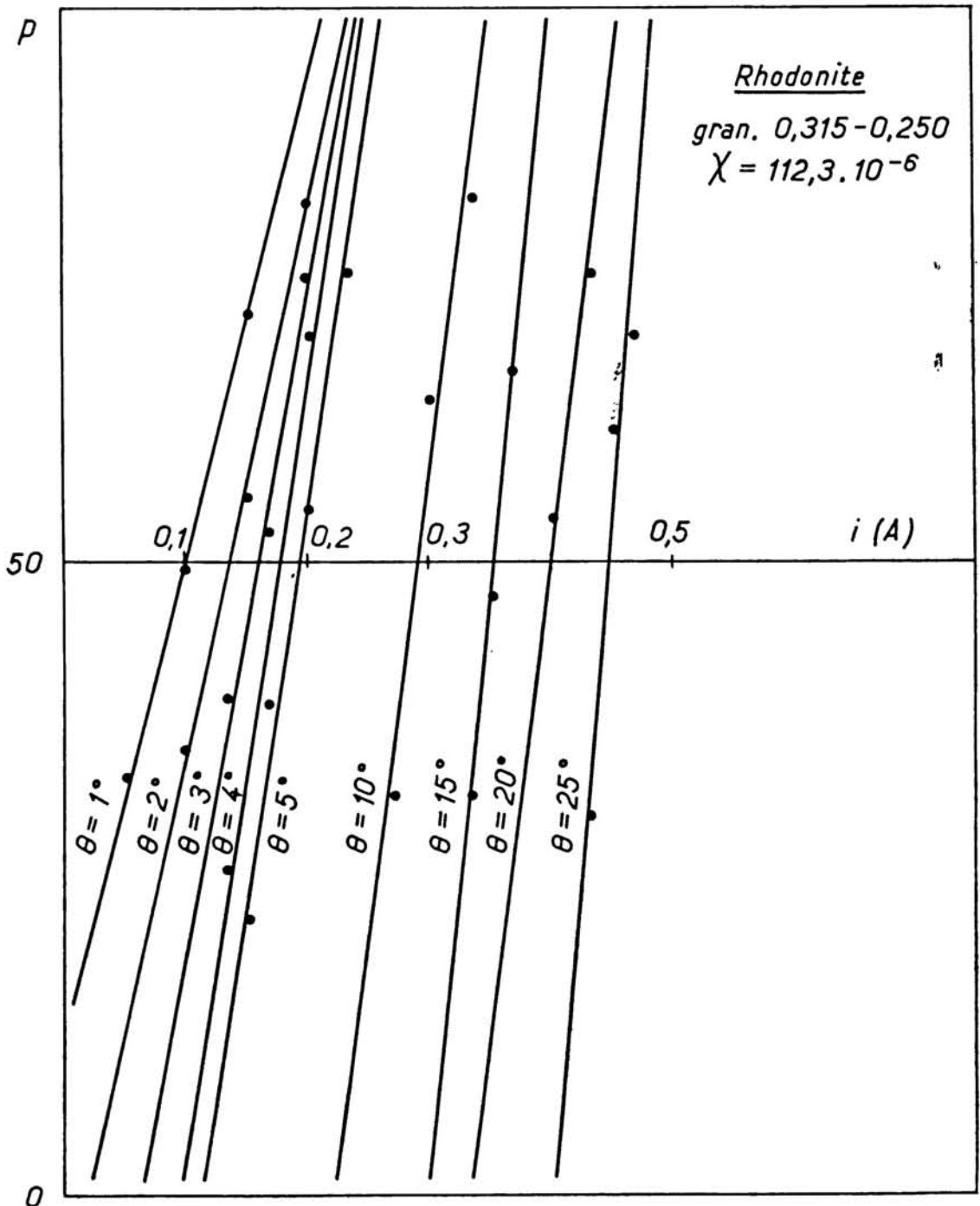


Fig. 23. — Droites de Henry

| $\Theta$ | Bichromate de Potassium |          |           |            | Sulfate de Cuivre |          |           |            | Sulfate de Nickel |          |           |            | Sulfate de Fer et d'Ammonium |          |           |            | Rhodonite |          |           |            |
|----------|-------------------------|----------|-----------|------------|-------------------|----------|-----------|------------|-------------------|----------|-----------|------------|------------------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|------------|
|          | $i_0$                   | $i_{50}$ | $i_{100}$ | $\Delta i$ | $i_0$             | $i_{50}$ | $i_{100}$ | $\Delta i$ | $i_0$             | $i_{50}$ | $i_{100}$ | $\Delta i$ | $i_0$                        | $i_{50}$ | $i_{100}$ | $\Delta i$ | $i_0$     | $i_{50}$ | $i_{100}$ | $\Delta i$ |
| 0°30     | —                       | 3,000    | ?         | —          | —                 | —        | —         | —          | —                 | —        | —         | —          | —                            | —        | —         | —          | —         | —        | —         | —          |
| 1°       | —                       | —        | —         | —          | 0,175             | 0,455    | 0 700     | 0,525      | 0,015             | 0,260    | 0,465     | 0,450      | 0,040                        | 0,180    | 0,300     | 0,260      | —         | 0,100    | 0,215     | —          |
| 2        | —                       | —        | —         | —          | 0,360             | 0,580    | 0,775     | 0,415      | 0,170             | 0,355    | 0,515     | 0,345      | 0,120                        | 0,240    | 0,340     | 0,220      | 0,015     | 0,135    | 0,235     | 0,220      |
| 3        | —                       | —        | —         | —          | 0,495             | 0,680    | 0,845     | 0,350      | 0,280             | 0,420    | 0,545     | 0,265      | 0,185                        | 0,295    | 0,385     | 0,200      | 0 060     | 0,160    | 0,245     | 0,185      |
| 4        | —                       | —        | —         | —          | 0,580             | 0,770    | 0,935     | 0,355      | 0,320             | 0,460    | 0,580     | 0,260      | 0,250                        | 0,335    | 0,410     | 0,160      | 0,095     | 0,175    | 0,250     | 0,155      |
| 5        | —                       | —        | —         | —          | 0,685             | 0,860    | 1,015     | 0,330      | 0,385             | 0,515    | 0,625     | 0,240      | 0,275                        | 0,360    | 0,435     | 0,160      | 0,110     | 0,190    | 0,260     | 0,150      |
| 10       | —                       | —        | —         | —          | 1,065             | 1,193    | 1,310     | 0,245      | 0,570             | 0,680    | 0,775     | 0,205      | 0,410                        | 0,470    | 0,525     | 0,115      | 0,220     | 0,290    | 0,350     | 0,130      |
| 15       | —                       | —        | —         | —          | 1,345             | 1,465    | 1,575     | 0,230      | 0,745             | 0,555    | 0,955     | 0,210      | 0,530                        | 0,580    | 0,625     | 0,095      | 0,300     | 0,350    | 0,400     | 0,100      |
| 20       | —                       | —        | —         | —          | 1,615             | 1,740    | 1,850     | 0,235      | 0,925             | 1,000    | 1,060     | 0,135      | 0,635                        | 0,665    | 0,700     | 0,065      | 0,335     | 0,400    | 0,455     | 0,120      |
| 25       | —                       | —        | —         | —          | 1,830             | 1,960    | 2,065     | 0,235      | 1,085             | 1,110    | 1,130     | 0,045      | 0,730                        | 0,755    | 0,780     | 0,050      | 0,400     | 0,445    | 0,485     | 0,085      |

$$\Delta i = i_{100} - i_0$$

Tableau 24. — Valeurs critiques  $i_0$ ,  $i_{50}$ ,  $i_{100}$  et valeurs de l'intervalle d'intensité

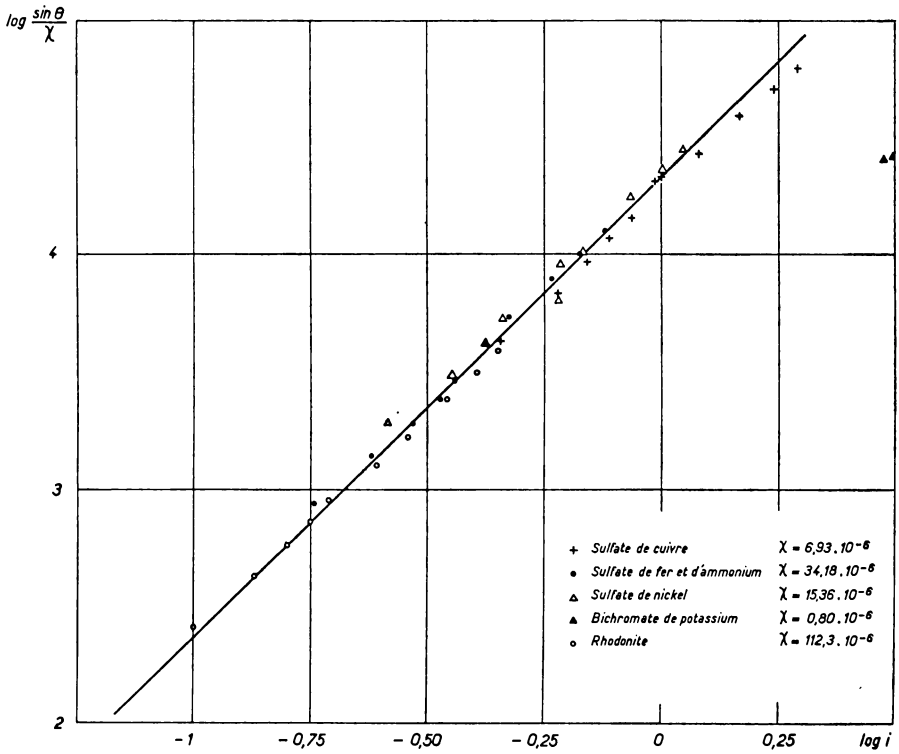


Fig. 25 — Courbe d'étalonnage

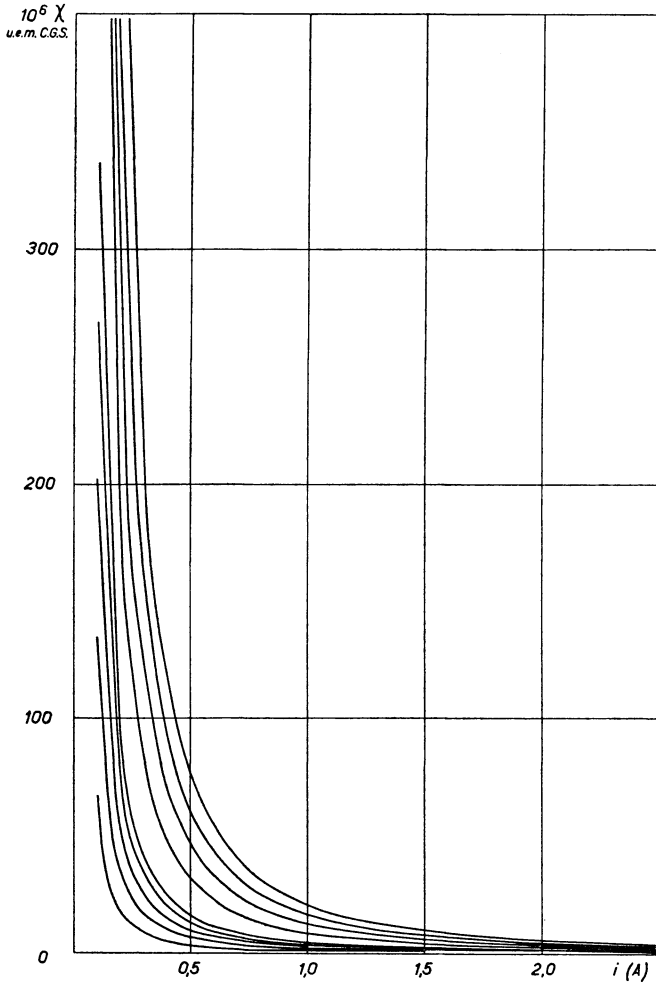


Fig. 26. — *Diagramme  $\chi_{\Theta}(i_{50})$*

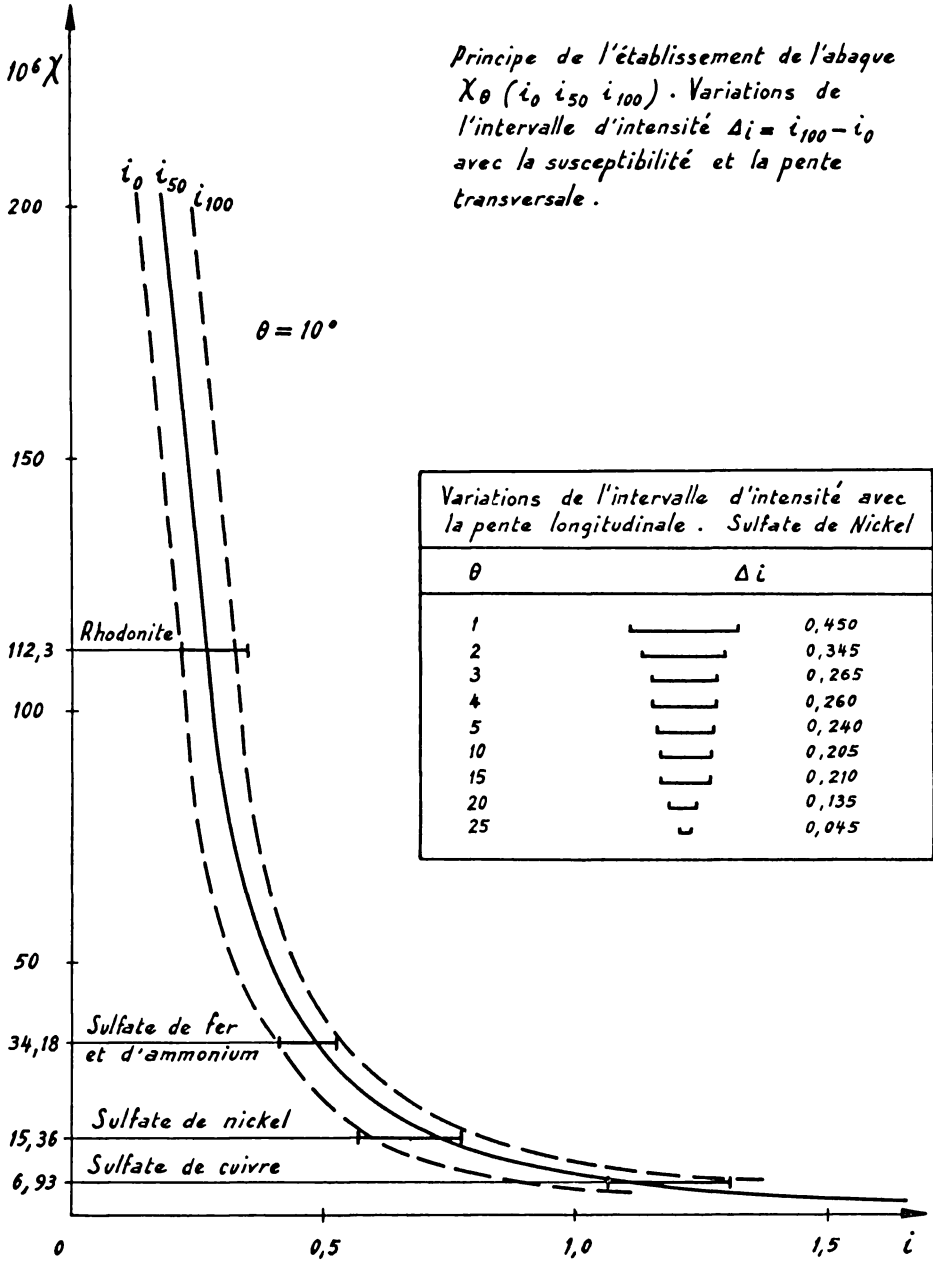


Fig. 27. — Principe de l'établissement de l'abaque  $\chi_{\theta} (i_0, i_{50}, i_{100})$

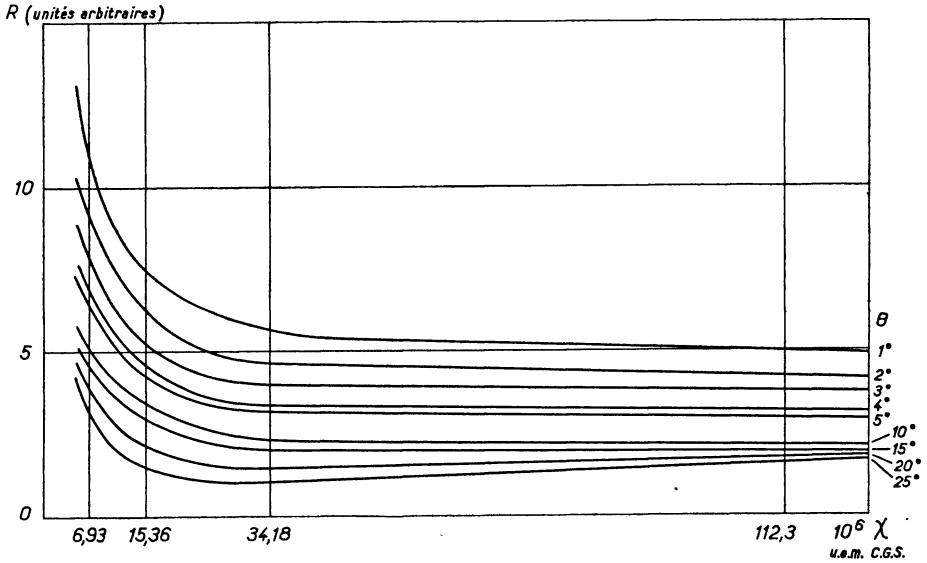


Fig. 28  
 Abaque  $I_{\Theta}(\chi)$  : Variation de l'intervalle d'intensité  $I$   
 en fonction de la susceptibilité  $\chi$  pour différentes valeurs  
 de la pente transversale  $\Theta$

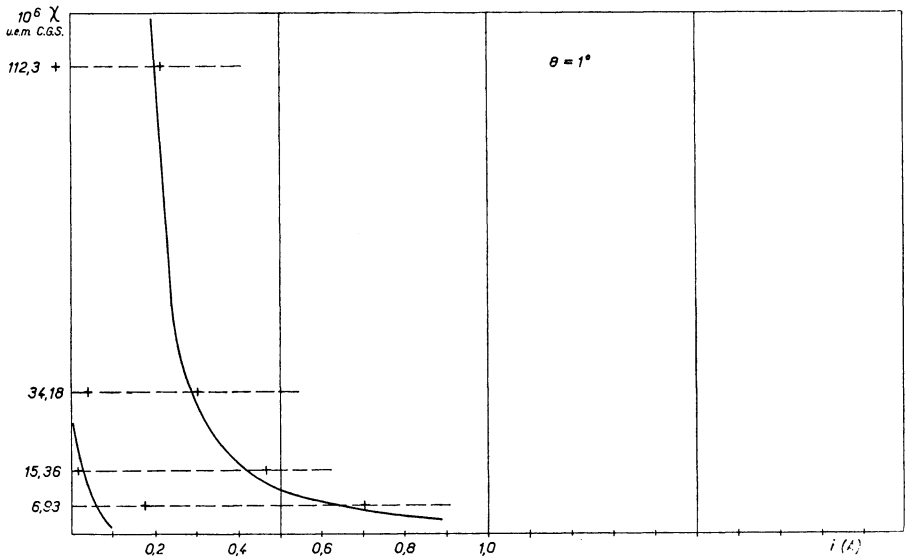


Fig. 29. — Diagramme  $\chi_{\Theta}(i_0, i_{50}, i_{100})$

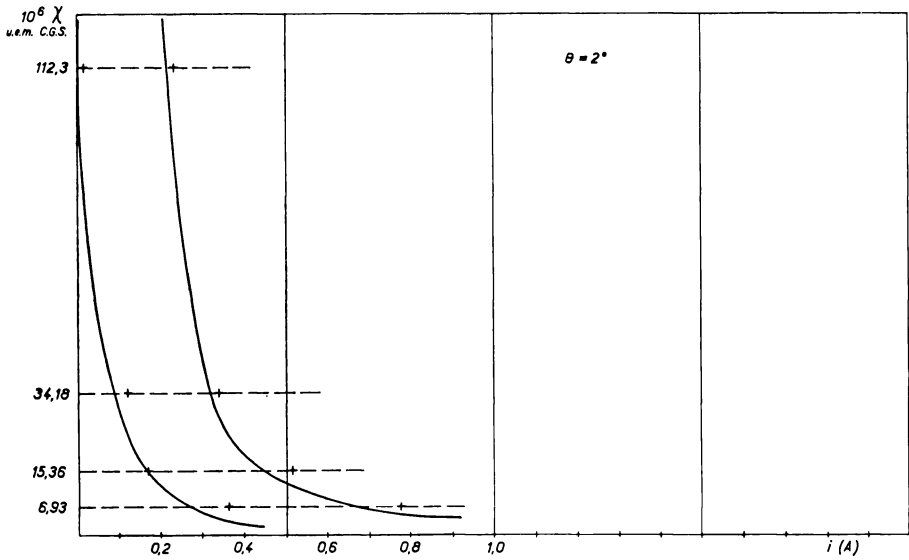


Fig. 30 — Diagramme  $\chi' \Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$

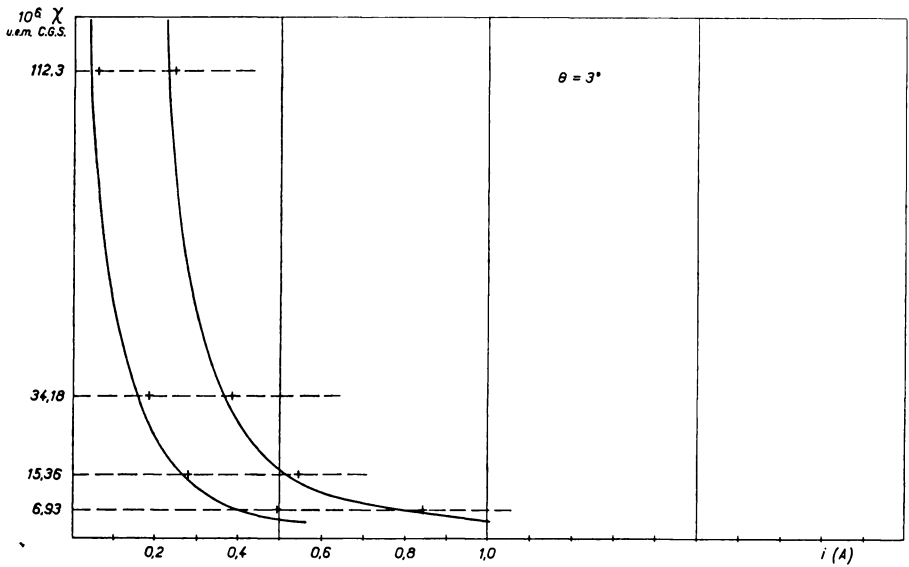


Fig. 31. — Diagramme  $\chi' \Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$



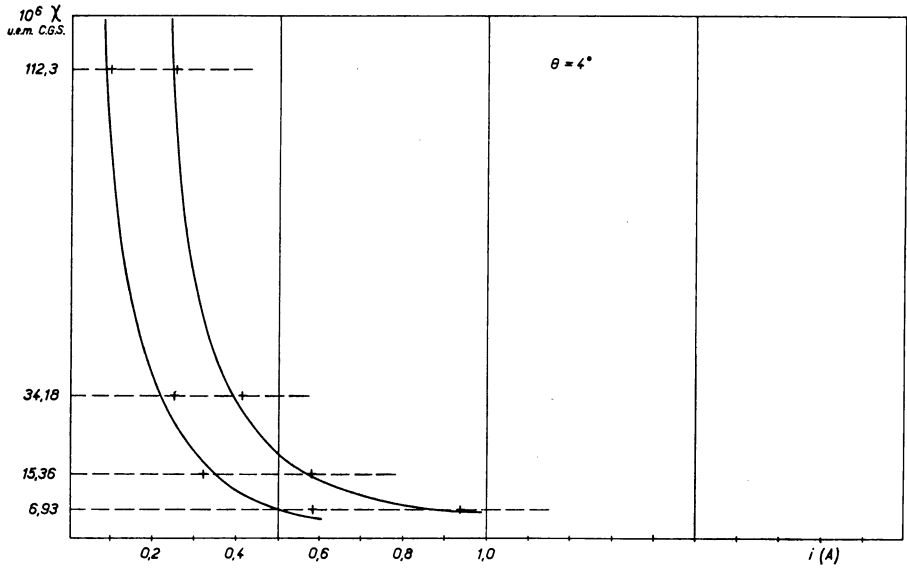


Fig. 32. — Diagramme  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$

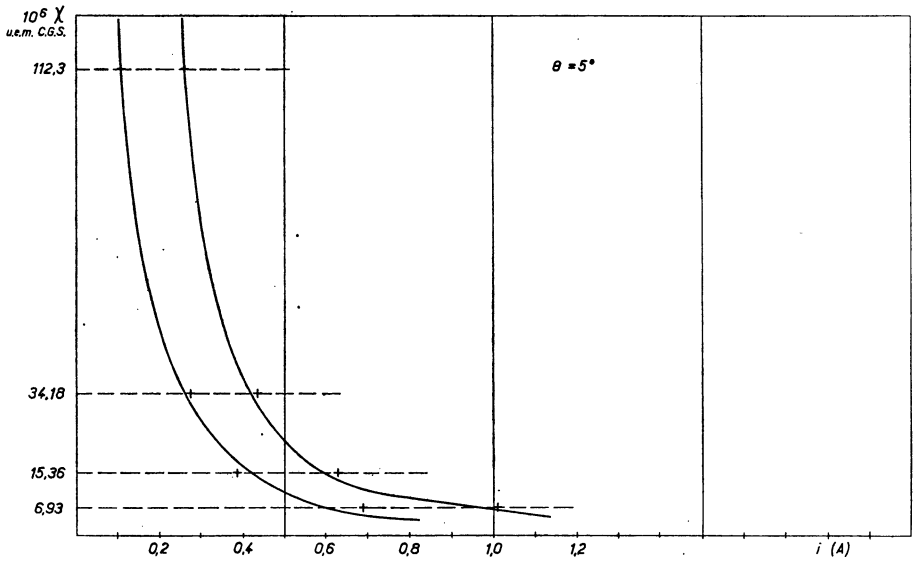


Fig. 33. — Diagramme  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$

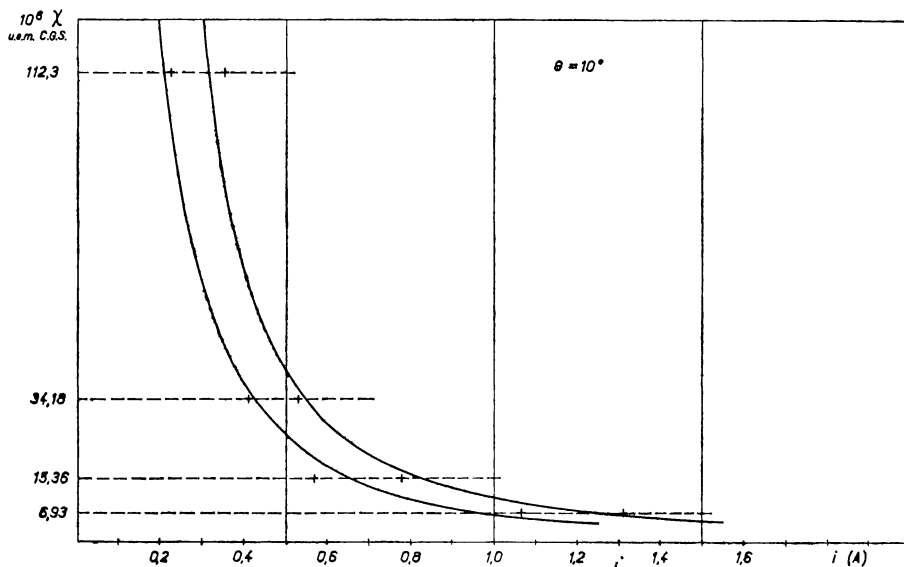


Fig. 34. — Diagramme  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$

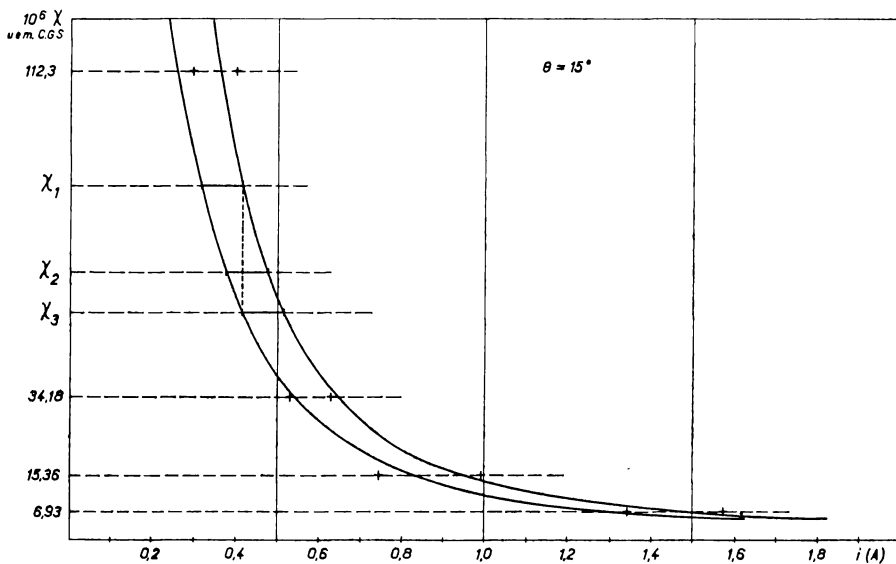


Fig. 35. — Diagramme  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$

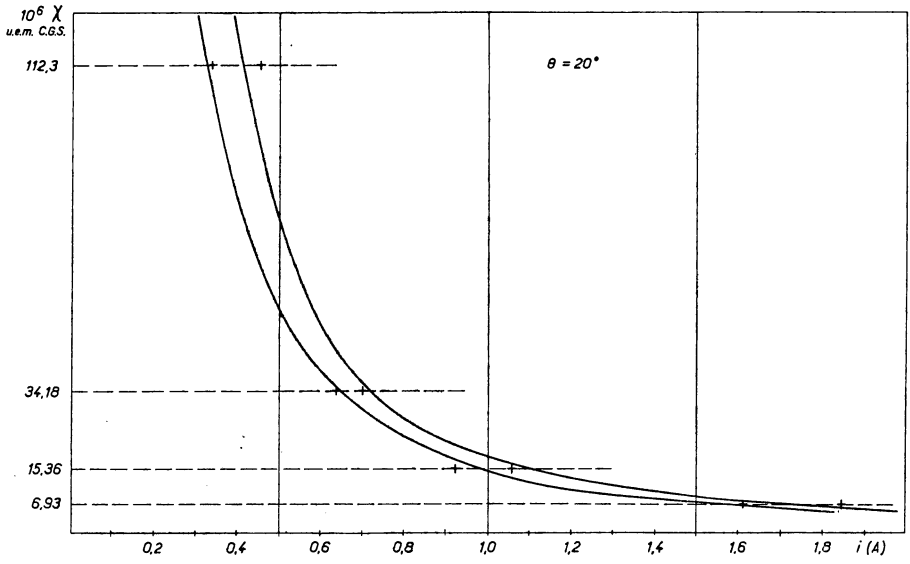


Fig. 36. — Diagramme  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$

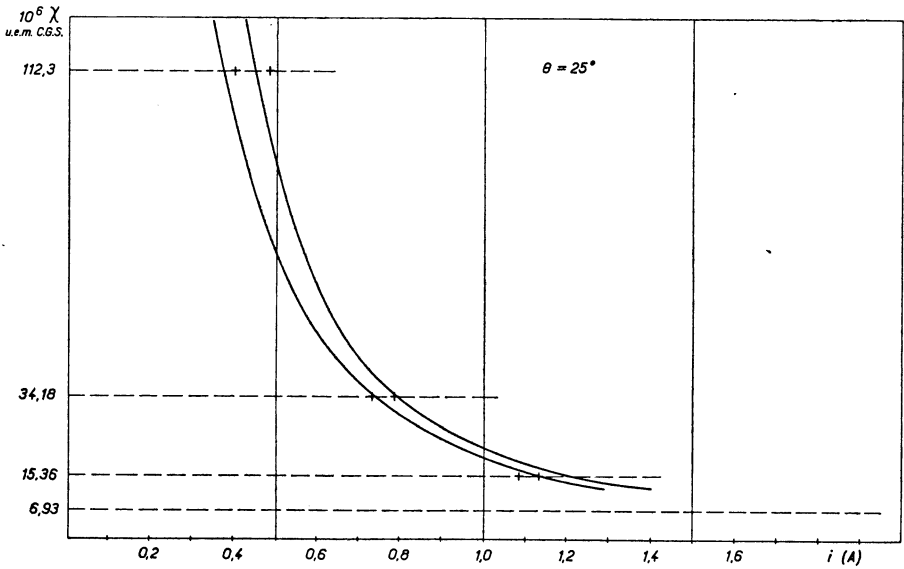


Fig. 37. — Diagramme  $\chi_\Theta (i_0, i_{50}, i_{100})$

| $\theta$ | Granulo.  | $\Delta_i$ Rhodonite | $\Delta_i$ Sulfate Fe, NH <sub>4</sub> | $\Delta_i$ Sulfate Cu |
|----------|-----------|----------------------|--|-----------------------|
| 5°       | 315 - 250 | 0,15                 | 0,16                                   | 0,33                  |
|          | 200 - 160 | 0,07                 | 0,10                                   | ?                     |
|          | 100 - 80  | 0,10                 | 0,16                                   | 0,23                  |
| 10°      | 315 - 250 | 0,13                 | 0,11                                   | 0,24                  |
|          | 200 - 160 | 0,10                 | 0,10                                   | 0,16                  |
|          | 100 - 80  | 0,07                 | 0,14                                   | 0,23                  |
| 15°      | 315 - 250 | 0,10                 | 0,095                                  | 0,23                  |
|          | 200 - 160 | 0,06                 | 0,06                                   | ?                     |
|          | 100 - 80  | 0,06                 | 0,10                                   | 0,24                  |

Fig. 38

Variation de l'intervalle d'intensité avec la taille des grains

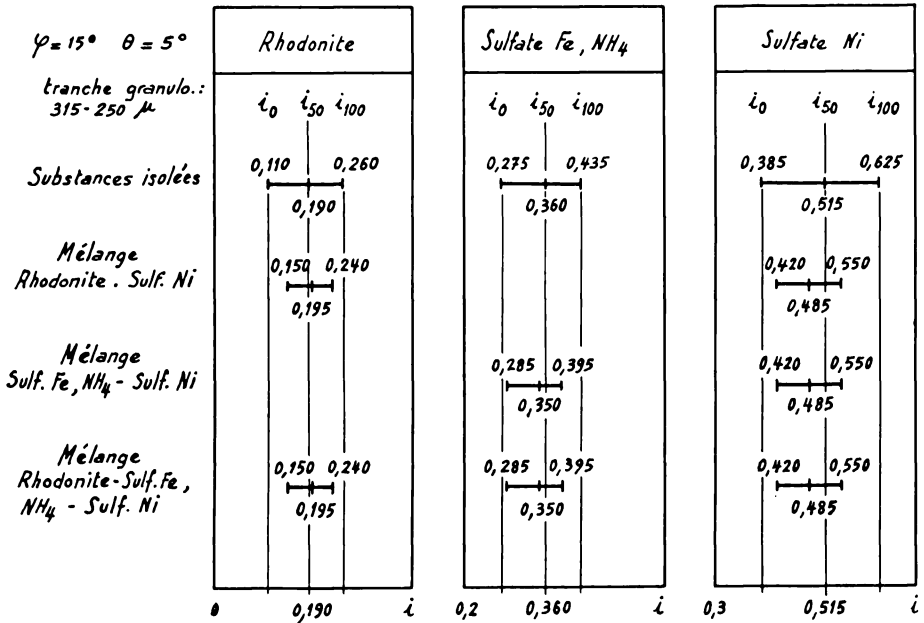


Fig. 39

Etude de l'intervalle d'intensité - Cas des mélanges

Fig. 40. — Variations de l'intervalle d'intensité avec la densité

1) Densité approchée des substances utilisées pour établir l'abaque

$\chi \Theta$   $i_0$ ,  $i_{50}$ ,  $i_{100}$

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| Rhodonite .....                    | 3,7 |
| Sulfate de fer et d'ammonium ..... | 1,9 |
| Sulfate de nickel .....            | 2,0 |
| Sulfate de cuivre .....            | 2,3 |
| Bichromate de potassium .....      | 2,7 |

2) Caractéristiques des substances de densité élevée.

|          | Susceptibilité *           | Densité         |
|----------|----------------------------|-----------------|
| Ilménite | $60 \cdot 10^{-6}$ uem cgs | $3,95 \pm 0,01$ |
| Grenat   | $55 \cdot 10^{-6}$ uem cgs | $4,19 \pm 0,01$ |

3) Comparaison des intervalles d'intensité

| $\chi \cdot 10^{-6}$ | $\Theta$ | Intervalle d'intensité |                           |
|----------------------|----------|------------------------|---------------------------|
| 55                   | 5°       | Abaque                 | $i_{50}$ (abaque)<br>0,26 |
|                      |          | Grenat                 | 0,23 — 0,30               |
|                      | 10°      | Abaque                 | 0,38                      |
|                      |          | Grenat                 | 0,35 — 0,43               |
|                      | 15°      | Abaque                 | 0,46 — 0,50               |
|                      |          | Grenat                 | 0,45 —                    |
| 60                   | 5°       | Abaque                 | 0,25                      |
|                      |          | Ilménite               |                           |
|                      | 10°      | Abaque                 | 0,36                      |
|                      |          | Ilménite               |                           |
|                      | 15°      | Abaque                 | 0,44                      |
|                      |          | Ilménite               |                           |

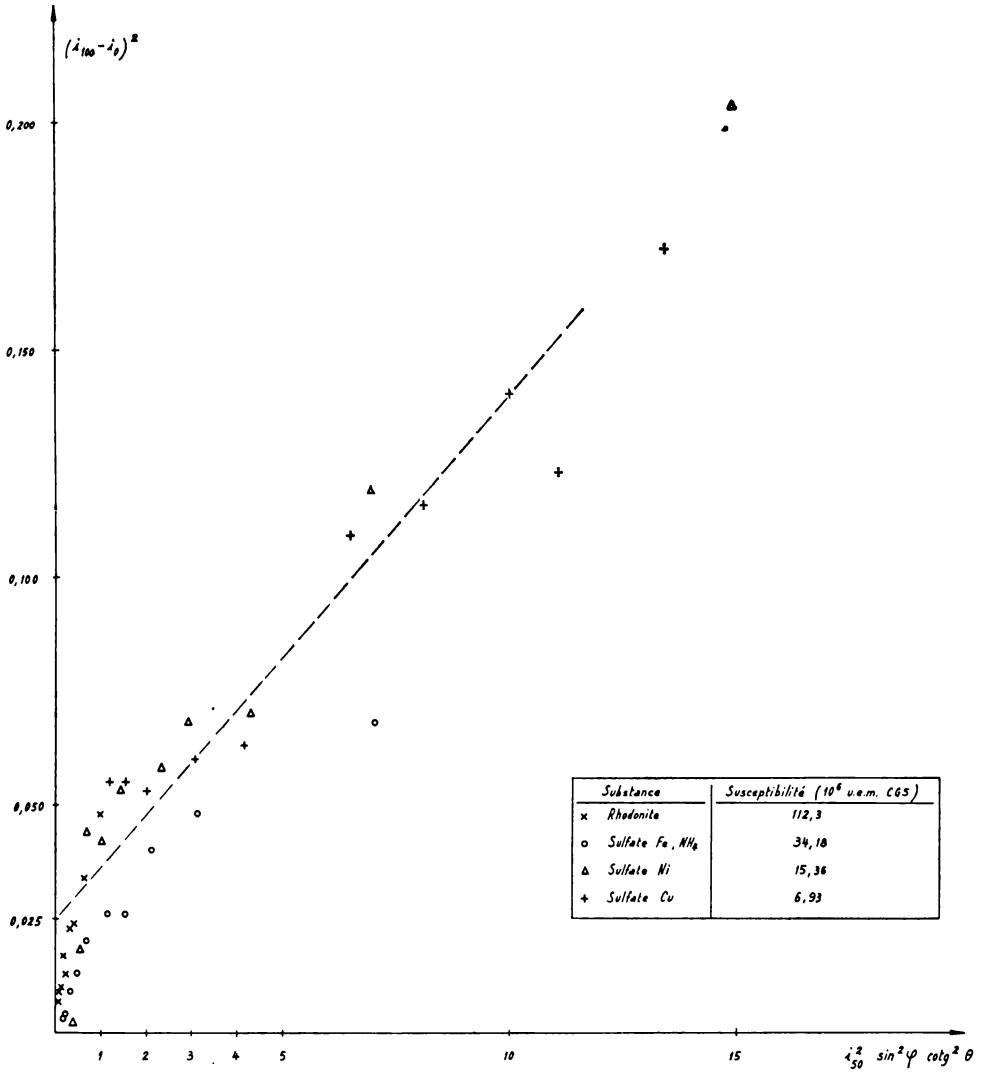


Fig. 41. — Variations de l'intervalle d'intensité théorique

Comparaison entre les valeurs théoriques et expérimentales de l'intervalle d'intensité

| $\theta$   | Rhodonite                                       | Sulfate de Fer et $NH_4$                        | Sulfate de Ni                                   | Sulfate de Cu                                |
|------------|---|---|---|--|
| $2^\circ$  | $(\Delta i)_t$ 0,18<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,22 | $(\Delta i)_t$ 0,24<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,25 | $(\Delta i)_t$ 0,32<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,31 |  |
| $5^\circ$  | $(\Delta i)_t$ 0,17<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,15 | $(\Delta i)_t$ 0,19<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,18 | $(\Delta i)_t$ 0,23<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,20 |  |
| $10^\circ$ | $(\Delta i)_t$ 0,16<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,16 | $(\Delta i)_t$ 0,17<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,15 | $(\Delta i)_t$ 0,19<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,20 |  |
| $15^\circ$ | $(\Delta i)_t$ 0,16<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,10 | $(\Delta i)_t$ 0,17<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,10 | $(\Delta i)_t$ 0,18<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,13 |  |
| $20^\circ$ | $(\Delta i)_t$ 0,16<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,14 | $(\Delta i)_t$ 0,17<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,07 | $(\Delta i)_t$ 0,17<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,07 |  |
| $25^\circ$ | $(\Delta i)_t$ 0,16<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,12 | $(\Delta i)_t$ 0,16<br>$(\Delta i)_{exp.}$ 0,10 | $(\Delta i)_t$ ?<br>$(\Delta i)_{exp.}$ ?       | $(\Delta i)_t$ 0,17<br>$(\Delta i)_{exp.}$ ? |

Fig. 42. — Comparaison entre les valeurs calculées et expérimentales de l'intervalle d'intensité

PROCES-VERBAL DE LA SEANCE DU 13 MAI 1971

Le Président CAMO ouvre, le jeudi 13 mai, à 17 heures, la séance mensuelle de l'Académie et Société lorraines des Sciences. Les excuses de M<sup>l</sup><sup>e</sup> BESSON, de MM. CALAFAT, COUDRY, FLORSCH et FRENTZ sont présentées, et le Président CAMO fait adopter, après lecture, le procès-verbal de la séance précédente.

M. le Professeur DE LAVERGNE, parrainé par MM. LEGAIT et MAUBEUGE, est proclamé membre.

Le Secrétaire général MAUBEUGE prend ensuite la parole. Il présente et fait circuler le Tome 34 des Archives de l'Institut Grand Ducal de Luxembourg, ouvrage très richement illustré qui sera versé au fonds de notre Société.

La situation financière est toujours critique. Un appel est fait à tous pour attirer de nouveaux membres ou obtenir des publicités.

M<sup>l</sup><sup>e</sup> GUILLAUME donne un aperçu rapide des programmes de fouilles archéologiques pour l'année 1971.

Enfin, MM. CAMO et MAUBEUGE détaillent le programme de l'excursion inter-Sociétés du 23 mai 1971 dans la région Vosges-Haute-Marne. Nos collègues luxembourgeois ne pourront participer à cette sortie, eux-mêmes étant retenus pour cette date.

L'ordre du jour appelle plusieurs communications :

MM. G. KILBERTUS et M. BIZOT relatent les résultats des récoltes de mousses faites en Afghanistan. Les conditions écologiques sont précisées pour chaque espèce, et la présence de nombreux lichens accompagnant les mousses est signalée.

M. WERNER fait remarquer qu'il a, jadis, publié une liste de mousses d'Afrique du Nord et que certaines espèces doivent s'y retrouver.

M<sup>l</sup><sup>e</sup> JACQUEMIN et M. G. KILBERTUS décrivent ensuite les lichens de deux stations d'Afghanistan, parmi lesquels une espèce nouvelle a été dédiée au Professeur WERNER. Ce dernier remercie les Auteurs, et souligne la présence de nombreuses espèces méditerranéennes parmi les récoltes. Le Président CAMO pense que l'absence de circulation automobile dans ce pays qu'il a visité favorise le développement des lichens.

M<sup>l</sup><sup>e</sup> GUILLAUME-BAROTH, attachée à la 8<sup>e</sup> Circonscription archéologique, dirigée par M. TIXIER, présente ensuite les recherches récentes effectuées en Lorraine. Au cours d'une conférence très documentée, illustrée de projections de nombreuses diapositives, M<sup>l</sup><sup>e</sup> GUILLAUME nous fait parcourir les sites paléolithique des terrasses de la Moselle ou de la Seille, mésolithique près de St-Mihiel, néolithique de la Grotte du Géant et de l'âge du bronze, dans la vallée de Toul.

Tous ces sites sont presque uniques, et la circonscription est aidée par un réseau de surveillance des grands travaux de génie civil, de façon à pouvoir intervenir immédiatement et replacer les trouvailles éventuelles dans un site indiscutable.



M. MAUBEUGE signale plusieurs gisements d'ossements qu'il connaît.

M. ANZIANI rappelle que de très nombreuses trouvailles archéologiques provenant de dons sont en dépôt au Musée de la Faculté des Lettres et au Musée Lorrain.

M. CAMO précise que les trouvailles faites en surface du sol appartiennent à « l'inventeur », et sont de ce fait souvent perdues pour la Science. Par contre, en dessous de 30 cm de profondeur, il s'agit de fouilles et la Circonscription archéologique peut intervenir.

Le Président CAMO remercie chaleureusement M<sup>me</sup> GUILLAUME, puis lève la séance à 18 h. 30.

---

*Note de la Rédaction.* — Une restructuration de notre imprimeur a amené en 1971 diverses perturbations dans le bulletin. C'est ainsi que le présent compte rendu n'avait pas été inséré à sa position chronologique normale, en son temps (Il n'y a pas eu de séance en avril 1971).

COMPTE RENDU DE LA SEANCE DU 13 JANVIER 1972

La séance de l'Académie et de la Société Lorraines des Sciences se tient Salle d'Honneur de l'Université et est ouverte à 17 heures, sous la présidence de M. R. CAMO.

Le procès-verbal de la réunion précédente est lu par M. PIERRE, Secrétaire et est adopté.

Le Président transmet nos félicitations à M. le Professeur P. KISSEL, élu Membre correspondant de l'Académie Nationale de Médecine, avec nos excuses pour notre retard dû au manque d'information immédiate ; ainsi qu'à M. STEIMETZ, Professeur à la Faculté de Pharmacie, promu Chevalier de la Légion d'honneur. Il annonce que M. J.-F. PIERRE accepte de remplir les fonctions de Trésorier, M. FRENTZ ayant dû abandonner ses fonctions. M. ANZIANI prend les fonctions de Secrétaire des séances. Le Conseil ratifie ces deux changements en cours d'exercice triennal.

Les excuses de divers membres sont transmises, certains étant présents à la réunion préalable du Conseil, mais étant appelés par leurs cours : M<sup>lle</sup> S. BESSON, MM. CORDEBARD FLORENTIN, MEUNIER, NICLAUSE, KAPLAN, BOLFA, HELLUY, QUARRE, VEILLET, Dr POIROT, d'Epinal C. ALAIS, CALAFAT.

Le Président salue M. FEUGA Président de la Société d'Histoire Naturelle de la Moselle, qui a tenu à se déplacer spécialement pour être parmi nous.

M. C. ALAIS, Professeur de Biochimie appliquée, est présenté par MM. WERNER et MAUBEUGE, Membre associé. M. Pierre BOURRET Maître Assistant à l'Institut Chimique, est présenté par MM. ANZIANI et MAUBEUGE, comme Membre associé.

Le Centre de Documentation du Musée du Sel, à Marsal, est présenté comme Membre associé, par MM. CAMO et MAUBEUGE.

Le Président annonce que la Bibliothèque de l'Académie des Sciences, de Paris demande de compléter les séries de nos publications ; compte tenu des numéros épuisés, satisfaction sera donnée et une suite immédiate a été envisagée.

M. MAUBEUGE, Secrétaire général, transmet une série de vœux reçus de divers côtés : ceux de la Société d'Histoire Naturelle de la Moselle, sous la plume de son Président, notre collègue FEUGA ; ceux de notre collègue le Docteur STERNFELD, de Moscou, savant émérite de la Fédération RSS ; ceux de notre collègue, le Dr POIROT, Conseiller général des Vosges ; ceux de l'Université Marie Curie Sklodowska, à Lublin (Pologne) ; de la Bibliothèque Centrale d'Etat de la Rép. Soc. de Roumanie ; de l'Université et de la Bibliothèque Universitaire et d'Etat de Sachsen Anhalt à Halle, Rép. Dem. Allemande ; de l'Institut Géologique de Roumanie à Bucarest ; de la Bibliothèque Centrale de l'Université de Bucarest.

Le Secrétaire général demande par ailleurs, afin de respecter les usages de présentation, que le compte rendu d'excursion scientifique dans la vallée de la Moselle (Corny) et de la Seille, rédigé par plusieurs auteurs, dont lui, soit présenté à cette séance bien que non inscrit à l'ordre du jour. Ce qui est approuvé.

Par ailleurs, la note de M<sup>me</sup> BOUCHET, omise à l'inscription au procès-verbal, déposée à ce moment prend bien effet à la séance de décembre.

Enfin, il présente le programme annuel de sorties de la Société d'Histoire Naturelle et Archéologie de la Haute-Marne ; la plus grande partie des circuits paraît malheureusement déjà située à distances considérable pour nous.

L'ordre du jour appelle un exposé de M. R.-G. WERNER : Lichens et Champignons de la Plaine Marocaine. Ce travail complète les études antérieures déjà fournies par l'Auteur et c'est un travail de synthèse basé sur une analyse profonde des flores et du substrat. Le travail est déposé pour publication ; il n'appelle pas de discussions.

## ERRATUM : COMPTE-RENDU de la SEANCE du 13 JANVIER 1972

Cette page annule et remplace la page 57 parue dans ce numéro 1, tome 11, 1972

— 57 —

M. P.-L. MAUBEUGE traite de « La carrière de Malancourt (Moselle) : une contribution à la sédimentation récifale et à la stratigraphie du Bajocien moyen lorrain ». Une impossibilité matérielle dans la salle excluant toute projection, l'auteur fait circuler des dessins diagrammatiques de la carrière et un montage de vues photographiques. Outre la sédimentation récifale parfaitement étudiable avec des variations de faciès très nombreuses des calcaires associés, il est insisté sur un fait nouveau. Les « Calcaires siliceux » à *Teloceras Blagdeni* et *Coronatum* ne se terminent pas en biseau stratigraphique comme l'auteur l'a cru sur ses premiers travaux et ses levers de cartes géologiques ; il y a brutal biseautage lithologique maintenant mis en évidence admirablement dans cette énorme carrière. Le texte est déposé pour publication. Il n'y a pas de discussion ; plusieurs membres pensent qu'il serait intéressant de donner cette carrière comme but d'une ultérieure sortie d'histoire naturelle comme élément d'un programme.

M. J.-F. PIERRE donne une conférence intitulée : Les Algues et l'avenir de l'Humanité : Fictions et réalités.

Cet exposé traite du problème sous ses aspects de biologie végétale théorique, des réalités des essais semi-industriels ou industriels réalisés. Avec beaucoup d'objectivité, l'orateur montre les possibilités et les limites du problème de l'utilisation pratique pour l'humanité. Le conférencier a su retenir constamment l'attention et un large échange de vues des demandes de précisions se manifestent à la fin de la conférence. M<sup>me</sup> BALESDENT s'intéresse à la notion de prix de revient ; M. PIERRE expose que le prix est rentable mais éminemment variable et qu'une usine fonctionne réellement au Mexique. M. MAUBEUGE évoque des remèdes à base d'Algues ou de spores de Champignons qu'il a vu utiliser empiriquement ; M. PIERRE pense qu'effectivement vu les applications médicales connues des Algues il est fort possible qu'une action thérapeutique existe dans ces cas ; M. CÉZARD souligne que les Algues sont préconisées comme engrais dans une nouvelle « école » agricole à théories naturelles ; M. PIERRE souligne que le rendement de cette méthode est catastrophique par rapport à l'agronomie classique ; M. MAUBEUGE à propos de la neige rouge liée à des algues microscopiques, s'étonne de la vitesse de prolifération en conditions rigoureuses voisines du 0 °C ; M. PIERRE précise des aspects de la physiologie des Algues, très large selon les espèces, et souligne que l'on commence à les étudier *in vivo* dans l'Antarctique ; M. MAUBEUGE évoque aussi la question de la concentration des éléments traces ; M. PIERRE y croit car les Algues concentrent les « pesticides », mais de là à les utiliser pour des bio-épurations le problème est complexe sinon insoluble car ne faisant que déplacer des problèmes, avec dégradation du milieu. M. CAMO demande des précisions sur les emplois d'Algues dans certains mets d'Extrême-Orient ; M. PIERRE insiste sur la notion de goût, fondamentale, et spécifique selon les peuples. M. WERNER pense qu'il y a bel et bien des adaptations d'Algues et des races mais qu'en culture on peut à peu près tout obtenir : pour tous ces végétaux ce sont les milieux de culture qui jouent et sont déterminants. M. VILLEMEN apporte des précisions à M<sup>me</sup> BALESDENT sur les suifs qui sont des graisses de bovins apportés en complément au lait ; c'est un apport naturel et non artificiel il est sceptique sur le changement de goût ; mais M. COUDRY objecte des mécanismes certains de fixation des graisses chez l'animal d'où des goûts possibles ; car on aborde dans la discussion le rôle du goût des algues utilisées dans un premier cycle d'alimentation. M. FEUGA, sur des renseignements qu'il a eus d'éleveurs pense que la transformation des aliments en viande par voie d'élevage est préférable à la voie directe ; M<sup>me</sup> BALESDENT demande encore des précisions sur les aliments médicaux ou diététiques à base d'Algues amaigrissants ; M. PIERRE précise que ce sont des extraits iodés concentrés donc pas de véritables aliments.

Le Président est obligé de clore la séance en arrêtant les discussions, preuve de l'intérêt à ce problème d'actualité.

La séance est levée à 19 h. 10.

M. P.-L. MAUBEUGE traite de « La carrière de Malancourt (Moselle) : une contribution à la sédimentation récifale et à la stratigraphie du Bajocien moyen lorrain ». Une impossibilité matérielle dans la salle excluant toute projection, l'auteur fait circuler des dessins diagrammatiques de la carrière et un montage de vues photographiques. Outre la sédimentation récifale parfaitement étudiable avec des variations de faciès très nombreuses des calcaires associés, il est insisté sur un fait nouveau. Les « Calcaires siliceux » à *Teloceras Blagdeni* et *Coronatum* ne se terminent pas en biseau stratigraphique comme l'auteur l'a cru sur ses premiers travaux et ses levers de cartes géologiques ; il y a brutal biseautage lithologique maintenant mis en évidence admirablement dans cette énorme carrière. Le texte est déposé pour publication. Il n'y a pas de discussion ; plusieurs membres pensent qu'il serait intéressant de donner cette carrière comme but d'une ultérieure sortie d'histoire naturelle comme élément d'un programme.

M. J.-F. PIERRE donne une conférence intitulée : Les Algues et l'avenir de faisant que déplacer des problèmes, avec dégradation du milieu. M. CAMO demande des précisions sur les emplois d'Algues dans certains mets d'Extrême-Orient ; M. PIERRE insiste sur la notion de goût, fondamentale. et spécifique selon les peuples. M. WERNER pense qu'il y a bel et bien des adaptations d'Algues et des races mais qu'en culture on peut à peu près tout obtenir ; pour tous ces végétaux ce sont les milieux de culture qui jouent et sont déterminants. M. VILLEMEN apporte des précisions à M<sup>me</sup> BALESDENT sur les suifs qui sont des graisses de bovins apportés en complément au lait ; c'est un apport naturel et non artificiel il est sceptique sur le changement de goût ; mais M. COUDRY objecte des mécanismes certains de fixation des graisses chez l'animal d'où des goûts possibles ; car on aborde dans la discussion le rôle du goût des algues utilisées dans un premier cycle d'alimentation. M. FEUGA, sur des renseignements qu'il a eus d'éleveurs pense que la transformation des aliments en viande par voie d'élevage est préférable à la voie directe ; M<sup>me</sup> BALESDENT demande encore des précisions sur les aliments médicaux ou diététiques à base d'Algues amaigrissants ; M. PIERRE précise que ce sont des extraits iodés concentrés donc pas de véritables aliments.

Le Président est obligé de clore la séance en arrêtant les discussions, preuve de l'intérêt à ce problème d'actualité.

La séance est levée à 19 h. 10.

l'Humanité : Fictions et réalités.

Cet exposé traite du problème sous ses aspects de biologie végétale théorique, des réalités des essais semi-industriels ou industriels réalisés. Avec beaucoup d'objectivité, l'orateur montre les possibilités et les limites du problème de l'utilisation pratique pour l'humanité. Le conférencier a su retenir constamment l'attention et un large échange de vues des demandes de précisions se manifestent à la fin de la conférence. M<sup>me</sup> BALESDENT s'intéresse à la notion de prix de revient ; M. PIERRE expose que le prix est rentable mais éminemment variable et qu'une usine fonctionne réellement au Mexique. M. MAUBEUGE évoque des remèdes à base d'Algues ou de spores de Champignons qu'il a vu utiliser empiriquement ; M. PIERRE pense qu'effectivement vu les applications médicales connues des Algues il est fort possible qu'une action thérapeutique existe dans ces cas ; M. CÉZARD souligne que les Algues sont préconisées comme engrais dans une nouvelle « école » agricole à théories naturelles ; M. PIERRE souligne que le rendement de cette méthode est catastrophique par rapport à l'agronomie classique ; M. MAUBEUGE à propos de la neige rouge liée à des algues microscopiques, s'étonne de la vitesse de prolifération en conditions rigoureuses voisines du 0 °C ; M. PIERRE précise des aspects de la physiologie des Algues, très large selon les espèces, et souligne que l'on commence à les étudier *in vivo* dans l'Antarctique ; M. MAUBEUGE évoque aussi la question de la concentration des éléments traces ; M. PIERRE y croit car les Algues concentrent les « pesticides », mais de là à les utiliser pour des bio-épurations le problème est complexe sinon insoluble car ne

PROCES VERBAL DE LA SEANCE DU 10 FEVRIER 1972

La séance est ouverte à 17 heures Salle d'Honneur de l'Université, sous la présidence de M. CAMO.

M. ANZIANI Secrétaire annuel, donne lecture du procès-verbal de la séance de janvier, qui est adopté.

M. J.F. PIERRE, Trésorier, présente le compte rendu financier annuel, qui laisse apparaître un inquiétant déficit. Ce compte rendu financier, déjà soumis à l'approbation du Conseil, est ici encore ratifié en séance.

M. PIERRE lance un appel pour un recrutement de membres nouveaux, moyen d'obtenir des rentrées financières. Le Président s'associe vivement à cette suggestion et appuie les démarches faites par le Secrétaire général afin d'obtenir des subventions de divers côtés. Le Trésorier signale que quelques membres ont spontanément majoré leur cotisation.

Le Secrétaire général donne lecture de quelques pièces de la correspondance, M. le Secrétaire Perpétuel R. COURRIER, de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, envoie ses remerciements pour son élection comme Membre d'honneur parmi nous ; il le fait en termes émus, rappelant ses souvenirs à Nancy, où il a passé sa jeunesse. M. le Dr V.P. Van LECKWICK, de l'Académie Royale Flamande de Belgique, transmet de son côté ses remerciements et sa gratitude pour cette même distinction, soulignant combien il est lié à la culture française et le prix qu'il attache aux relations entre scientifiques et techniciens français avec les diverses industries belges existant en Lorraine, du sous-sol, de la sidérurgie et de la chimie, spécialement avec le Groupe Solvay.

La plaquette jubilaire relatant la carrière et les travaux de M. Robert COURRIER est transmise en son nom et circule parmi les membres.

Le Secrétaire général annonce par ailleurs que l'Académie des Sciences Arts et Lettres du Wisconsin (à Madison, USA) nous a envoyé la médaille de son Centenaire, en témoignage d'amitié dans nos relations réciproques.

Les excuses de M<sup>lle</sup> BESSON, MM. CALAFAT VEILLET, CLÉMENT, empêchés d'assister à la séance, sont transmises.

M. C. ALAIS, Professeur de biologie appliquée, est proclamé Membre associé.

M. Jean-Marie HANUS, Conseiller d'Entreprise, est présenté comme membre associé par MM. BERTAUX et MAUBEUGE ; de même que M<sup>me</sup> CHEMARDIN, Professeur de Sciences Naturelles, présentée par MM. PIERRE et MAUBEUGE. M. LE GUILLOU, Docteur Vétérinaire en Moselle, est présenté en outre par MM. VILLEMEN et MAUBEUGE.

M. MAUBEUGE signale par ailleurs le don anonyme d'un membre, généreux mécène, qui nous a donné à de nombreuses reprises de telles marques d'appui, don personnel de 500 F pour la fondation ou la Trésorerie générale.

La parole est donnée à M. LE GUILLOU, traitant des avortements des Bovins à Salmonella ; ce travail, hautement documenté et apportant bien des nouveautés dans un domaine de médecine vétérinaire mal exploré, a été déposé pour publication au bulletin. Il n'appelle pas de discussion.

M. P.-L. MAUBEUGE expose la notice nécrologique biographique de notre regretté confrère, fidèle à nos travaux et réunions, R. LIENHART ; M. le Professeur VEILLET complètera le texte par une analyse scientifique de l'œuvre zoologique et biologique du disparu. Le texte d'ensemble paraîtra à un prochain bulletin.

Devant l'ordre du jour chargé et l'heure, le Président demande à M. MAUBEUGE de remettre à mars l'exposé de sa note relative au « Problème des Schistes cartons en géotechnique régionale : réalités et légendes ».

M. BERTAUX traite avec dynamisme et une ample documentation, agrémentée de vues diapositives : « Quelques observations géologiques et archéologiques à propos du Briquetage de la Seille ». Le texte doit paraître au Bulletin. C'est en fait une partie d'un travail d'ensemble sur le briquetage de la Seille. L'auditoire manifeste un très large et vif intérêt à ce sujet et une très longue discussion a lieu sur des points de détail ; y participent notamment MM. CAMO, MAUBEUGE, WERNER, VILLEMIN, MM<sup>es</sup> BOUCHET, DAGUE et d'autres membres.

Le Président est obligé de lever la séance vu l'heure avancée à 19 h. 20. Cette fois encore, les échanges de vues montrent le vif intérêt de l'assemblée au sujet traité en corps de conférence.

---

PROCES-VERBAL DE LA SEANCE DU 9 MARS 1972

La séance est ouverte à 17 heures, sous la présidence de M. l'Inspecteur CAMO, Président.

M. ANZIANI Secrétaire annuel, étant empêché d'assister à la réunion, M. J.-F. PIERRE donne lecture du procès-verbal de la séance précédente ; il est adopté sans observations.

Le Président proclame Membres associés les personnes présentées à la séance précédente. Il annonce la présentation de M. BAUMANN, Professeur à l'Université de Nancy I, comme membre nouveau (présentation par MM. MAUBEUGE et J.-F. PIERRE).

M. MAUBEUGE Secrétaire général, donne lecture de divers documents et communique diverses informations. Les excuses de nos collègues FEUGA (Metz), POIRROT (Epinal), Conseiller Général, VEILLET, COUDRY, FRENTZ, QUARRE, CALAFAT sont présentées.

Une lettre du Président du Conseil général de la Moselle confirme que notre demande de subvention pour 1971 est impossible à satisfaire, la demande, pourtant faite, n'étant jamais arrivée dans les délais voulus à cette époque ; un rattrapage est impossible. Ceci s'ajoute aux mauvaises nouvelles financières.

Cependant, parmi les dons, à la suite de la campagne lancée, il a été rencontré quelques succès : Solvay et Cie, 200 F ; M. Daum, 200 F ; M. MAUBEUGE, 140 F ; Société Nancéenne Varin.Bernier, 100 F ; Chambre de Commerce et d'Indusrtie, 250 F ; Caisse d'Epargne de Metz, 100 F ; un généreux donateur qui a toujours été notre mécène depuis des années, donne anonymement en deux fois 1.000 F au total et ce, sur ses deniers personnels ; le Dr BERNA, 30 F, donnant l'exemple d'un doublement volontaire de cotisation. Il est impossible, vu la séance chargée, de donner lecture de sa lettre ouverte qui sera communiquée à la séance du mois d'avril. Bien que la décision ne soit pas signifiée, une aide de la Caisse d'Epargne de Nancy est assurée. Ceci fait, cette dernière éventualité exclue : 2.020 F rassemblés. Par ailleurs, des publicités ont été obtenues sur l'insistance vigilante de quelques-uns d'entre nous ; trop de membres à la tête de services et laboratoires négligent cette possibilité près des fournisseurs.

Une lettre de M. FEUGA, Président de la Société d'Histoire Naturelle de la Moselle, apporte ses félicitations personnelles et celles de la société qu'il préside, de façon chaleureuse pour le groupement, lauréat de notre Médaille lorraine des Sciences dans les instants qui vont suivre.

Il est signalé que le Conseil sort d'une rencontre avec M. VIGOUROUX, Directeur du Parc Régional Naturel de Lorraine, pour liaison et informations avec notre compagnie.

Il est signalé au nom du Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique, que par loi du 1<sup>er</sup> juillet 1971, l'Académie devenant exclusivement francophone, il convient d'éliminer de son titre la seconde mention Koninklijke Academie, accompagnant précédemment la mention française.

Au nom de l'Université Jozseff Attila à Szeged (Hongrie), il est présenté le livre de E. PUNGOR : « Oscillometry and Conductometry » 239 pp., édité en Angleterre.

Le Secrétaire général signale en s'étonnant qu'un des deux quotidiens, s'il a bien inséré l'annonce de notre réunion pour la première fois, tronque l'annonce et ne donne aucun détail du contenu de l'ordre du jour.

Il est présenté une nouvelle revue (hctographiée) « Le Briquetage de la Seille » (en dépôt mairie de Moyenvic, Moselle) consacrée aux problèmes du sel dans la société et sa préhistoire industrielle.

Le Service de Recherches Géologiques et Minières, Service Géologique National demande la présentation du catalogue de ses publications et offre une carte au 50.000<sup>e</sup> (Toul) en démonstration des travaux issus de ce service.

Le Comité des Travaux historiques et scientifiques nous convie au 9<sup>e</sup> Colloque des Présidents de Sociétés Savantes à Nantes, le 31 mars.

Enfin M. N. THEOBALD, Professeur à la Faculté des Sciences de Besançon, nous envoie ses remerciements pour son élection à la section correspondant à sa spécialité (géologie) à l'Académie Lorraine des Sciences.

A l'occasion de la remise de la Médaille lorraine des Sciences, le Président CAMO prononce alors l'allocution suivante :

Mesdames, Mesdemoiselles Messieurs,

Lorsque l'on quitte Nancy en direction de Toul, on peut voir depuis peu de temps, à quelques kilomètres d'ici, une pancarte avec flèche : Zoo de Haye. Si, curieux, on suit les indications, on parvient en pleine forêt, à des installations légères, restes d'un ancien camp militaire, et à des aménagements, apparemment sommaires, qui ne défigurent pas la sylve environnante, et qui contiennent des spécimens de la faune lorraine, Mammifères et Oiseaux essentiellement.

J'ai visité ce « zoo » ; je dis zoo puisque c'est ainsi que le passant le connaît. Notre compagnie s'y est longuement arrêtée l'an dernier, au cours d'une sortie inter-sociétés savantes. Et ce que l'on y voit est remarquable ; si remarquable qu'un public de plus en plus nombreux s'y intéresse : on a dénombré 70.000 visites en dix-huit mois, plus de 100.000 depuis son ouverture ; 15.000 élèves des écoles, préparés par leurs maîtres, y sont venus prendre une belle leçon sur la morphologie, la biologie, le comportement des animaux communs de notre région, et sur les interactions animal-milieu naturel sans oublier que l'Homme est l'un des êtres vivants. Les élèves-ingénieurs de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Nancy y sont venus entendre des conférences, de même que les élèves d'une Ecole d'Educateurs. L'Institut d'Etude de la Rage de Nancy, nouvellement créé et que nous connaissons bien, travaille en collaboration avec le zoo de Haye, lequel apporte aussi sa collaboration à l'Association Nationale pour la reproduction des Rapaces en captivité.

Mais, parler du zoo de Haye, c'est ne voir qu'une face d'une action que l'on ne peut bien comprendre que si l'on se reporte un peu en arrière. Oh ! pas très loin.

En 1968-1969, le Groupement d'Etude et de Conservation des Oiseaux et des Mammifères Sauvages de Lorraine, le G.E.C.O.M.S.L., a organisé une série d'expositions temporaires en différentes villes du N.E. de la France, à Mulhouse, à la foire forestière d'Epinal, à Nancy à deux reprises qui, toutes eurent un énorme succès puisqu'elles furent présentées par quelque 450.000 visiteurs. Ces manifestations consistaient en la présentation d'animaux vivants, de panneaux explicatifs, de photos..., faite par un personnel bénévole évidemment appelé à des déplacements fréquents et devant entretenir les animaux vivants, c'est-à-dire les soigner aussi bien pendant la présentation au public qu'entre deux expositions.

Ce Groupement d'Etude s'est aussi ému devant la disparition, catastrophique, de certaines espèces animales, notamment parmi les Rapaces. Il a créé un petit élevage à partir d'animaux blessés, essayant d'en obtenir la reproduction en captivité ; et c'est ainsi que furent réussies la reproduction complète de Faucon crécerelle — une fois — et par un membre de la région parisienne, celle de Buse variable — trois fois —. Une première française et une première mondiale ouvraient de larges espoirs.

Ce n'est pas tout. Vous savez qu'avait été envisagée la création de réserves naturelles, libres, sous l'égide d'organismes nationaux et internationaux, tels



que l'E.U.R.E.L. Le Groupement d'Etude et de Conservation sorte de relais, devait l'intermédiaire entre ces organismes et les habitants de la Lorraine. Par suite de la carence des organismes supérieurs, le Groupement est resté seul pour faire face aux engagements pris.

C'est pourquoi fut décidée, au sein du Groupement d'Etude et de Conservation, la création d'une *base permanente* ayant plusieurs objectifs :

— En premier lieu, l'éducation et l'initiation du public lorrain aux choses de la nature, en même temps qu'une vulgarisation d'une recherche scientifique ;

— en second lieu, l'accueil d'animaux blessés par exemple, leur élevage, l'étude de leur modalité d'élevage ;

— en troisième lieu des recherches écologiques au sens large du terme. L'écologie, vous le savez, étudie les rapports existant entre les êtres vivants et leur milieu, et aussi les relations, naturelles, entre les êtres vivants au sein de ce milieu l'homme étant l'un de ces êtres vivants. Eh bien ! cette base que nous n'avons pas encore nommée, se propose de faire des recherches, dans une philosophie et une politique réelles de conservation de la nature, en même temps que d'étudier des mouvements en cours, dits mouvements écologiques ;

— en quatrième lieu, la sensibilisation du public par des actions bien définies, exemplaires ; nous en donnerons un exemple : l'opération S.O.S. Faucon pèlerin. Dans les Vosges, ce Faucon subsiste en certains endroits ; des jeunes gens du Groupement vont sur place exercer une étroite surveillance, avec organisation de permanences, pour empêcher la destruction des nids et des jeunes couvées, et de plus expliquer leur action avec l'espoir d'être relayés par les montagnards vosgiens eux-mêmes dans la protection du Faucon pèlerin ;

— en cinquième lieu, enfin, la création et la gestion de réserves en Lorraine par un organisme permanent, une base, diraient les explorateurs.

Cette base, qui est une section du Groupement d'Etude et de Conservation des Oiseaux et des Mammifères Sauvages de Lorraine, est appelée *la Station Régionale de Conservation de la nature de Velaine-en-Haye*. Nous sommes loin de ces simples mots Zoo de Haye qui n'a que l'avantage de la brièveté. Cette longue appellation doit être commentée.

C'est une *station* ; étymologiquement, sto je suis là ; c'est une station *régionale* ; son action se veut limitée à des dimensions humaines, une centaine de kilomètres autour de la base ; c'est une station régionale de *conservation* ; elle recherche tous les moyens possibles pour gérer rationnellement et humainement le milieu naturel ; c'est une station de conservation de *la nature* : elle s'intéresse à l'ensemble des êtres vivants, y compris l'Homme.

L'idée de créer cette station était latente depuis un certain temps au sein du Groupement d'étude, notamment à la suite de visites à l'étranger et des expositions dont nous avons parlé. C'est en 1969 qu'elle a pris corps. Les premières réalisations, telles que la location du terrain, eurent lieu en mars 1970 ; la première tranche de travaux fut terminée en août 1970. 1971 fut une année de travail obscur ; une deuxième tranche de travaux, commencée en 1971, sera terminée en juillet 1972 et permettra d'étendre ce qui est présenté au public.

La réalisation est due à l'ardeur de 60 à 70 membres de l'association qui apportent en commun, sous forme de sorte de collégialité, leurs idées leur travail, qui se procurent animaux et matériel par toutes occasions ou en collaboration avec d'autres associations. Il n'y a pas eu d'apport de capitaux il n'y a pas de subventions ; il s'agit d'un travail collectif qui ne tire ses ressources financières que du seul droit d'entrée versé par les visiteurs.

Le style de vie pratiqué à la Station est de type communautaire, fondé sur une économie de subsistance afin d'expérimenter des normes de vie plus écologiques, plus intégrées au milieu. Actuellement se déclarant non violents.

de nombreux jeunes, de l'espèce humaine, gravitent autour de la Station, un peu comme ce sanglier sauvage de la Forêt de Haye qui en ce moment, vient spontanément près de ses congénères, soi-disant captifs prenant même sa nourriture dans la mains de l'homme...

Le devenir de la Station ? M. MARQUART vous le tracera peut-être.

En résumé, les créateurs de la Station veulent que, devant les transformations rapides, vertigineuses des paysages de la Lorraine et du milieu de vie, transformations qui si l'on n'y prenait garde, conduiraient les espèces animales, l'Homme y compris, et le monde tout entier à sa perte, les créateurs de la Station dis-je, veulent que les Lorrains tous ensemble, prennent conscience de cette évolution, et, sans retard, réagissent utilement.

Cette action, cet effort d'une équipe de jeunes, méritaient d'être connus et reconnus. C'est pourquoi je suis heureux de remettre en votre nom la médaille d'or de l'Académie et Société lorraines des sciences à la Station Régionale de Conservation de la Nature de Velaine-en-Haye représentée par M. MARQUART, à qui je présente nos très chaleureuses félicitations.

Le Président CAMO remet alors la médaille lorraine des Sciences (médaille d'Or) au Centre d'études et de protection de la Nature, Zoo de Haye, à Velaine-en-Haye, formé par des Amateurs naturalistes. Ceci comme récompense à leurs réalisations, comme aussi en assurance du développement de leurs réalisations ultérieures. En présence de la presse, M. MARQUART, entouré de ses amis et collègues de la station, reçoit la médaille.

M. MARQUART donne réponse à M. le Président, avec les remerciements du groupement. Il précise les projets d'avenir en ce qui concerne la station et la protection de la Nature en Lorraine.

L'ordre du jour appelle la communication de MM. GOBILLON et FRENTZ : Les méthodes de préparation de l'hémocyanine du Crustacé décapode *Carcinus Maenas* (Texte remis pour publication). M. GOBILLON fait la présentation. Aucune discussion n'a lieu d'autant que l'ordre du jour est chargé.

Prenant date pour la prochaine séance, MM. REISENGER et KILBERTUS acceptent de reporter l'exposé de leur travail inscrit à l'ordre du jour, à la séance de mars, vue l'heure avancée.

M. MAUBEUGE présente de façon détaillée son travail : Le problème des « Schistes cartons » en géotechnique régionale : réalités et légendes (texte déposé) ; vu l'actualisme du problème dans la vie de la collectivité nancéenne, il n'est pas fait seulement un résumé ; la présence de personnes étrangères à nos assemblées habituelles confirme l'intérêt des habitants à un problème évoqué comme base technique à des restructurations de la ville. Vu l'heure, aucune discussion n'est possible.

M. le Professeur VUILLAUME donne une conférence fort documentée, avec son aisance d'exposés bien connue sur un sujet de grande actualité dans la société moderne : La genèse expérimentale des névroses.

Les névroses sont des maladies de la personnalité par conflits psychiques liés à une conduite sociale, le sujet restant conscient.

Le début des observations scientifiques sur la genèse expérimentale des névroses coïncide exactement avec les expérimentations de PAVLOV sur les réflexes conditionnés. Mais les faits n'ont pas été interprétés de suite dans toute leur portée. Il est impossible de procéder à une discussion et des échanges de vues, attendu qu'il est presque 19 h. 30, au désappointement de bien des membres. Des conversations se prolongent cependant hors séance avec le conférencier notamment sur la « supériorité » (?) des névroses chez l'Homme, déjà soutenue par des auteurs, sur des éventualités de névroses chez des scientifiques par ailleurs intelligents mais dont l'esprit se bloque sur certains problèmes ou secteurs scientifiques leur répugnant etc...

Le Président avait félicité spécialement le conférencier pour son remarquable exposé, avant de lever la séance à 19 h. 20, appelé lui-même aussitôt à une autre réunion.



DEPENSES

|                                       |           |           |
|---------------------------------------|-----------|-----------|
| — Bulletin n° 3, 1970 .....           | 6.010,72  |           |
| — Bulletin n° 4, 1970 .....           | 2.652,28  |           |
|                                       | <hr/>     |           |
|                                       | 8.663,00  | 8.663,00  |
|                                       |           |           |
| — Bulletin n° 1, 1971 .....           | 4.028,00  |           |
| — Frais de bureau .....               | 486,22    |           |
| — Frais divers .....                  | 45,28     |           |
|                                       |           |           |
| <i>Reste à payer :</i>                |           |           |
| — Bulletin n° 2, 1971 .....           | 5.275,90  |           |
| — Bulletins n° 3 et n° 4 (évaluation) | 10.000,00 | 15.275,90 |
|                                       | <hr/>     |           |
|                                       | 19.835,70 |           |
|                                       |           |           |
| En caisse au 31 décembre 1971.....    |           | 3.721,91  |
|                                       |           | <hr/>     |
|                                       |           | 16.944,71 |

Certifié conforme à nos livres.  
Nancy, le 31 décembre 1971

*Le Trésorier,*  
R. FRENTZ.