

10/96
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE MINIER

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention d'un diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Minier

SUJET

**DETERMINATION DES PARAMETRES
D'ECHANTILLONNAGE PAR LA METHODE
NUMERIQUE APPLIQUEE A LA FORMULE
DE P.GY.**

Proposé par :
Dr : Ould Hamou .M

Etudié par :
MOULAI Lamdjed

Dirigé par :
Dr : Ould Hamou.M.

PROMOTION : JUIN 1996
E.N.P. 10 ,Avenue Hassen Badi EL-HARRACH ALGER

10/96
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE MINIER

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention d'un diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Minier

SUJET

**DETERMINATION DES PARAMETRES
D'ECHANTILLONNAGE PAR LA METHODE
NUMERIQUE APPLIQUEE A LA FORMULE
DE P.GY.**

Proposé par :

Dr : Ould Hamou .M

Etudié par :

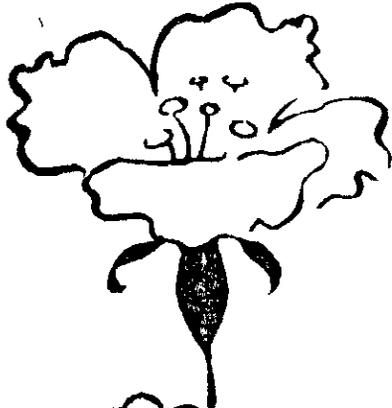
Moulai Lamdjed

Dirigé par :

Dr : Ould Hamou.M.

PROMOTION : JUIN 1996

E.N.P. 10 ,Avenue Hassen Badi EL-HARRACH ALGER



Dédicace

je dédie ce modeste travail :

A ma mère : Aïcha

A mon père : Ahmed

A ma grande mère : Oum el Their

A mes frères : Abdelatif, Fatih et Abdeslam

A mes soeurs: Fatih et Safia

*A mes neveux Abdel moumen
et Raouter*

*A toutes mes soeurs
tous ceux qui sont proches de mon coeur .
(Sakima).*

M. Lamdjad

REMERCIEMENTS :

Ce travail a été réalisé sous la direction de monsieur : Ould hamou.
M. Et qu'il me soit permis de le remercier très sincèrement et de lui
exprimer toute ma reconnaissance pour son aide précieuse . Les conseils et
les encouragements qu'il n'a cessé de me prodiguer afin de mener à bien cette
étude .

Mes remerciements s'adressent également à :

- * Monsieur : SAADA.A
- * Monsieur : AJT. YASSJATENE.A
- * Madame : CHAROU.S
- * Monsieur : MERJEM. D. E.

Je remercie également les personnes suivantes pour leur aide et
encouragement :

- * Monsieur : DJEDRA YASSINE.
- * Monsieur : BOUINAB DJAMEL.

Je n'oublie pas de remercier aussi tous les amis de CUBA,
pour leur soutien et encouragement , qu'il trouvent l'expression de mon
entière gratitude. .

Lamdjed



SOMMAIRE :

PAGE

Introduction générale 1

CHAPITRE I : Théorie de L' Echantillonnage

1- Introduction	3
2- Rappel de quelques définitions	3
2-a . L'échantillonnage et l'échantillon	3
2-b . Le lot	4
2-c . L'hétérogénéité et homogénéité.....	4
2-d . Facteur d'hétérogénéité.....	4
2-e . Echantillonnage primaire , secondaire.etc	4
2-f . Vocabulaire statistique	5
2-g . Qualité d' un échantillonnage	5
3- Procédé d' échantillonnage	6
4- La Théorie d' échantillonnage	6
5- Divers types d' erreurs d' échantillonnage	7
5-a . Erreur fondamentale	8
5-b . Erreurs opératoires	8
6- Correction de l' échantillonnage	9
7- Types de schéma d' échantillonnage	10
7-a . Echantillonnage simple au hasard	11
7-b . Echantillonnage systématique	11
7-c . Echantillonnage stratifié au hasard	11

Chapitre II: Matériels d' échantillonnage

1- Matériels d' échantillonnage en discontinu	13
1- a. Mise en cône et quartage	13
1-b . Diviseur à rifles	14
1-c. Distributeur rotatif	15
1-d. Table échantillonneuse	15
2. Echantillonnage en continu	18
2-a . Echantillonnage manuel	18
2-b . Echantillonnage automatique	18

Chapitre III: Methodes d' échantillonnage

1. Méthode classique	23
2 , Méthode de GY	25

<u>Chapitre IV :</u>	Méthode de GY	
	1- Méthode de GY	26
	2- Calcul de l'erreur	31
	3- Application de la méthode.....	32
<u>Chapitre V :</u>	Commentaires et programme de la méthode de GY	
	Commentaire du programme.....	37
	Organigramme	39
	Programme	43
	Exécution	47
	CONCLUSION	51
	ANNEXE I	53
	ANNEXE II	56
	BIBLIOGRAPHIE .	

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Introduction Générale .

INTRODUCTION GENERALE : [2], [11]

L'échantillonnage est un procédé très important dans l'industrie ; Il est nécessaire de contrôler le travail de prélèvement des échantillons nécessaires à la connaissance géologique et minière du gisement concerné par les travaux. L'échantillonnage est l'opération la plus importante et la plus délicate de toutes les phases de la recherche minière; c'est pourquoi il convient d'insister sur le soin extrême que doit apporter le prospecteur à la prise d'échantillons destinés à l'analyse. L'échantillonnage trouve son application depuis l'étude géologique (prospection) jusqu'au traitement du minerai. Nous retrouvons les modes d'échantillonnage suivants:

- * L'échantillonnage minéralogique pour mettre en évidence la variété et les types des minéraux utiles;

- * L'échantillonnage chimique, nécessaire à la détermination de la teneur des composants utiles: c'est l'échantillonnage le plus important;

- * L'échantillonnage technologique, qui sert pour déterminer la qualité technique de la production de la mine.

Pour la préparation de l'échantillon, on aura toujours intérêt à se mettre d'accord avec le laboratoire chargé de l'analyse.

Il faut retenir que la validité des résultats de tous les essais est liée à la qualité des échantillons prélevés et à leur représentativité.

Les calculs statistiques peuvent aider à établir les caractéristiques des opérations d'échantillonnage et faciliter l'estimation des erreurs faites.

Pour le bon déroulement de toute recherche, il est nécessaire que le géologue, le prospecteur, le mineur et le traiteur prennent un soin à toutes les opérations d'échantillonnage.

Dans notre étude, nous allons examiner quelques méthodes d'échantillonnage en générale et la méthode de Pierre.GY en particulier; donner sur des bases théoriques une réponse aux questions qui se posent lorsqu'on cherche à échantillonner un minerai en cours de transport continu:-

- Quelle masse de prélèvement doit on choisir?

- Comment réduire les erreurs de détermination, et en particulier, l'erreur systématique d'échantillonnage.

- Quelle est la dispersion du résultat fourni par l'analyse de l'échantillon autour de la valeur réelle inconnue du lot de minerai échantillonné.

Le travail que nous présentons ici s'applique aux solides morcelés, aux liquides et aux mélanges multiphasés, surtout lorsqu'ils sont en cours de transfert continu ou discontinu, mais aussi lorsqu'ils forment un lot de masse manipulable. Un programme en basic a été développé, afin de pouvoir résoudre certain des problèmes posés.

CHAPITRE I :

Théorie d'Echantillonnage .

Théorie de l'ECHANTILLONNAGE

1-Introduction

Dans tous les cas, l'objet recherché est l'évaluation de la composition moyenne du lot. Ce lot est trop étendu pour pouvoir être soumis à l'analyse; comme ces analyses sont coûteuses, On fait recours à un échantillon de masse très petite, sur lequel l'analyse est effectuée par procuration.

L'échantillonnage a pour but de déterminer les caractéristiques de l'ensemble du lot à partir des essais, qui ne peuvent être effectués sur cet ensemble.

Souvent , l'utilisateur ne prend conscience de l'existence des problèmes posés par l'échantillonnage, que lorsqu'il est confronté à une flagrante erreur d'échantillonnage. Dans ce chapitre, nous examinerons ces cas d'erreurs et y porteront des corrections

2-Rappel de quelques définitions : [1],[4],[8]

2-a- L'échantillonnage et l'échantillon :

L'opération nécessaire pour définir un lot, fait appel à des mesures (désignées par le terme essais), qui ne peuvent (généralement La détermination des caractéristiques) habituellement pas être entrepris sur la totalité du lot; on est donc amené à les faire par procuration sur une petite quantité de matière extraite du lot et que l'on appellera *ECHANTILLON*.

Les opérations de prélèvement de l'échantillon, sans que ce dernier ne subisse aucune transformation s'appelle:

L'ECHANTILLONNAGE ou *STAGE D'ECHANTILLONNAGE*.

2-b-Le lot :

Le lot est une portion d'une certaine matière supposée représentative de cette dernière . Il peut être :

- Un solide compact, tel qu'un minerai en place ou un lingot de métal;
- Un solide morcelé;
- Une pulpe.

Le lot de matière peut être considéré comme la somme d'un certain nombre de sous-ensembles homogènes

2-c-Hétérogénéité et homogénéité :

Un lot est homogène si toute les parties intégrantes sont de même nature et solidement liées entre elles.

Un lot, composé de sous ensembles qui sont de nature différente, est un lot hétérogène. L'hétérogénéité est une propriété intrinsèque de l'ensemble des éléments constitutifs du lot considéré.

On distingue :

- L'hétérogénéité de constitution ,
- L'hétérogénéité de distribution .

2-d-Facteur d'hétérogénéité :

Le facteur d'hétérogénéité est un facteur, dont la variation entraîne une variation de la grandeur à déterminer sur l'échantillon.

Nous retrouvons cette notion tout au long de l'étude sur l'échantillonnage; c'est en effet leur détermination qui permet de dicter les règles matérielles de l'échantillonnage.

2-e-Echantillon primaire , secondaire , etc.

L'ensemble des opérations de ce procédé est normalement subdivisé en plusieurs étages d'échantillonnage.

Le lot à échantillonner est tout d'abord représenté par un échantillon primaire; celui-ci est échantillonné à son tour, et, représenté par un

échantillon secondaire , ensuite tertiaire , quaternaire , ... , etc. , jusqu'à l'obtention de l'échantillon final .

Pour l'homogénéité , il est préférable de bien établir l'enchaînement des différents étages d'échantillonnage.

2-f-Vocabulaire statistique

L'échantillonnage est une opération qui dans son essence relève de la statistique mathématique, et il est logique d'utiliser le vocabulaire statistique , chaque fois que l'échantillonnage est considéré comme une opération abstraite.

-Vis à vis des lois statistiques ,un lot de matière apparaît comme une population. Les fragments qui le composent sont les individus.

-Vis à vis des problèmes qui nous occupent , l'individu est parfaitement défini par la connaissance de :-

- La masse.

- La valeur moyenne de caractère considéré (teneur , humidité,etc.).

2-g-Définition de qualité d'un échantillonnage :

Un échantillon est dit "juste" lorsque l'erreur d'échantillonnage est une variable aléatoire de moyenne nulle .

Un échantillon est dit "fidèle" lorsque l'erreur d'échantillonnage est peu dispersée autour de sa moyenne, qui soit nulle ou non.

Un échantillon est dit "précis" lorsqu'il est à la fois juste et fidèle , ou lorsque l'erreur est faible.

Un échantillonnage est strictement juste lorsqu'il assure à tous les fragments une même probabilité d'être prélevés.

Un échantillonnage est exact, si l'erreur était nulle; ce qui est un cas idéal sans existence réelle.

3-Procédé de l'échantillonnage: [7],[11]

L'échantillonnage est l'opération consistant à enlever une partie de matière, présentant une taille convenable pour la tester.

La condition, pour plus de précision, est que l'échantillon doit être complètement représentatif, cependant dans la pratique, cette condition n'est pas satisfaite, quand la matière hétérogène est échantillonnée.

L'échantillonnage comporte deux opérations successives :

- 1 - Le prélèvement ,
- 2 - Réduction en poids .

Le problème qui se pose dans la préparation est la réduction de l'échantillon ,qu'il faut entreprendre de manière à ce que l'échantillon nouvellement obtenu soit identique à l'échantillon primitif. Pour cela les opérations de réduction sont très délicates et doivent être conduites sous la surveillance continue.

4-La théorie de l'échantillonnage : [8],[11],[12]

La théorie de l'échantillonnage a pour objet l'exposition des variables déterminées par des opérations et l'explication de leur indépendance , avec l'objet principal du contrôle d'échantillonnage et la déviation de leur résultats. Sous cet aspect , la théorie d'aujourd'hui est dans sa forme rudimentaire , appliquée seulement pour les grandes techniques idéalisées .

Le technique d'échantillonnage parfait assure que les échantillons donnés sont attribués au hasard et représentent complètement la qualité qui va être testée dans l'échantillon . Donc la théorie de probabilité faut être présentée pour les problèmes d'échantillonnage.

Les éléments conséquents des problèmes d'échantillonnage sont :

- 1- La précision de la qualité, qui va être testée .
- 2 - Les caractères de la qualité, qui ne vont pas être testés .

- 3 - Les Caractères des matériaux, qui vont être échantillonnés.
- 4 - La relation entre la qualité à tester et les matériaux échantillonnés.
- 5 - Le degré d'exactitude nécessaire.
- 6 - La taille de l'échantillon nécessaire pour :
 - a- L'essai,
 - b- Pour le degré d'assurance désiré.
- 7 - Les méthodes de prélèvement d'échantillon.
- 8 - Le mécanisme de prélèvement d'échantillon.

5-LES divers types d'erreurs Dans un échantillonnage.[1],[4],[8]

les erreurs d'échantillonnage sont multipliées suivant la cause qui leur donne naissance; certaines de ces erreurs peuvent et doivent être éliminées, tandis que d'autres peuvent être réduites ou annulées, si on apporte un soin particulier aux différentes opérations.

Il faut retenir, qu'au cours du déroulement d'un plan d'échantillonnage complexe, que :

- 1- chaque étage d'échantillonnage est une opération aléatoire.
- 2- chaque opération accessoire (concassage, broyage, tamisage, séchage, homogénéisation) peut être génératrice d'erreur soit :
 - De cause de la perte de certains éléments appartenant au lot ou aux échantillons successifs (mauvais nettoyage des appareils,...)
 - D'introduire dans le lot des éléments étrangers,
 - D'altérer le caractère à déterminer (perte d'humidité par contact, échauffement, évaporation,...)

L'étude a montré qu'il existe à chaque étage d'échantillonnage cinq types d'erreur :

- Erreur fondamentale (EF)
- Erreurs de ségrégation (ES) et de groupement (EG)
- Erreur d'intégration (EI)
- Erreur de fluctuation de débit (ED)
- Erreurs opératoires

Les écart ES, EG, EI et ED sont liés au même principe de l'opération et sont des erreurs opératoires (EO).

Pour cela , les erreurs d'échantillonnage se répartissent en deux grandes classes:

- L'erreur fondamentale,
- Les erreurs opératoires.

5-a-L'erreur fondamentale:EF

L'erreur fondamentale est une variable aléatoire qui est indépendante des conditions opératoires; on peut donc dire, que c'est l'erreur qui subsiste, quand on arrive à rendre parfaites les conditions matérielles de l'échantillonnage.

Il est impossible d'annuler EF, sauf dans des cas limites sans existence réelle

5-b-L'erreur opératoire :EO

L'erreur opératoire , en général, est la somme d'un certain nombre d'erreurs liées les unes au mode opératoire, et à l'appareil d'échantillonnage, et d'autres à l'opérateur.

5-b-1-Erreur systématique:ES

L'erreur systématique peut être variable selon certaines conditions; notons les facteurs d'hétérogénéité.

L'erreur systématique est l'expression de l'hétérogénéité de distribution du lot de matière échantillonnée.

5-b-2-Erreur de groupement :EG

Pour les solides morcelés , cette erreur est minimale quand on les prélève en groupe; on ajoute à cette erreur une erreur dite erreur de groupement.

Le tableau suivant récapitule les erreurs commises dans les différents cas possibles :

prélèvements	distributio. des fragments	erreur totale
par fragments isolés	quelconque	EF
par groupes de fragments voisins	homogène	$(1+ED)EF$
	semi-homogène	$(1+ED)(1+ES.EG)EF$
	régionalisée	$(1+ED)[(1+ES.EG)EF+EI]$

L'erreur totale d'échantillonnage peut être donnée par la formule suivante:

$$ET = EF + EG$$

avec :

ET : erreur totale ,
EF : erreur fondamentale,
EG : erreur de groupement,

L'échantillonnage est possible selon diverses façons, et parmi elles, considérons les deux façons suivantes :-

a) - Echantillonnage au hasard fragment par fragment , où on peut éliminer toutes les erreurs autres, que l'erreur fondamentale , donc :

$$ET = EF$$

b) - Echantillonnage au hasard , par groupes de fragments, où l'erreur totale est :

$$ET = EF + EG$$

5-b-3-Erreur opératoire accidentelle :

Cette erreur peut être due à des causes multiples, parmi lesquelles :

- Maladresse ou faute de la part de l'opérateur, défaillance accidentelle de la mécanique, quand il s'agit d'un échantillonnage automatique, ...etc.

6-Correction de l'échantillonnage:[1],[3],[4],[8],[10]

Les conditions de correction de l'échantillonnage sont connues et ne sont pas utopiques. Elles ne dépendent que du concepteur et du constructeur de matériel ,et ainsi que l'utilisateur.

Ils n'existe pas de méthode, permettant d'affirmer que :-

- L'échantillonnage a été effectué sans erreur systématique.
- L'erreur aléatoire d'échantillonnage soit inférieure à une tolérance donnée.

On cherche alors , dans chaque cas particulier , à déterminer les facteurs d'hétérogénéité, et à procéder à un mode d'échantillonnage respectant au mieux les principes pour un juste échantillon; dou l'utilité de s'adresser à un spécialiste.

7-Types de schémas d'échantillonnage : [1],[6],[8]

Le type d'échantillonnage est déterminé précieusement par la connaissance des facteurs d'hétérogénéité du lot à échantillonner ; il s'avère donc possible de procéder un échantillonnage de plusieurs manières.

Quel que soit le mode de prélèvement retenu , on peut procéder :-

- Soit à l'échantillonnage direct du lot de matière considérée comme un ensemble d'individus.
- Soit à l'échantillonnage stratifié de ce lot de matière, considérée comme la somme d'un certain nombre de sous-ensembles, qui sont soumis individuellement à un échantillonnage direct. Pour cela , citons quelques types de schémas d'échantillonnage :-

- 1- Echantillonnage simple au hasard,
- 2 - Echantillonnage systématique,
- 3 - Echantillonnage stratifié au hasard,

Pour bien comprendre ces types , nous proposons l'exemple suivant:-[8]

- Soit à échantillonner un lot de matière première quelconque livrée en sacs . Le lot sera par exemple de 1000 sacs de poids pratiquement égal . Le premier étage d'échantillonnage consistera à choisir un certain nombre de sacs qui constitueront l'échantillon primaire.

Cette échantillon primaire peut être entrepris de plusieurs manières; citons:-

7-a- Echantillonnage simple au hasard :-

Industriellement , il est difficile d'appliquer un échantillonnage simple au hasard à un processus d'échantillonnage continu , et cela limite l'utilisation de celui-ci à quelques cas précis ; c'est donc le cas, où les lois statistiques s'appliquent de la façon la plus stricte; d'où elles conduisent à une erreur minimale.

Supposons les 1000 sacs numérotés; il sera possible , à l'aide d'une table de nombres au hasard de désigner les sacs à prélever , jusqu'à concurrence du nombre prévu d'échantillons.

7-b- Echantillonnage systématique :-

Pratiquement , il est difficile à réaliser , car , l'unité prélevée est désignée suivant une loi préétablie qui est déterminée strictement pour une loi donnée et pour la connaissance du point d'application initial du système.

Si par exemple , on se fixe un échantillon primaire de 20 sacs , la loi de prélèvement pourra être :

$$N = 50n + m$$

où ; m : constante comprise entre 1 et 50.

En faisant varier n de 0 à 19 , on obtiendra alors les numéros des 20 sacs à prélever. En général , on a choisi pour l'échantillonnage une loi, qui nous permet de définir les points de prise des échantillons . Ce schéma s'applique bien à l'échantillonnage en continu.

7-c- Echantillonnage stratifié au hasard :

La stratification peut être manuelle; l'échantillonnage stratifié est alors justifié essentiellement pour des raisons pratiques , cependant , on peut aussi la provoquer quand on soupçonne le lot à échantillonner d'être frappé d'une certaine hétérogénéité de distribution.

L'échantillonnage stratifié a pour objet essentiel de réduire l'erreur totale d'échantillonnage en ne l'appliquant que dans le cas de sous ensembles, représentativement moins hétérogènes que l'ensemble initial.

Dans l'exemple précédent, on peut imaginer la division du lot en groupes de 50 sacs, correspondant aux séries successives 1 - 50, 51 - 100, .., etc., et de prélever au hasard un sac dans chaque groupe.

CHAPITRE II :

Materiel d'échantillonnage.

Matériel d'échantillonnage

Il existe une gamme très variée de matériels d'échantillonnage, spécifique et adapté à chaque matériels d'échantillonnage existe en plusieurs variétés et selon chaque cas (soies morcelés secs, en pulpe , échantillonnage de liquide, ..etc.) existe un matériel spécialement adapté. On distingue : [1]

- a - Le matériel d'échantillonnage, fonctionnant en discontinu.
- B- Le matériel d'échantillonnage, fonctionnant en continu .

1- Le matériel d'échantillonnage en discontinu :

Les appareils, utilisés pour l'échantillonnage en discontinu de petits lots manipulables, ne sont pas conçus comme les appareils utilisés pour l'échantillonnage en continu. Nous pouvons les citer:-

1-a- Mise en cône et quartage : [1], [12]

Cette vieille méthode est utilisée pour le partage d'échantillon ; on commencera par mettre le lot en forme de galette circulaire, puis par peiler le minerais vers le centre de celle ci en faisant un cône . On répète cette opération plusieurs fois de façon à homogénéiser le lot, puis, on met le lot sous forme de galette .

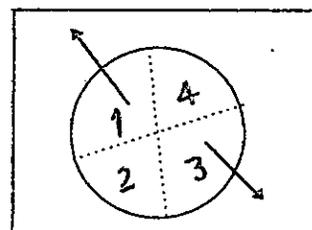
On le divise en quatre parts égales (quartage),

On conserve les secteurs opposés 1 et 3 et on écarte 2 et 4, qui rentrent éventuellement dans le circuit usine .

On reconcasse les deux quadrants opposés 1 et 3 à un calibre plus petit, on mélange de nouveau et l'on redivise en 4 .

Ces opérations sont répétées jusqu'à obtenir un échantillon de quelques kilos.

A chaque étage, on élimine une moitié du lot ou de l'échantillon partiel . Quand ce travail est fait soigneusement, il est exempt d'erreur systématique.



Le quartage est toujours plus coûteux, plus compliqué, car il nécessite beaucoup de soins, mais quelque soit le soin, on trouve une difficulté majeure .

1-b--Diviseur à rifles: (FIG 1)

L'opération de divisions successive est bien simplifiée quand on utilise un diviseur à rifles. L'appareil est une succession de couloirs rectangulaires juxtaposés de certains nombres pairs (8 à 20 couloirs), conduisant grâce à leur pente (moins à 45°), les uns vers la droite et les autres qui alternent avec les premiers vers la gauche.[8]

Quand on a pris soin de mélanger le minéral au préalable et, de ne pas alimenter l'appareil de façon dissymétrique, on peut considérer l'opération exempte d'erreur systématique.

On peut disposer en série un certain nombre de diviseurs à rifles et prélever en une seule opération le lot.

Comme toutes les divisions en deux, l'opération est le plus souvent répétitive, jusqu'à obtention de la masse désirée.[12]

Cette opération est manuelle et le diviseur à rifles existe en différentes tailles suivant la granularité et la masse de matière à partager.[8]

Il existe d'autres appareils, cependant le diviseur à rifles semble le plus couramment utilisée.

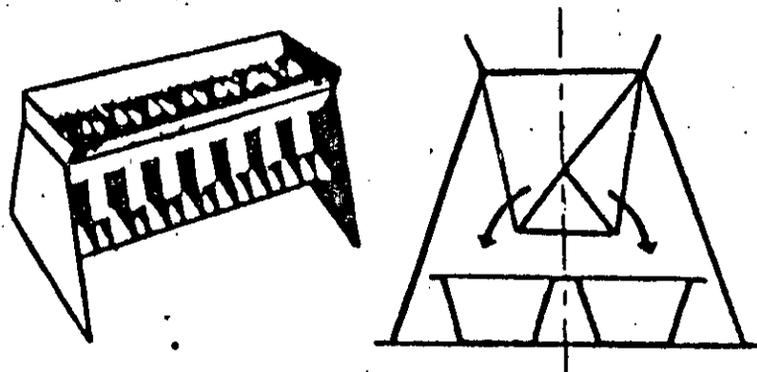


Fig 1 : *Diviseur à rifles de type Jones.*

1-c- Distributeur rotatif : (fig 2)

C'est un appareil utilisé pour un échantillonnage en pulpe, quand on ne peut pas réaliser d'échantillonnage à sec.

L'appareil est composé : [8]

- * d'une trémie cylindro-conique, se vidant par l'intermédiaire d'un organe distributeur, qui tourne autour d'un axe vertical à une vitesse constante de l'ordre de 100 tr/min.

- * d'un cône séparateur, divisé en un certain nombre de rifles dans les-quelles se déverse la pulpe .

- * d'un nombre de récipients égaux au nombre de rifles et recevant les échantillons.

Quand l'appareil est bien équilibré, il est exempt de toute erreur systématique. [4]

C'est l'appareil le plus efficace et le plus sûr pour l'échantillonnage des pulpes et aussi des liquides ; on peut utiliser ces diviseurs quelle que soit la masse du lot .

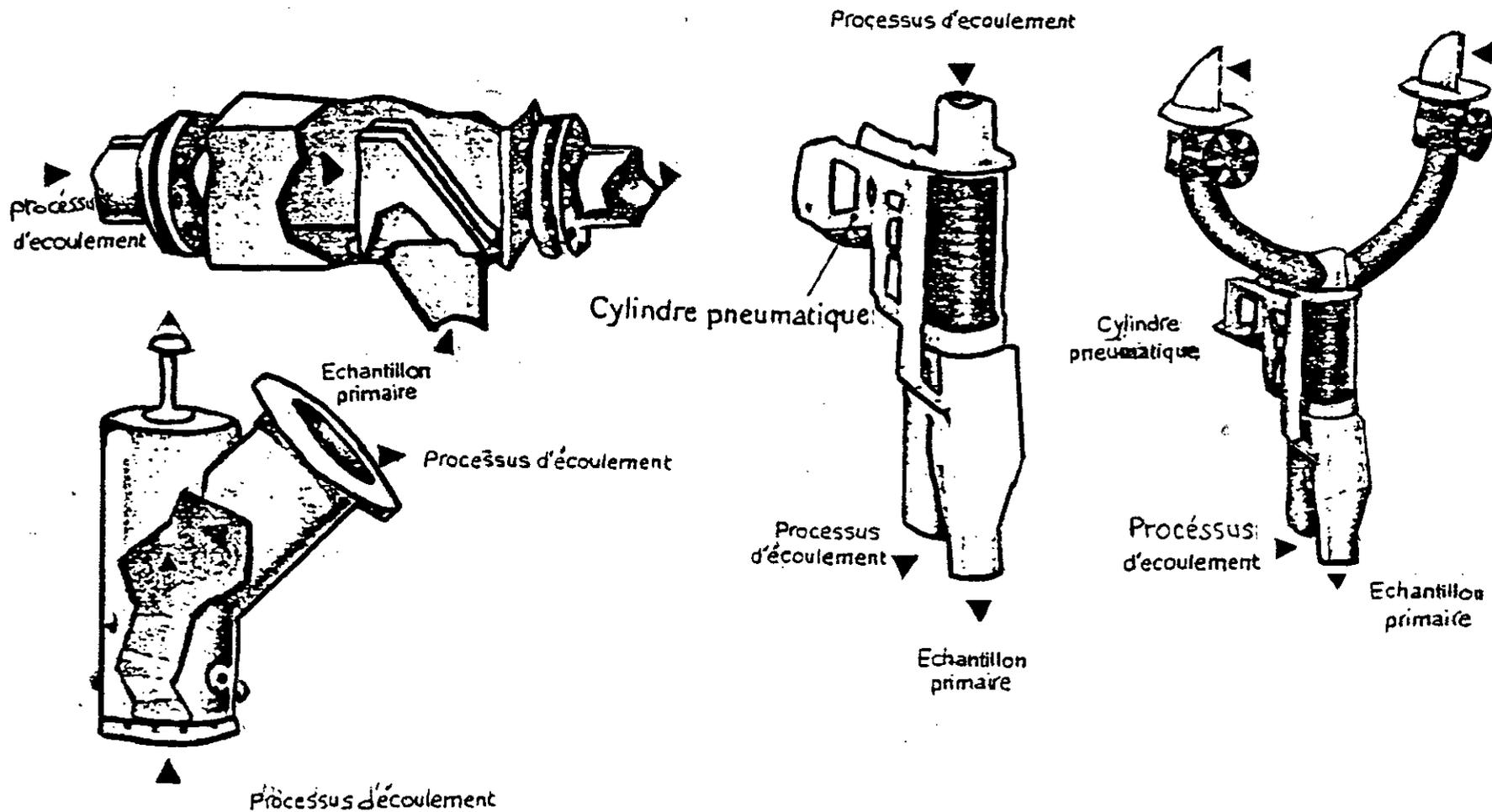
1-d- Table échantillonneuse : (FIG 3)

Sur la table échantillonneuse, le matériau est alimenté au sommet d'un plan incliné ou il y a une série de trous placés dans le chemin de tout-venant, réduit à une certaine fraction ; plusieurs matériaux se trouvent rejetés par les trous . [12]

Le matériau demeurant sur la surface, passe par le rangée suivante de la surface inclinée, où il existe une autre série de trous ; et ainsi de suite .

Le matériau qui atteindra la base de la surface est l'échantillon .
La table échantillonneuse est par la suite utilisée pour partager les échantillons de 5 kg et plus. [12]

FIG. 2. AUTOKUMPU ECHANTILLONNEUR AUTOMATIQUE DE PULPE



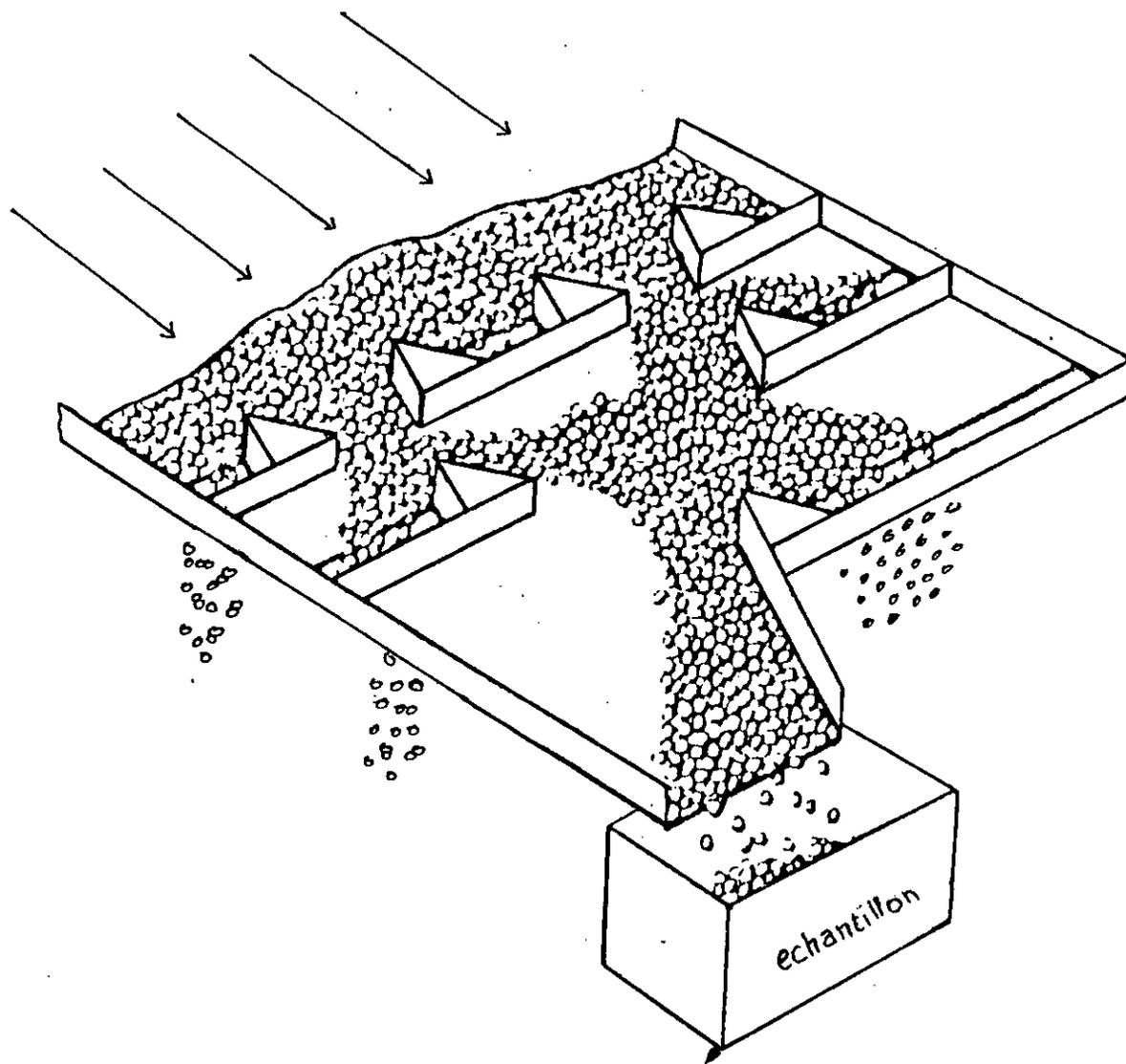


FIG 3 : TABLE ECHANTILLONNEUR

2- Echantillonnage en continu :

L'échantillonnage en continu est un prélèvement d'échantillon à intervalles réguliers. Les principes sont identiques à ceux en discontinu et les appareils ne diffèrent que par la forme .

L'échantillonnage en continu est une opération, concernant les circuits, où la matière tombe d'un système de convoyeur dans un autre; par exemple: la décharge d'une tuyauterie dans un appareil de traitement.

2-a-Echantillonnage manuel :

On peut utiliser ce mode d'échantillonnage, dans le cas du transport d'une matière sur bande transporteuse ; on arrête cette bande quelques secondes et on prélève toute la matière contenue sur un élément de longueur déterminée de la bande . [8]

C'est le procédé le plus sûr, et on peut affirmer qu'il est exempt de toute erreur systématique . [8]

Généralement, on s'arrange pour faire la même chose à la décharge du système transporteur (FIG 4), en occultant le jet de matière pendant une période déterminée par des boîtes de forme spéciale .

Les difficultés de réalisation sont :

- * assurer un temps de prélèvement constant,
- * éviter les rebondissements sur les parois de l'organe de prélèvement .

L'échantillonnage manuel tend à disparaître dans les usines et est remplacé par l'échantillonnage automatique.

2-b-Echantillonnage automatique :

Ces échantillonneurs se composent essentiellement d'un préleveur mobile, qui peut être ouvert ou fermé vers le bas (fig 4) . Le préleveur traverse le courant de matière lorsqu'il est en chute libre ; la quantité de

matière passée par le préleveur s'appelle prélèvement, évacué vers un circuit d'échantillonnage. [11]

L'ensemble des prélèvements effectués sur un lot donné constitue l'échantillon.

Le préleveur peut être entraîné par un dispositif hydraulique, pneumatique, magnétique ou manuel. Si les préleveurs fonctionnent de façon discontinue, ils sont mis en marche par une minuterie, ils effectuent un ou deux passages à travers le courant, et, s'arrête automatiquement grâce à un dispositif mécanique ou magnétique. [8]

L'organe de prélèvement pour les appareils automatiques peut être:[8]

- * soit rotatif;
- * soit oscillant;
- * soit animé d'un mouvement alternatif rectiligne.

*-Echantillonneur rotatif:

Prenant par exemple l'échantillonneur "Vezin" (Fig 5); il possède une goulotte, tournant autour de son axe vertical, portant deux becs qui au cours de la rotation, viennent se placer sous un point de chute du minerai, la goulotte tournante est ainsi périodiquement alimentée.

*-Echantillonneur oscillant:

Ici, l'organe oscillant autour d'un axe horizontal, dont le déplacement est obtenu par le basculement d'un récipient formé par deux auges symétriques, qui se remplissent d'eau alternativement et basculent quand elles sont pleines pour l'échantillonnage des pulpes.

*-Echantillonneurs alternatifs rectilignes :

Ils sont commandés par un moteur électrique, une minuterie et des interrupteurs de fin de course.

Les échantillonneurs rotatifs et oscillants sont des appareils simples, peu coûteux et d'emploi facile; par contre , les échantillonneurs alternatifs rectilignes sont des appareils extrêmement sûrs, qu'on peut considérer comme exempts de toute erreur systématique, mais coûteux.

Les échantillonneurs rotatifs et oscillants sont des appareils généralement simples, peu coûteux et d'emploi facile . On peut craindre cependant dans certain cas qu'ils donnent des résultats biaisés.

Par contre , les échantillonneurs alternatifs rectilignes , quand l'ouverture et la vitesse de déplacement de l'organe de prélèvement sont correctement adaptés , sont des appareils extrêmement sûrs, qu'on peut considérer comme exempts de toute erreur systématique .

Ce sont des appareils, que l'on rencontre dans toutes les installations modernes, et, dont la généralisation doit être conseillée .

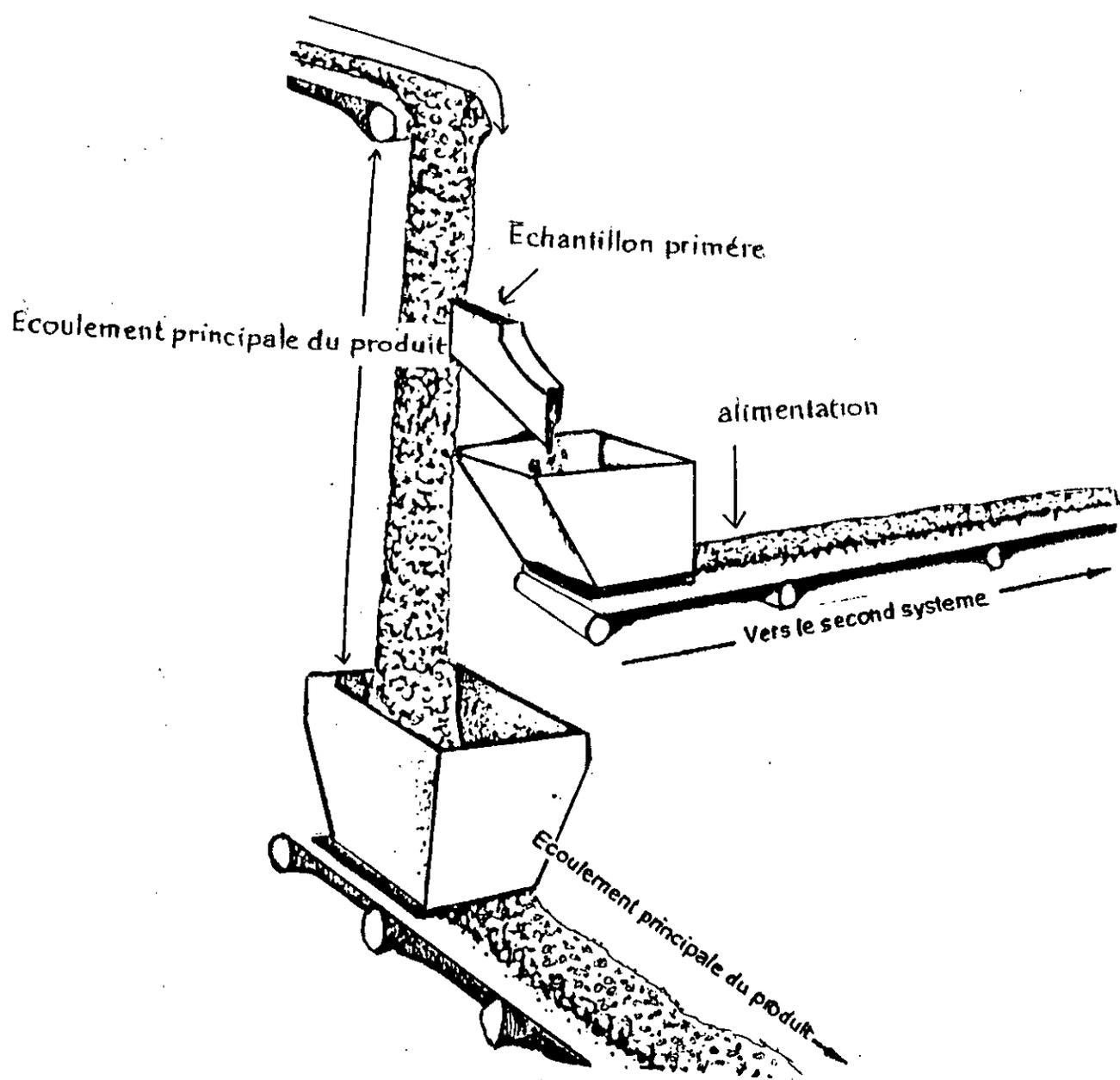


FIG4: TYPE D'UN SYSTEME D'ECHANTILLONNAGE

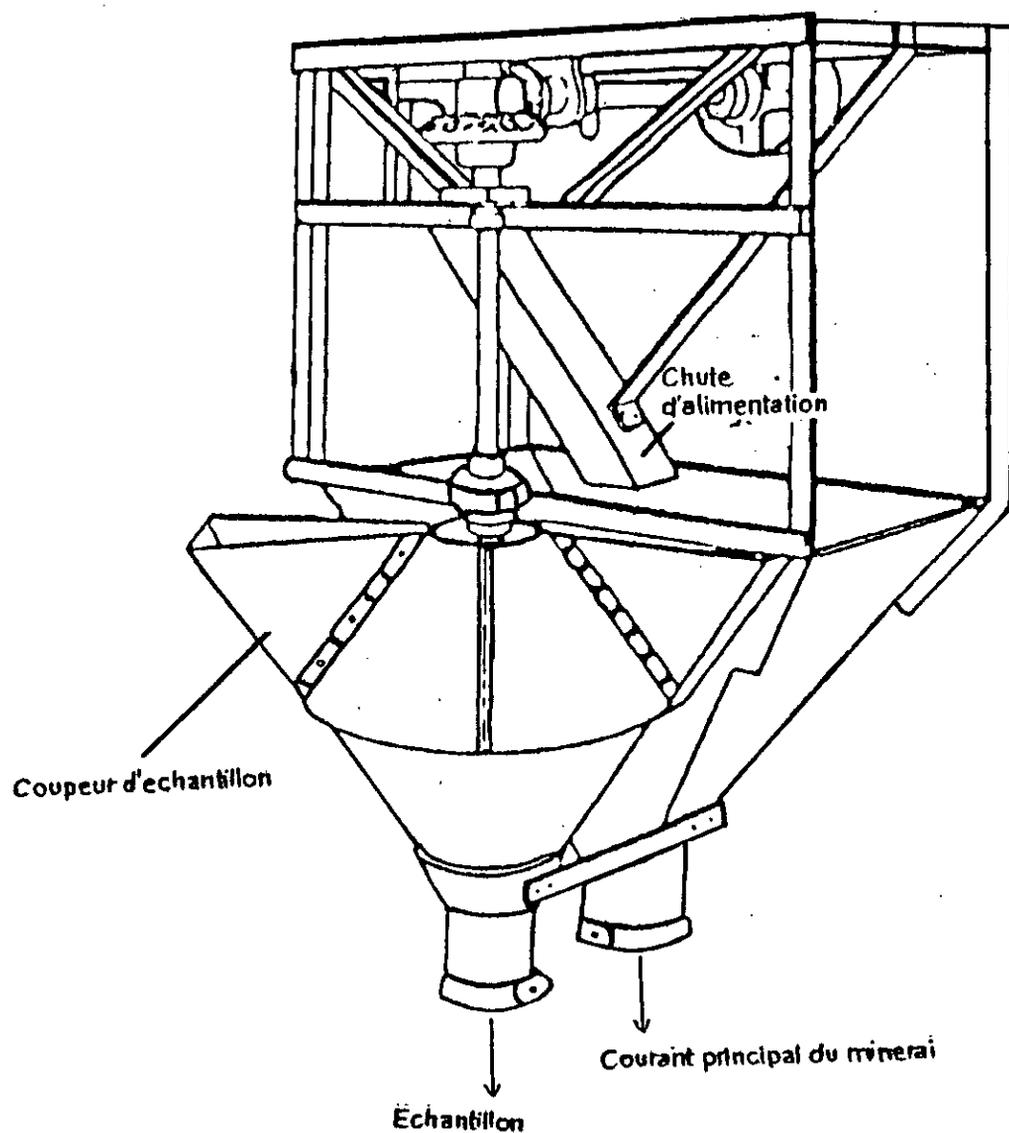


FIG5: ECHANTILLONNEUR VEZIN

CHAPITRE III:

Méthodes d'échantillonnage

Méthodes d'échantillonnage

La méthode de base, à suivre, pour obtenir un résultat, consiste à prélever des échantillons sur le tout-venant, et à effectuer des essais sur les échantillons. La théorie permet de déduire de ces essais la valeur la plus probable du lot, ou plutôt l'intervalle de valeurs, dans lequel se trouve cette valeur avec une probabilité fixée à l'avance; par exemple, au moins 95% à 99%.

1- Méthode classique : [5],[7]

La théorie de base consiste à diviser l'échantillon prélevé en plusieurs classes granulométriques, désignées par leur diamètre D_i , et en plusieurs classes de densités désignées par d_j , car le lot comprend des éléments de tailles granulométriques très diverses; dans chacune des classes granulométriques, que l'on peut imaginer, la valeur moyenne qu'on cherche et les écarts par rapport à cette moyenne sont différents, de même pour les classes de densités que l'on peut imaginer. [7]

Pour cela, on a $(i \times j)$ classes désignées par (ij) qui sont définies; on donne le poids relatif w_{ij} de la classe, de diamètre D_i et de densité d_i , de même pour la teneur moyenne a_{ij} de la classe ij . [7]

Théoriquement, pour calculer la valeur désirée, par exemple la teneur a_{ij} , en tenant compte de :-

- La densité de classe (d_j);
- Des densités du minerai pur (d_v);
- Des densités de la gangue (d_g).

on aura:

$$a_{ij} = \frac{d_v (d_j - d_g) \cdot 100}{d_j (d_v - d_g)} \quad (1)$$

Avec :

a_{ij} : la teneur de chaque classe (ij) .

Ref : (1) -Taggart : Handbook of mineral dressing. section 19 p 3.

On pèse chaque classe, ce qui nous donne les poids W_{ij} ; la teneur globale (a) de l'échantillonnage est donc de:

$$a = \frac{\sum_j D_i^3 \times p_{ij} \times d_j \times a_{ij}}{\sum_{ij} D_i^3 \times p_{ij} \times d_j} \quad (1)$$

ou ; p_{ij} est donné par la formule suivante:

$$p_{ij} = \frac{\frac{W_{ij}}{D_i^3 \times d_j}}{\sum_{ij} \frac{W_{ij}}{D_i^3 \times d_j}} \quad (1)$$

avec :

p_{ij} : Le rapport du nombre de grains de la classe ij au nombre de grains de l'échantillon.

D_i : Diamètre de la classes granulométrique i ;

d_j : Densité de la classe j ;

a_{ij} : teneur moyenne de la classe ij .

L'écart de la teneur (σ_{ij}) de la fraction (ij) est:

$$\sigma_{ij} = \sqrt{\frac{p_{ij}(1-p_{ij})}{n}} \quad (2)$$

avec :

n : Le nombre total de particules de l'échantillon .

Ref : (1) - Taggart - Handbook of mineral dressing, section 19, p 3.

(2) - Sandier- Mise en valeur des gisements métallifères, chapitre II, p 18.

Pour déterminer l'écart, pour la teneur totale (a) du lot, où sa valeur numérique est fixée par la précision qu'on est imposée, on peut déduire n (supposant une loi de gauss). Par n et P_{ij} (nombre de particules de chaque classe), on déduit le poids de chaque classe, et le poids total de l'échantillon.

exemple: [7]

Pour un minerai de densité

*un minerai pur $d_v = 4$

*gangue $d_g = 2.65$

On divise la gangue en cinq (5) classes granulométriques, on a les résultats suivants:

fraction	poids relatifs	teneur	densité	diamètre moyen *
$n^\circ: ij$	w_{ij}	a_{ij}	d_{ij}	D_{ij}
11	15.30	0	2.65	1.000
12	29.70	5.49	2.70	1.000
21	9.00	0	2.65	0.500
22	20.49	5.49	2.70	0.500
etc	etc	etc	etc	etc

Ce qui donne $n\sigma^2 = 1.3438$

Pour un écart de 0.2, avec une probabilité de 99%, la table de gauss donne $\sigma = 0.078$, d'où $n = 220.87$.

2-Méthode de P.GY: [1], [7], [12]

P.GY a fait une tentative pour relier la variance S des échantillons prélevés et aux facteurs dimensionnels des éléments des échantillons, alors que ses prédécesseurs persistaient à estimer les paramètres (variance comprise) d'après les valeurs statistiques des échantillons. La méthode est détaillée dans le chapitre suivant.

CHAPITRE VI:

Méthode de GY

1-Méthode de P.GY:-[12],[7]

La méthode d'échantillonnage créé par GY est utilisée pour calculer le poids nécessaire d'échantillon, permettant de fournir le degré d'exactitude demandé . Cette méthode est la suivante :

a- On considère un échantillon unique extrait d'un lot; on cherche à déterminer les caractéristiques de dispersion; si on extrait un grand nombre d'échantillons, on trouverait une série de caractéristiques; on suppose que ces caractéristiques se répartissent selon une loi normale de Gauss. La dispersion est donc caractérisée par la valeur moyenne et la variance (S^2).

b- Il faut s'appuyer sur le fait, qu'on possède des raisons théoriques ou expérimentales, permettant d'affirmer que les divers coefficients (g,l,m) restent à peu près constants aux cours de ces opérations, afin de comparer les erreurs commises avec diverses règles de réduction par quartage et concassages successifs. Cette comparaison est donnée par la formule donnant S^2 .

c- Le problème pratique de l'échantillonnage est la détermination du poids à donner à un échantillon.

La méthode de GY prend en considération la dimension des grains du lot , la teneur , le degré de libération du matériau et la forme de la particule.

L'équation fondamentale de l'échantillonnage de GY peut être donnée par la formule suivante :-

$$\frac{M \times L}{L - M} = C \times \frac{D^3}{S^2} \quad (1)$$

avec :-

M: Le poids minimum de l'échantillon, dont on a besoin; en g.

L: Le poids maximum des matériaux que va être échantillonné; en g.

C: La constante d'échantillonnage pour le matériau échantillonné;
[g/cm³];

D: Dimension moyenne des grains les plus gros;[cm];

S: L'erreur statistique, faite au cours de l'échantillonnage.

Dans la plupart des cas , M est très petit devant L; l'équation fondamentale de GY sera donc:

$$M = \frac{C \times D^3}{S^2}$$

La constante d'échantillonnage C, dépend du matériau qu'on va échantillonner; on prend en considération la teneur de minéral contenu et son degré de libération .

$$C = f \times g \times l \times m$$

avec ;

f : paramètre caractéristique de la forme des grains ,

g : paramètre caractéristique de la composition granulométrique du lot;

l : paramètre caractéristique de la libération des constituants,

m : paramètre caractéristique de la constitution minéralogique du lot , c'est-à-dire de la proportion et de la densité des constituants.

, D : diamètre des plus gros fragments du lot (par exemple le côté de la maille de tamis qui retiendrait 5 à 10 % de masse du lot) .L'unité de D dépend de la valeur donnée aux paramètres f , g, l , m .

Cette formule serait vide de sens, s'il n'était pas possible d'accéder facilement aux valeurs prises par les divers paramètres ; l'expérience a montré que :

f : pour les minéraux usuels , à une valeur voisine de 0.5 (pour l'or f=0.2).

g : varie peu ($\pm 15\%$) autour de la valeur de 0.5

si $d/d' > 4$ alors $g = 0.25$;

si $d/d' \leq 4$ et > 2 alors $g = 0.5$;

si $d/d' \leq 2$ et > 1 alors $g = 0.75$,

si $d/d' = 1$ alors $g = 1$,

avec :

d' : dimension du grain prélevé,

d : dimension du grain avant le prélèvement

l : peut varier théoriquement de 0 à 1, mais pratiquement de 0.02 à 0.8 ; des règles précises, dans chaque cas particulier , permettent de déterminer la valeur à donner à l . On pourra les estimer de façon approximative, d'après les tables, en sachant que le minerai est à une dimension égale à 25 fois environ la dimension de libération .

$$l = \left(\frac{L}{D} \right)^{0.5}$$

avec :

L : la taille en [cm] de la particule

La valeur de l peut-être estimée par le tableau suivant :

$d/L,$	<1	1-4	4-10	10-40	40-100	100-400	>400
l	1	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02

m : est une fonction mathématique définie de la densité du minéral, de valeur (r), et de celle de la gangue (t), ainsi que de la proportion moyenne du minéral de valeur dans le lot .

$$m = \frac{1-a}{a} [(1-a)r + a \times t]$$

avec :

a : la fraction de minéral .

Il existe des abaques et un monogramme, permettant de calculer tous le produit ($f \times g \times l \times m$), ou seulement (m).

L'erreur statistique est utilisée pour obtenir une valeur d'assurance dans les résultats de cette méthode d'échantillonnage; le titre relatif utilisé par la courbe de distribution normale représente les données (S) les très réponsus des essais au hasard pour un nombre plus grand d'échantillons qui sont pris de la gangue minéralisée ,

La distribution normale suppose, que 67% des essais d'échantillonnage peuvent être traînés entre $\pm S$ de l'essai exact; 95% des essais peuvent être traînés entre $\pm 2S$, et 99% peuvent être traînés entre $\pm 3S$.

Les valeurs du S_s (erreur d'échantillonnage) et S_a (erreur d'essai) vont être normalement petites; mais elles peuvent être déterminées par les essais sur un grand nombre de portions des différents échantillons (environ 50), pour donner S_a^2 et par le coupage de nombre similaire d'échantillons par des manières identiques et l'essai de l'un des échantillons nous donne ($S_a^2 + S_s^2$).

La variance, déterminée par la formule de GY, peut-être différente de celle obtenue dans la pratique, parcequ'il est toujours nécessaire de croire que, selon les étages d'échantillonnage, on obtiendra un échantillon d'essai, ou il y a des erreurs.

La variance pratique va être la somme de toutes les variances :

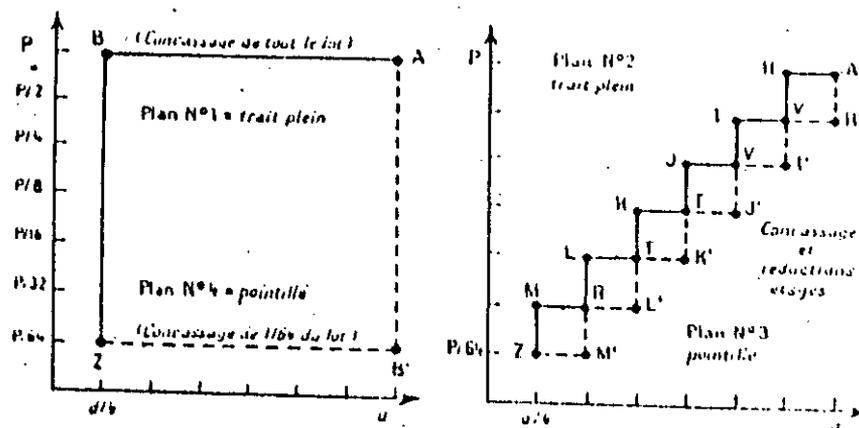
$$S_i^2 = S^2 + S_S^2 + S_A^2$$

S_S^2 : l'erreur d'ue a l'échantillonnage.

S_A^2 : l'erreur d'ue aux essais.

La formule de GY est valable en pratique, si le poids de l'échantillon est de moins de (1/10) du poids du lot initial.

Un exemple donné par GY illustre clairement l'intérêt du concassage des lots importants. Il faut réduire un lot de poids P et de dimension D (point A) à un lot de poids P/64 et de dimension D/4 (point Z), les lignes horizontales représentent les concassages, les verticales, les réductions de poids.



Si l'erreur commise est considérée comme inconnue, on peut fixer la variance de l'erreur à ne pas dépasser, et, calculer la masse nécessaire de l'échantillon, ou encore fixer la variance et la masse, et calculer la dimension d à laquelle il y a lieu de concasser le lot entier avant l'échantillonnage, pour satisfaire aux conditions requises.

2- Calcul de l'erreur :-

Examinons l'échantillonnage d'un lot de solides morcelés manipulables :
on a démontré que l'erreur d'échantillonnage (variance de l'erreur)
pouvait s'exprimer par la variance S^2 de l'écart relatif:

$$\frac{a'-a}{a}$$

avec:

a' : La composition de l'échantillon.

a : La composition du lot

De la façon suivante , d'après l'expression de base :

$$S^2 = \left(\frac{1}{M'} - \frac{1}{M} \right) f g l m D^3$$

avec

M' : masse échantillon;

M : masse du lot à échantillonner.

Cette formule serait vide de sens, s'il n'était pas possible d'accéder facilement aux valeurs prises par les divers paramètres (f , g , l , m , d).

Il est donc possible de déterminer a priori, à l'aide des éléments dont on dispose en général après examen sommaire du lot , l'erreur qui sera commise au cours de l'échantillonnage .

De cette théorie, il sera possible de tirer des règles, concernant soit la masse à donner à l'échantillon , soit la dimension à laquelle on doit concasser ou broyer le lot avant échantillonnage , quand on se fixe l'erreur qu'on désire à ne pas dépasser.

On peut résoudre tous ces problèmes soit algébriquement à l'aide des formules qui ont été données, soit graphiquement à l'aide d'un jeu d'abaques , soit de la façon la plus simple à l'aide d'un monogramme d'échantillonnage des minerais.

3-APPLICATION DE LA METHODE DE GY :

La méthode d'échantillonnage créée par GY est utilisée pour calculer la grosseur d'un échantillon nécessaire, permettant d'établir le degré d'exactitude demandé. La méthode prend en considération la taille des particules, la teneur, le degré de libération et la forme des particules.

Par la formule de GY, on peut déterminer à chaque stage de division d'échantillon, le poids nécessaire d'échantillon.

EXEMPLE.

On considère pour l'instant, un minéral du plomb essayé environ à 5% de pb, ou toutes sont échantillonnées par des essais du degré de confiance $\pm 1\%$ de pb et de probabilité en moins 95%, la galène est essentiellement libérée par la gangue du quartz quand le diamètre de la particule est de 0.015 cm.

Si l'échantillonnage est chargé durant le concassage quand la plus grande taille du minéral est 25 mm, donc :

$$d = 2.5 \text{ cm}$$

$$2 \times S = 0.1 / 5 = 0.02$$

donc :

$$S = 0.01$$

$$l = (0.015/2.5)^{0.5} = 0.077$$

Supposant que la galène est Pbs, le minéral est donc composé de 5.8% de Pbs, d'où:

$$a = 0.058, \quad r = 7.5, \quad t = 2.65$$

donc :

$$m = 117.8 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} c &= f \times g \times l \times m = 0.5 \times 0.25 \times 0.077 \times 117.8 \\ &= 1.13 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

$$M = \frac{C \times D^3}{S^2} = 176.6 \text{Kg}$$

Dans la pratique , il y a environ 350 kg de minerai qui peuvent-être échantillonnés, pour donner des degrés de confiance exacts, et permettre pour les essais et pour l'élimination des erreurs dûes à l'échantillonnage mécanique.

Si toute fois, la matière à échantillonner est une pulpe de broyage, de libération de minéral, $d = 0.015 \text{ cm}$.

$$C = 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 117.8$$

$$= 29.45 \text{ g/cm}^3$$

$$M = \frac{C \times D^3}{S^2} = 1 \text{g}$$

On considère que l'échantillonnage de minerai au niveau du circuit de broyage, à une grande taille de 25 mm.

On suppose que l'échantillon est broyé selon trois (3) stages .5 mm, 1mm, et finalement pour les essais 0.04 mm et est échantillonné après chaque stage; donc, il y a eu au total 4 stages d'échantillonnage et l'écart de l'erreur totale pratique dans l'échantillonnage est la somme de l'écart d'erreur compris dans chaque stage :

$$S_t^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2$$

On suppose que l'erreur est la même dans tous les stages donc:

$$S_t^2 = 4 \times S_1^2$$

donc:

$$S_1^2 = S_2^2 = S_3^2 = S_4^2 = \frac{S_t^2}{4}$$

Puisque le degré de confiance dans l'essai de 5% est de $\pm 1\%$ pb, une probabilité de 95% doit être assurée.

$$S_t = 0.01$$

donc:

$$S_1^2 = S_2^2 = S_3^2 = S_4^2 = 0.25 \times 10^{-4}$$

Pour le stage d'échantillonnage de la particule de grand taille de 25mm:

$$M = \frac{1.13 \times 25^3}{0.25 \times 10^{-4}} = 706.3 \text{ Kg}$$

Pour le stage secondaire d'échantillonnage avec 5 mm, on trouve:

$$M = 12.8 \text{ kg}$$

Pour le stage tertiaire d'échantillonnage avec 1 mm, on trouve:

$$M = 228.2 \text{ g}$$

Pour le quatrième stage avec 0.004 mm, on trouve :

$$M = 0.04 \text{ g}$$

Afin de pouvoir obtenir un poids déterminé d'échantillon final, l'effet dans les autres stages va être calculé par la formule de GY.

Durant tous les stages d'échantillonnage, on a supposé une erreur statistique égale; cependant dans la pratique, les erreurs réduites par chaque stage ne sont pas les mêmes (des grandes erreurs pour les grandes tailles).

On suppose que le poids de l'échantillon final soit $M = 0.5 \text{ g}$ donc:

$$S_4^2 = \frac{0.5 \times 0.25 \times 1 \times 0.004^3 \times 117.8}{0.5} = 2 \times 10^{-6}$$

$$S_t^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2 = 0.01$$

donc, l'erreur statistique obtenue par les trois premiers stages est :

$$\begin{aligned} S_t^2 - S_4^2 &= S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 = 10^{-2} \\ &= 9.99 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

On peut Donc calculer le poids nécessaire pour le premier stage, le second stage et le troisième stage, soient:

$$M3 = 348.84 \text{ g}$$

$$M2 = 19.50 \text{ kg}$$

$$M1 = 1090.13 \text{ kg}$$

Si ,on suppose maintenant que le poids de l'échantillon dans le troisième stage soit égal à $M3 = 500 \text{ g}$, on trouve :

$$S_3^2 = 10^{-5}$$

L'erreur statistique pour les deux premiers stages est :

$$\begin{aligned} S_1^2 + S_2^2 &= S_t^2 - S_4^2 - S_3^2 \\ &= 9.97 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

, On trouve Donc :

$$M2 = 16.94 \text{ kg}$$

$$M1 = 946.99 \text{ kg}$$

Si on suppose finalement que le poids de l'échantillon dans le second stages soit égale à $M_2 = 50 \text{ kg}$, on trouve : $M_1 = 570.06 \text{ kg}$.

D'après cet exemple, on peut planifier un système d'échantillonnage qui est le suivant :

On concasse 1.5 tonnes de minerais à 5 mm, et on prélève 25 kg comme échantillon. Cet échantillon est concassé ensuite à 1 mm, et, on prélève 500g comme échantillon, qui sera finalement broyé, pour obtenir un diamètre de 40 μm pour un grain, et on prélève 0.5g d'échantillon final.

CHAPITRE V :

Commentaire sur le programme de la
méthode de GY.

Commentaire sur le programme de la méthode de GY:

Tout le monde admet qu'il n'existe pas des relations pratiquement utilisées, entre les caractéristiques d'un minerai, le taux d'échantillonnage et les paramètres de la distribution de l'erreur commise.

Pour cela, GY pense qu'il faut aider l'échantillonneur (homme), en lui donnant les moyens, qui lui permettent de résoudre sans difficulté l'un des problèmes d'échantillonnage suivant :

*- Si on fixe l'erreur, qu'on tolère, et si on doit échantillonner le minerai, présentant une certaine dimension, quelle masse minimale d'échantillon doit-on prélever ?

Pour résoudre le problème, un programme informatisé, servant de support à la théorie de GY a été développé. résoudre le problème posé. Ce programme est écrit en langage Basic de 178 lignes, contenant un programme principal et 3 sous-programmes.

Le programme principal comporte 2 parties, en se basant sur les calculs et les données suivantes :

- 1- l'intervalle de confiance.
- 2- Le nombre des stages d'échantillonnage.
- 3- L'essai approximatif.
- 4- métal contenu dans le minerai.
- 5- Le maximum d'erreur acceptable.
- 6- La dimension maximale des grains dans les minerais.
- 7- La densité du minerai.
- 8- La densité moyenne de la gangue.
- 9- La rangée de la taille de matériau à échantillonner.
- 10- La plus grande taille du grain du lot*.
- 11- La plus grande taille du grain de l'échantillon dans chaque étage.

*- Première partie du programme principal:

Elle comporte 76 lignes, nous donnant le poids minimal nécessaire de l'échantillon prélevé dans chaque étage d'échantillonnage, par la formule de GY. Ce poids est multiplié par un facteur de sécurité, qui est égale à 2.

On a supposé, dans cette partie, que les erreurs commises dans chaque étage soient égales.

*- deuxième partie du programme principal :

Elle comporte 54 lignes . Ici , on propose le poids désiré du dernier étage et on calcule les poids nécessaires pour les autres étages; ensuite , on propose le poids désiré de l' avant dernier étage, et on calcule les poids nécessaires pour les autres étages , et ainsi de suite , jusqu'à la proposition de poids de l'échantillon secondaire et le calcul du poids nécessaire du lot à échantillonner .

*- Le premier sous-programme :

Il est destiné à calculer le paramètre de libération (I) du minerai . IL comporte 4 lignes .

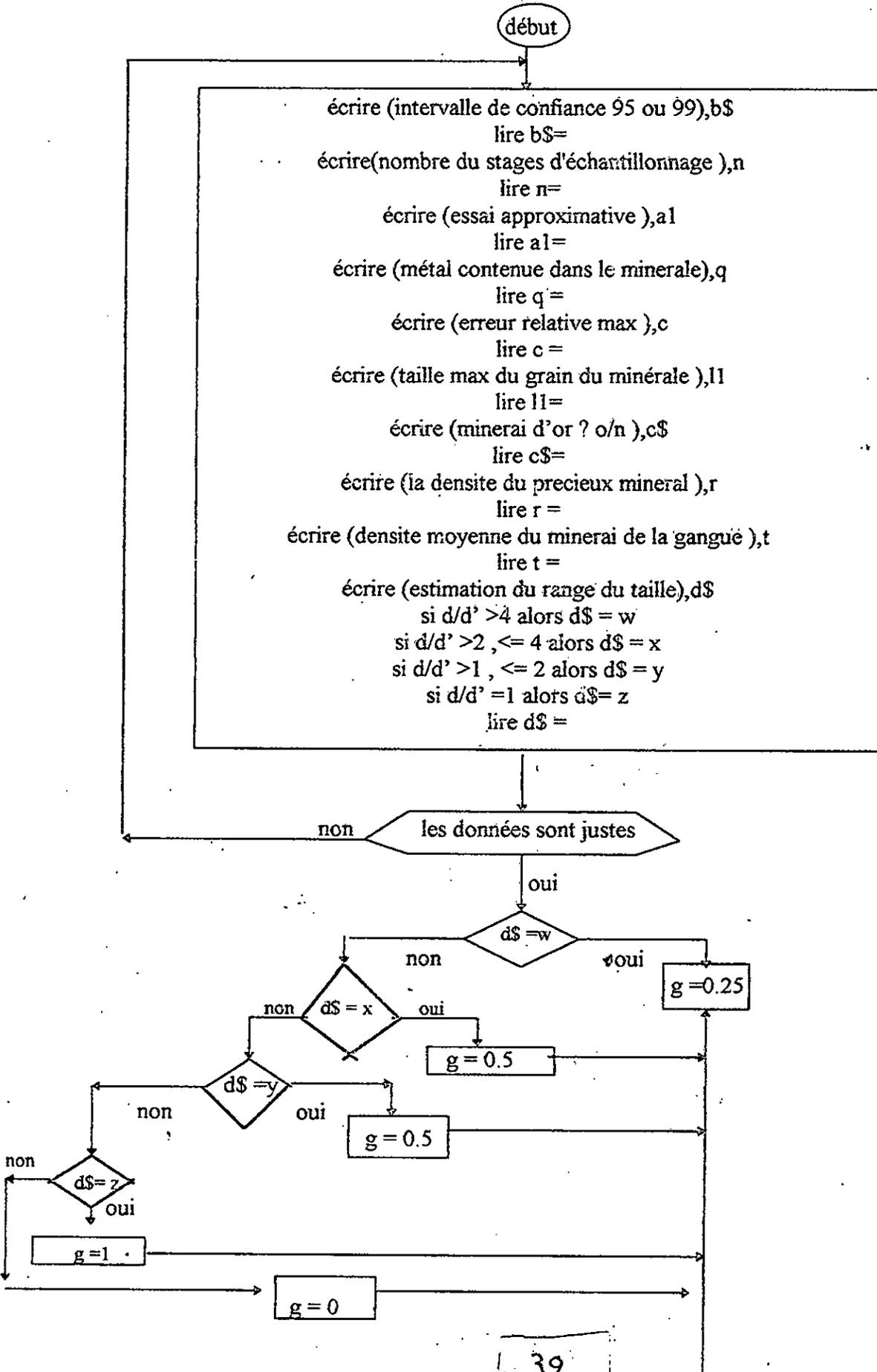
*- Le deuxième sous-programme :

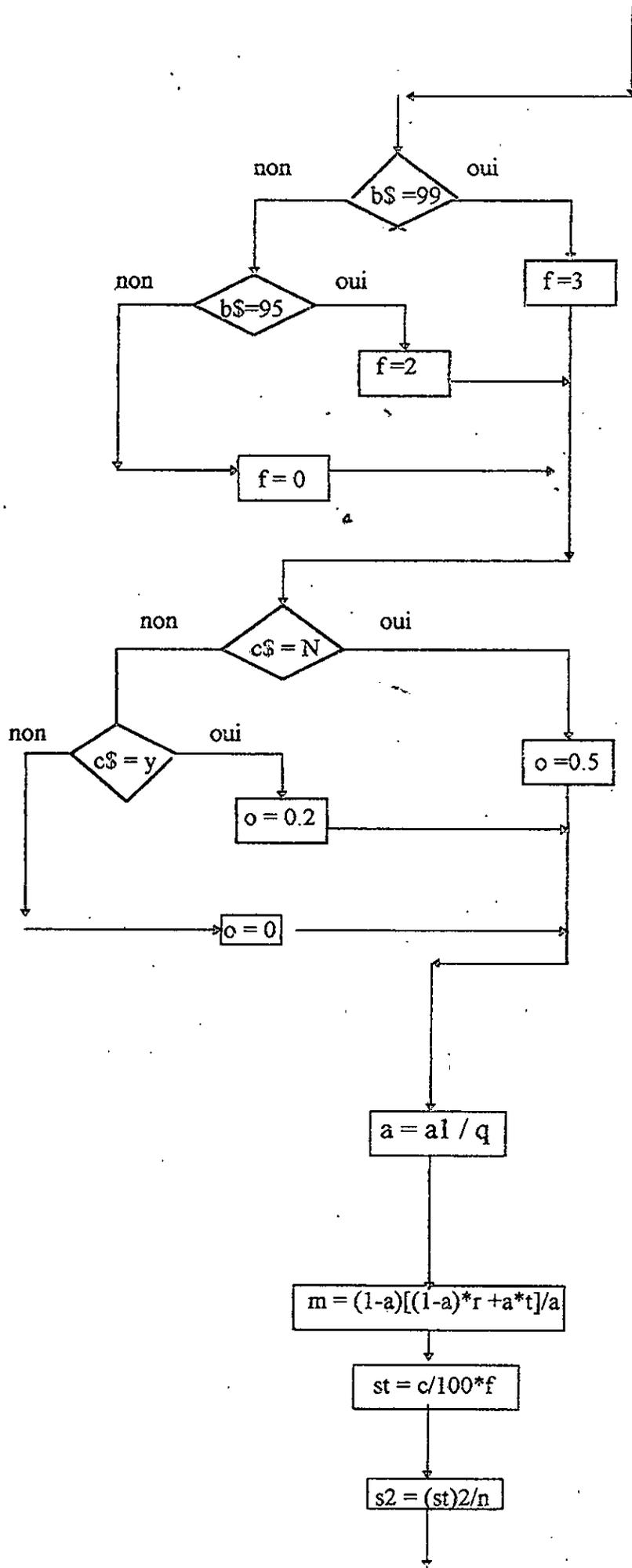
Il est fait seulement pour afficher , les données, qui sont utilisées pour les calculs , dans un tableau .

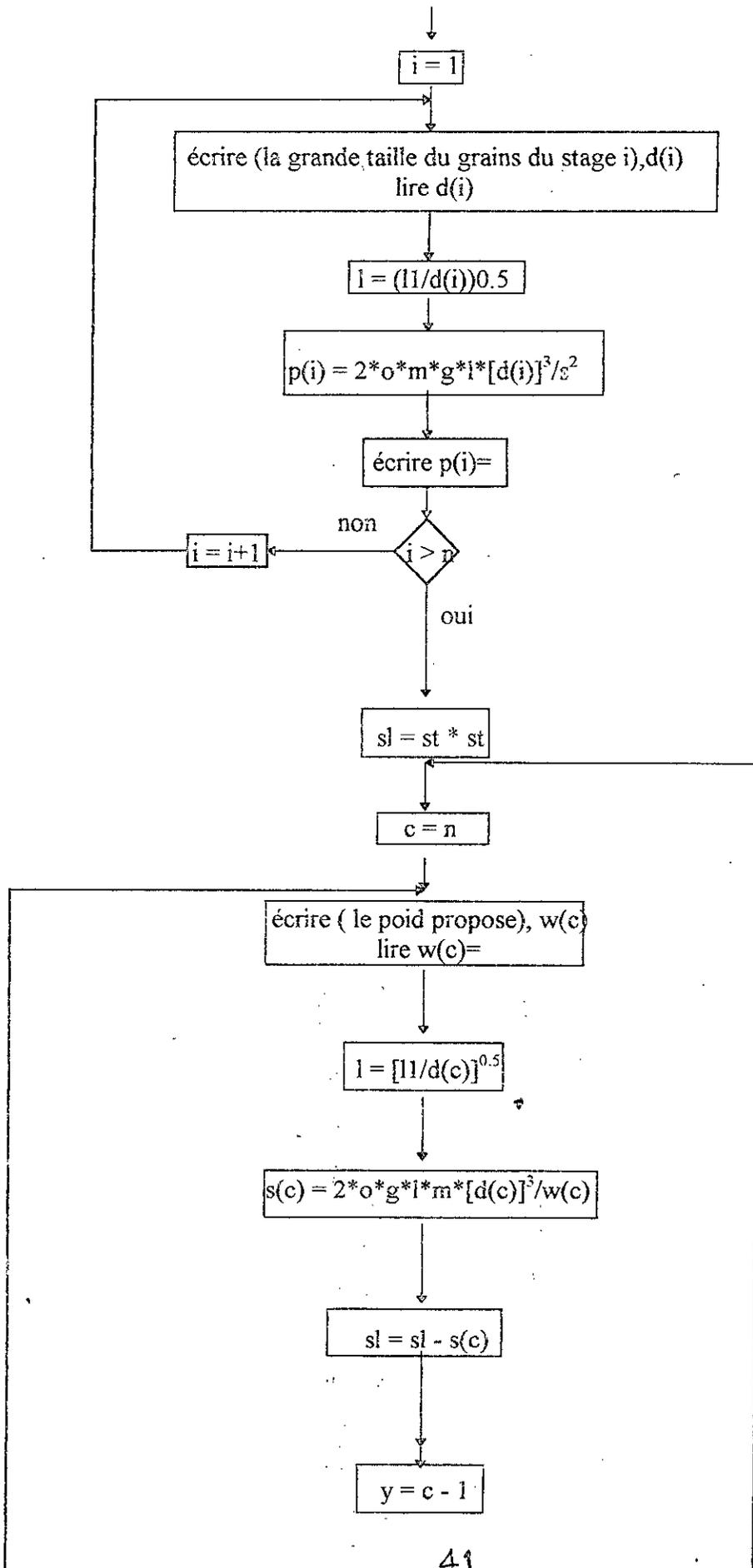
*- Le troisième sous-programme :

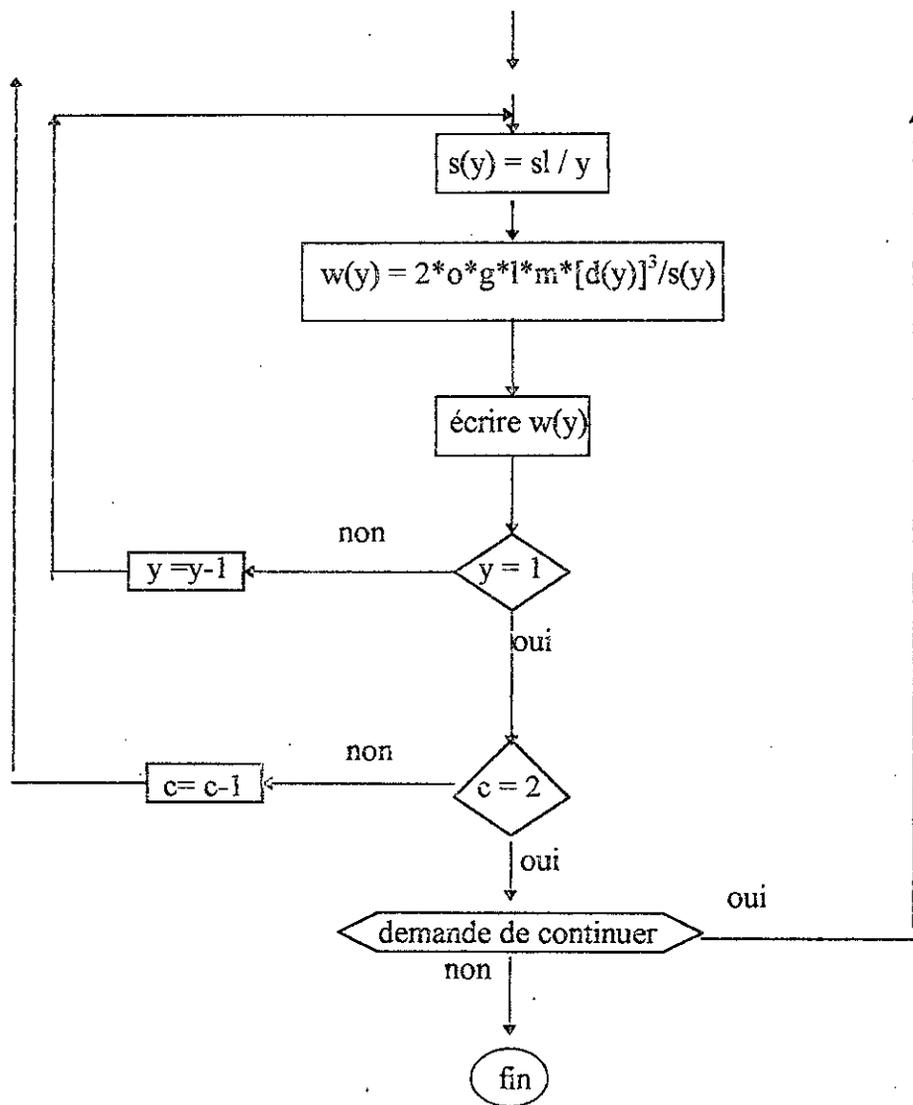
Il est fait pour corriger les données précédentes, s'il y a une faute . Il comporte 24 lignes .

Organigramme









Programme

```
10 REM taille d'échantillon par la formule de Gy-B.WILLS 1982
20 REM de P.Gy SAMPLING OF PARTICULATE MATERIALS
30 PRINT : PRINT TAB(9); "la formule d'échantillonnage de Gy"
40 PRINT TAB(9); "*****"
50 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT "ce programme va nous donner le min"
60 PRINT "poids nécessaire d'échantillons"
70 PRINT "dans quelque stages d'échantillonnages"
80 PRINT "ce poids qui est déterminé par la formule"
90 PRINT "de Gy est multiplie par un facteur"
100 PRINT "de sécurité égale à 2, pour l'échantillonnage"
110 PRINT "courant, un intervalle de confiance du 95%"
120 PRINT "dans les résultats va être acceptable, mais"
130 PRINT "pour le but du recherche ou la grande"
140 PRINT "précision d'échantillonnage est nécessaire"
150 PRINT "alors 99% doit être nécessaire."
160 PRINT : PRINT : PRINT : INPUT " taper entrer pour continuer le programme ", z$
170 PRINT : PRINT "écrire les données suivantes: ": PRINT
180 INPUT "intervalle de confiance,95% ou 99%(95/99) "; b$
190 PRINT "nombre du stage d'échantillonnages, compris"
200 INPUT "l'échantillonnage primaire", n
210 INPUT "essai approximative,%", h
220 INPUT "métal contenue dans le minerai,%", q
230 INPUT "l'erreur max acceptable,%", c
240 PRINT "approximativement la taille max du grain"
250 INPUT "dans le minerai,CMS.", j
260 INPUT "est-ce-que le minerai d'or? o/n", c$
270 INPUT "densite de minerai,kg/l", r
280 INPUT "densite moyenne de la gangue minéralisée,KG/l", t
290 PRINT : PRINT : PRINT "Quelle est l'estimation de la rangée de la taille"
300 PRINT "du materiaux?(càd d/d',ou D=95% après le prélèvement,"
310 PRINT "et D'=95% avant le prélèvement.)"
320 PRINT : PRINT "si D/D'est>4,alors écrire 'w'"
330 PRINT : PRINT "si D/D' est >2<=4,alors écrire'x'"
340 PRINT : PRINT "si D/D' est>1<=2,alors écrire'y'"
350 PRINT : PRINT "si D/D' est 1,alors écrire 'z'"
360 PRINT "si D/D' est 1,alors écrire 'z'"
370 PRINT : PRINT : INPUT a$
380 DIM d(n): PRINT
390 PRINT "la plus grande taille du grains dans le lot(cms.)"
400 INPUT d(1): PRINT : PRINT
410,IF n = 1 THEN 460
420 FOR b = 2 TO n
430 PRINT "la plus grande dimension du grains dans l'échantillon du stage"; b; "(cms)"
440 INPUT d(b): PRINT : PRINT
450 NEXT b
460 GOSUB 1850
470 IF ac$ = "faut" THEN GOSUB 1550: GOTO 460
```

```

480 IF b$ = "95" THEN f = 2
490 a = h / q
500 IF b$ = "99" THEN f = 3
510 IF c$ = "n" THEN o = .5
520 IF c$ = "o" THEN o = .2
530 IF d$ = "w" THEN g1 = .25
540 IF d$ = "x" THEN g1 = .5
550 IF d$ = "y" THEN g1 = .75
560 IF d$ = "z" THEN g1 = 1
570 st = c / (100 * f)
580 m = (1 - a) * ((1 - a) * r + a * t) / a
590 PRINT : PRINT "stage"; TAB(23); "grande taille"; TAB(39); "poids"
600 PRINT "d'échantillonnage"; TAB(26); "cms"; TAB(39); "d'échantillon"
610 PRINT : PRINT
620 FOR i = 1 TO n
630 IF i > 1 THEN g = .25: GOTO 650
640 g = g1
650 REM la taille après le concassage
660 d = d(i)
670 s2 = st * st / n
680 GOSUB 1320
690 p = 2 * o * g * l * m * d * d * d / s2
700 IF p >= 1000 THEN p = p / 1000: e$ = "kg": GOTO 720
710 IF p < 1000 THEN e$ = "g"
720 PRINT TAB(2); i; TAB(16); d;
730 REM le poids nécessaire d'échantillon
740 PRINT TAB(39); p; e$
750 REM continu le programme
760 NEXT i
770 PRINT : PRINT : PRINT "taper entrer pour continuer le programme"
780 INPUT FFS: PRINT
790 PRINT "le poids obtenue est assum, très loin que"
800 PRINT "le vrais poids car on a suppos, durant tous"
810 PRINT "les stages une erreur statistique égale."
820 PRINT "le matériau nécessaire pour que les "
830 PRINT "gros tailles peuvent être réduit par augmentation"
840 PRINT "du totale des échantillons pris avec des tailles"
850 PRINT "fines à ce poit les erreurs qui vont être "
860 PRINT "réduit pour les tailles fines permettent"
870 PRINT "des gros erreurs pour les gros tailles mais"
880 PRINT "donnent un totale d'erreur constant déterminée"
890 PRINT "cette partie du programme permet du changer"
900 PRINT "un poids prélevé dans certain stage d'échantillonnage"
910 PRINT "qui vont être manifester . "
920 PRINT "taper entrer après certain changement dans "
930 PRINT "l'ordre de faire un autre changement, queique"
940 PRINT "poids satisfaits sont obtenue."
950 PRINT "taper entrer pour un autre changement, "
960 PRINT "après que les poids voulus sont obtenue."
970 PRINT "re-démarre le programme si le nombre "
980 PRINT "du stage doit être changer."

```

```

990 PRINT "taper entrer pour continuer."
1000 INPUT as$: DIM w(n)
1010 DIM s(n)
1020 sl = st * st
1030 FOR z = n TO 2 STEP -1
1040 g = .25
1050 PRINT : PRINT "le poids proposé du stage "; z; " (gms) "
1060 INPUT w(z): d = d(z)
1070 GOSUB 1320
1080 s(z) = 2 * o * g * l * m * d * d * d / w(z)
1090 sl = sl - s(z)
1100 FOR y = z - 1 TO 1 STEP -1
1110 IF y = 1 THEN g = g1
1120 d = d(y)
1130 GOSUB 1320
1140 s(y) = sl / (z - 1)
1150 w(y) = 2 * o * g * l * m * d * d * d / s(y)
1160 NEXT y
1170 PRINT : PRINT "stage"; TAB(23); "grande taille"; TAB(39); "poids"
1180 PRINT "d'échantillonnage"; TAB(26); "cms."; TAB(39); "d'échantillon"
1190 PRINT : PRINT : FOR k = 1 TO n
1200 PRINT TAB(2); k; TAB(26); d(k);
1210 IF w(k) >= 1000 THEN w(k) = w(k) / 1000: e$ = "kg": GOTO 1230
1220 IF w(k) < 1000 THEN e$ = "g"
1230 REM bbc format pour donner 2 chiffres après la virgule
1240 PRINT TAB(39); w(k); e$
1250 NEXT k: REM bbc format pour retourner à la forme normale
1260 IF z = 2 THEN 1290
1270 INPUT "taper entrer pour un autre changement du poids", o$
1280 NEXT z
1290 INPUT "voulez vous répéter la procedure ? o/n", a$
1295 IF a$ = "o" THEN GOTO 1020
1300 IF a$ = "n" THEN PRINT "mercie"
1305 END
1310 REM subroutine
1320 l = (j / d) ^ .5
1330 IF l > 1 THEN l = 1
1340 RETURN
1350 REM subroutine
1360 PRINT : PRINT : PRINT " table des données"
1370 PRINT " *****"
1380 PRINT "nom"; TAB(30); "données"; TAB(40); "code"
1390 PRINT : PRINT " inter. conf"; TAB(30); b$; TAB(40); "1"
1400 PRINT "no.stages"; TAB(30); n; TAB(40); "2"
1410 PRINT "essai"; TAB(30); h; TAB(40); "3"
1420 PRINT "métal dans minerai"; TAB(30); q; TAB(40); "4"
1430 PRINT "essai erreur"; TAB(30); c; TAB(40); "5"
1440 PRINT "taille du grain"; TAB(30); j; TAB(40); "6"
1450 PRINT "minerai d'or?"; TAB(30); c$; TAB(40); "7"
1460 PRINT "densite de minerai"; TAB(30); r; TAB(40); "8"
1470 PRINT "densite de la gangue"; TAB(30); t; TAB(40); "9"

```

```

1480 PRINT "rangée de la taille"; TAB(30); d$; TAB(40); "10"
1490 FOR ab = 1 TO n
1500 PRINT "la taille dans le stage"; ab; TAB(30); d(ab); TAB(40); 10 + ab
1510 NEXT ab
1520 PRINT : PRINT : PRINT "taper entre si les données sont justes"
1530 INPUT "écrit faut pour la correction des données", ac$
1540 RETURN
1550 REM subroutine
1560 PRINT : PRINT : PRINT " correction du données"
1570 PRINT " *****"
1580 INPUT "entrer le code du valeur qui va être corrigée ", c1
1590 IF c1 = 1 OR c1 = 7 OR c1 = 10 THEN 1720
1600 INPUT "donner la valeur correcte", ae
1610 IF c1 = 2 THEN n = ae
1620 IF c1 = 3 THEN h = ae
1630 IF c1 = 4 THEN q = ae
1640 IF c1 = 5 THEN c = ae
1650 IF c1 = 6 THEN j = ae
1660 IF c1 = 8 THEN r = ae
1670 IF c1 = 9 THEN t = ae
1680 FOR af = 1 TO n
1690 IF c1 = 10 + af THEN d(af) = ae
1700 NEXT af
1710 GOTO 1760
1720 INPUT "donner la valeur correcte", ae$
1730 IF c1 = 1 THEN b$ = ae$
1740 IF c1 = 7 THEN c$ = ae$
1750 IF c1 = 10 THEN d$ = ae$
1760 INPUT "des autre correction à faire?o/n ", ag$
1770 IF ag$ = "o" THEN 1580
1780 RETURN

```

Exécution

la formule d'échantillonnage de Gy

ce programme va nous donner le min
poids nécessaire du échantillons
dans quelque stages d'échantillonnages
ce poids qui est détermine par la formule
de Gy est multiplie par un facteur
de sécurite égale à 2.pour l'échantillonnage
courant, un intervalle de confiance du 95%
dans les résultats va être acceptable, mais
pour le but du recherche ou la grande
précision d'échantillonnage est nécessaire
alors 99% doit être nécessaire.

taper entrer pour continuer le programme

écrire les données suivantes:

intervalle de confiance, 95% ou 99%(95/99) ? 95

nombre du stage d'échantillonnages, compris
l'échantillonnage primaire 4

éssai approximative, %5

métal contenue dans le minerai, %86.6

l'erreur max acceptable, %2

approximativement la taille max du grain
dans le minerai, CMS.0.015

est-ce-que le minerai d'or? o/n n

densite de minerai, kg/17.5

densite moyenne de la gangue minéralisée, KG/12.65

si D/D' est $>2 \leq 4$, alors écrire 'x'

si D/D' est $>1 \leq 2$, alors écrire 'y'

si D/D' est 1, ; alors écrire 'z'

si D/D' est 1, alors écrire 'z'

? w

la plus grande taille du grains dans le lot(cms.)

? 2.5

la plus grande dimension du grains dans l'échantillon du stage 2 (cms)
? 0.5

la plus grande dimension du grains dans l'échantillon du stage 3 (cms)
? 0.1

la plus grande dimension du grains dans l'échantillon du stage 4 (cms)
? 0.004

table des données

nom	données	code
inter. conf	95	1
no.stages	4	2
essai	5	3
métal dans minerai	86.6	4
essai erreur	2	5
taille du grain	.015	6
minerai d'or?	n	7
densite de minerai	7.5	8
densite de la gangue	2.65	9
rangée de la taille	w	10
la taille dans le stage 1	2.5	11
la taille dans le stage 2	.5	12
la taille dans le stage 3	.1	13
la taille dans le stage 4	.004	14

taper entre si les données sont justes
écrit faut pour la correction des données

densite de minerai	7.5	8
densite de la gangue	2.65	9
rangée de la taille	w	10
la taille dans le stage 1	2.5	11
la taille dans le stage 2	.5	12
la taille dans le stage 3	.1	13
la taille dans le stage 4	.004	14

taper entre si les données sont justes
écrit faut pour la correction des données

stage d'échantillonnage	grande taille cms	poids d'échantillon
1	2.5	1426.105 kg
2	.5	25.51095 kg
3	.1	456.3537 g
4	.004	7.541123E-02 g

taper entrer pour continuer le programme
?

?

le poids obtenue est assumé très loin que le vrais poids car on a supposé durant tous les stages une erreur statistique égale. le matériau nécessaire pour que les gros tailles peuvent être réduit par augmentation du totale des échantillons pris avec des tailles fines à ce point les erreurs qui vont être réduit pour les tailles fines permettent des gros erreurs pour les gros tailles mais donnent un totale d'erreur constant déterminée cette partie du programme permet de changer un poids prélevé dans certain stage d'échantillonnage qui vont être manifester . taper entrer après certain changement dans l'ordre de faire un autre changement, quelque poids satisfaits sont obtenue. taper entrer pour un autre changement, après que les poids voulés sont obtenue. re-démarré le programme si le nombre du stage doit être changer. taper entrer pour continuer.
?

le poids proposé du stage 4 (gms)
? 1.0

? 1.0

stage d'échantillonnage	grande taille cms.	poids d'échantillon
1	2.5	1090.131 kg
2	.5	19.50086 kg
3	.1	348.8419 g
4	.004	1 g

taper entrer pour un autre changement du poids

le poids proposé du stage 3 (gms)
? 500

stage d'échantillonnage	grande taille cms.	poids d'échantillon
1	2.5	946.9865 kg
2	.5	16.94021 kg
3	.1	500 g
4	.004	1 g

taper entrer pour un autre changement du poids

stage d'échantillonnage	grande taille cms.	poids d'échantillon
----------------------------	-----------------------	------------------------

1	2.5	946.9865 kg
2	.5	16.94021 kg
3	.1	500 g
4	.004	1 g

taper entrer pour un autre changement du poids

le poids proposé du stage 2 (gms)
? 50000

stage d'échantillonnage	grande taille cms.	poids d'échantillon
----------------------------	-----------------------	------------------------

1	2.5	570.0631 kg
2	.5	50 kg
3	.1	500 g
4	.004	1 g

voulez vous répèter la procedure ? o/n n

mercie

Appuyez sur une touche pour continuer

Conclusion .

Conclusion :

L'étude, que nous avons menée, est essentiellement qualitative; elle a pour objet d'examiner, par un exemple simple, quel doit être le poids nécessaire de l'échantillon pour chaque étage , en se basant sur l'erreur de l'échantillonnage appliquée .

D'un point de vue théorique , seuls les étages d'échantillonnage provoquent des erreurs .

D'un point de vue pratique , tous les étages et toutes les manipulations réalisées sur le lot et les échantillons successifs sont susceptibles d'introduire des erreurs .

En entreprenant notre étude , notre objectif était de comprendre, comment naissent les erreurs d'échantillonnage; pour cela , il faut bien comprendre les mécanismes profonds de l'échantillonnage et maîtriser ces erreurs .

Rappelons qu'il n'existe pas d'appareils qui conviennent à tous les cas possibles , et, qui respectent le modèle quelles que soient les conditions d'utilisation

La méthode d'échantillonnage créée par GY donne les moyens qui permettent à l'ingénieur de résoudre sans difficulté, l'un des problèmes suivants:

- Les conditions de l'échantillon ;
- La masse minimale d'échantillon .

Le programme de GY, nous donne le minimum poids de l'échantillon prélevé, mais il nous ne donne pas le nombre d'échantillons qu'on doit prélever .

Si l'ingénieur prélève une masse inférieure à celle que lui indique la théorie , il commettra une erreur supérieure à celle qu'il accepte , quel que soit la qualité de son travail.

Disons que le concassage et le broyage sont coûteux; pour cela il faut avoir exactement la dimension calculée par la méthode de GY , et non pas celle supérieure ou inférieure à cette taille .

En conclusion , c'est dans l'échantillonnage qu'il faut investir pour améliorer la précision d'estimation et non pas dans l'analyse.

Le programme de GY peut être développé dans le futur par d'autres étudiants, pour que les paramètres f , g , l , m puissent être calculés directement avec moins de données , en ajoutant aussi des

tables de probabilité ,sans oublier le nombre d'échantillons nécessaire au prélèvement.

ANNEXE I

Le sujet que nous nous sommes étudié était beaucoup trop vaste pour que tous les problèmes soient cernés, que toutes ses parties puissent être traitées en détail. Dans le but de donner des notions, qui permettent d'adapter des résultats à ces problèmes, nous montrons comment faut-il calculer la variance de l'erreur fondamentale, à partir des propriétés principales du lot à échantillonner, supposées connues.

Considérons un lot de population de n individus; chacun à sa masse m_i et sa teneur a_i

- La teneur a :

$$a = \frac{\sum_n a_i \times m_i}{\sum_n m_i}$$

- La masse du lot :

$$M = \sum_n m_i$$

- La masse relative de chaque fragment :

$$\pi_i = m_i / M$$

- La quantité p_i :

$$p_i = a_i \cdot m_i / a \cdot M$$

p_i est la proportion d'élément, contenue dans l'individu d'indice i .

donc :

$$\sum p_i = 1 \text{ et } \sum \pi_i = 1$$

La teneur (a') de l'ensemble de p fragments prélevés sur le lot est:

$$\bar{a} = \frac{\sum_n a_i m_i}{\sum_n m_i}$$

$$a' = a \sum p_i / \sum \pi_i$$

- L'écart est $a' - a / a = (M/M') \times \sum (p_i - \pi_i)$

-- Valeur centrale de distribution de l'écart :

$E(a' - a / a) = 0$ (régime aléatoire)

$E(a' - a / a) \neq 0$ (régime préférentiel)

erreur systématique

variance de distribution de l'écart :

$$\sigma^2 = E(a' - a / a)^2$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{M}{M'} - 1\right) \sum_n \pi_i^2 \left(\frac{a_i - a}{a}\right)^2 \quad [1]$$

Dans le titre de vérification :

$\sigma^2 = 0$ pour $M = M'$ (échantillon constitué par le lot lui-même)

$a_i = a$ (homogénéité absolue)

[1] est une équation inutilisable directement pour le calcul de variance de l'erreur commise.

- Son expression constitue le point de départ des calculs d'adaptation à chaque cas particulier .

- C'est ainsi pour le minerai courant , [1] à permis de calculer :

$$\sigma^2 = \left(\frac{1}{M'} - \frac{1}{M}\right) fglmd^3 a^2$$

$$S^2 = \sigma^2 / a^2$$

-Par cette formule on trouve l'équation d'échantillonnage de GY :

$$\frac{M \times M'}{M - M'} = fglm \frac{d^3}{S^2}$$

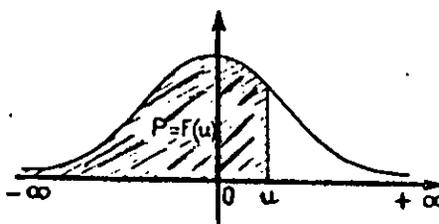
Le rapport M'/M est très petit , donc l'équation est simplifiée à :

$$M' = fglm \frac{d^3}{S^2}$$

f,g,l,m et d ayant les même désignations que celles de la méthode de GY.Des règles précises, basées sur l'expérience ont permis de définir la valeur à donner à ces paramètres dans chaque cas particulier.

ANNEXE II

FUNCTION DE REPARTITION DE LA LOI NORMALE REDUITE
(Probabilité de trouver une valeur inférieure à u)



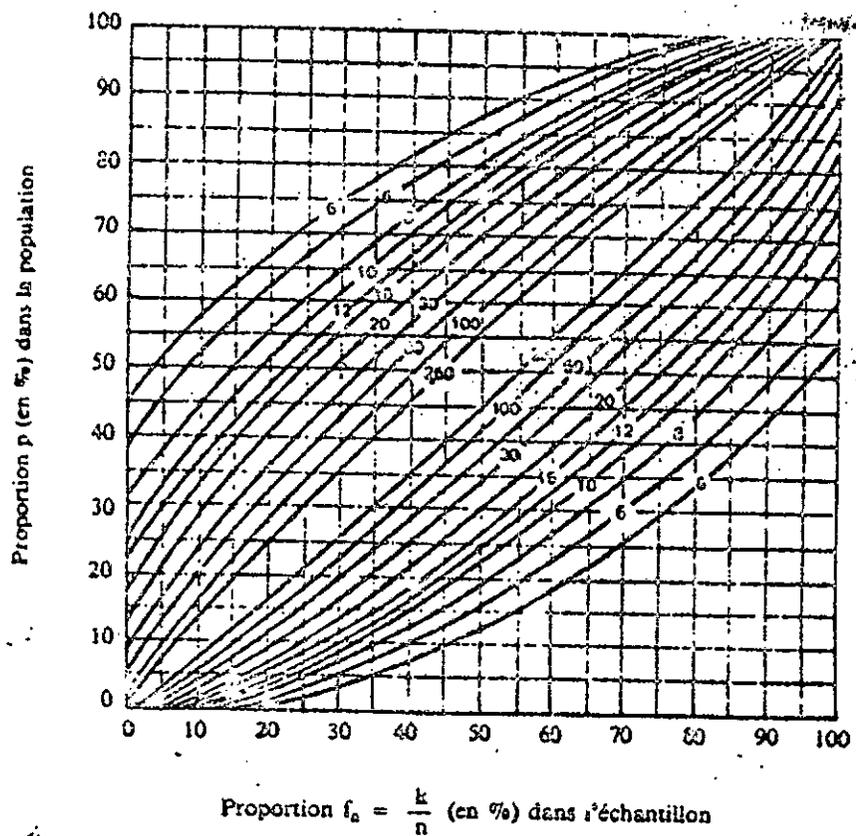
u	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6170	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7290	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9839	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986

Table pour les grandes valeurs de u

u	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	4,0	4,5
$F(u)$	0,99865	0,99904	0,99931	0,99952	0,99968	0,99976	0,99984	0,99992	0,99998	0,99997

Figure 2.2. Intervalles de confiance pour une proportion p (loi binomiale)

Intervalle bilatéral — Niveau de confiance 0,90 (90 %)



BIBLIOGRAPHIE

- [1] : *P. GY* - L'échantillonnage du minerai en vrac
Tome 1 : Théorie générale (1967)
Tome 2 : Théorie générale et erreurs opératoires (1971) .
- [2] : *M. David* - Géostatistical ore reserve estimation .
- [3] : Revue de mineral processing . Volume 3. N°4
- [4] : Revue de l'industrie minérale . Fevrier 1971 .
- [5] : *Taggart (A.F)* - Handbook of mineral dressing . Wiley , Section 19
- [6] : *Hanssen* - Sample survey methods and theory .
- [7] : *Sandier (J)* - Mise en valeur des gisements métallifères .
- [8] : *P. GY* - Echantillonnage
Techniques de l'ingénieur (1976)
- [9] : *Collectif (ouvrage)* - Ore reserve estimation and grade controle.
The canadien institute of mining , and métallurgy (1968) .
- [10] : Revue de l'industrie minérale . Vol . 47 - N°1 .
(Janvier 1965) .
- [11] : *B.R.G.M.* - Manuel de prospecteur minier . N°:2 - 1981 .
- [12] : *B.A Wills* - Mineral Processing Technology
4th edition