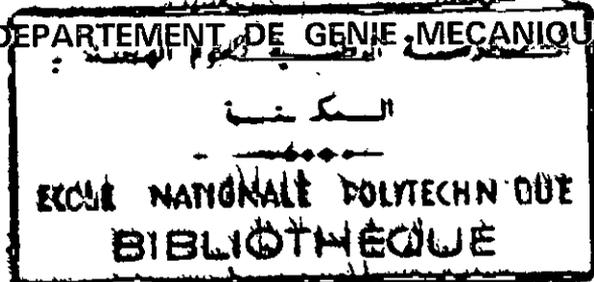


MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET DE TECHNOLOGIE HOUARI-BOUMEDIENE

5/82

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
DÉPARTEMENT DE GENIE MÉCANIQUE

1/4



# MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

*Étude d'une Installation Pilote  
de Préparation Mécanique  
de Minerais*

PROPOSE PAR :

A. BENHASSAINE  
H. KERDJOUJ

(Division Minéralurgie C.S.T.N.)

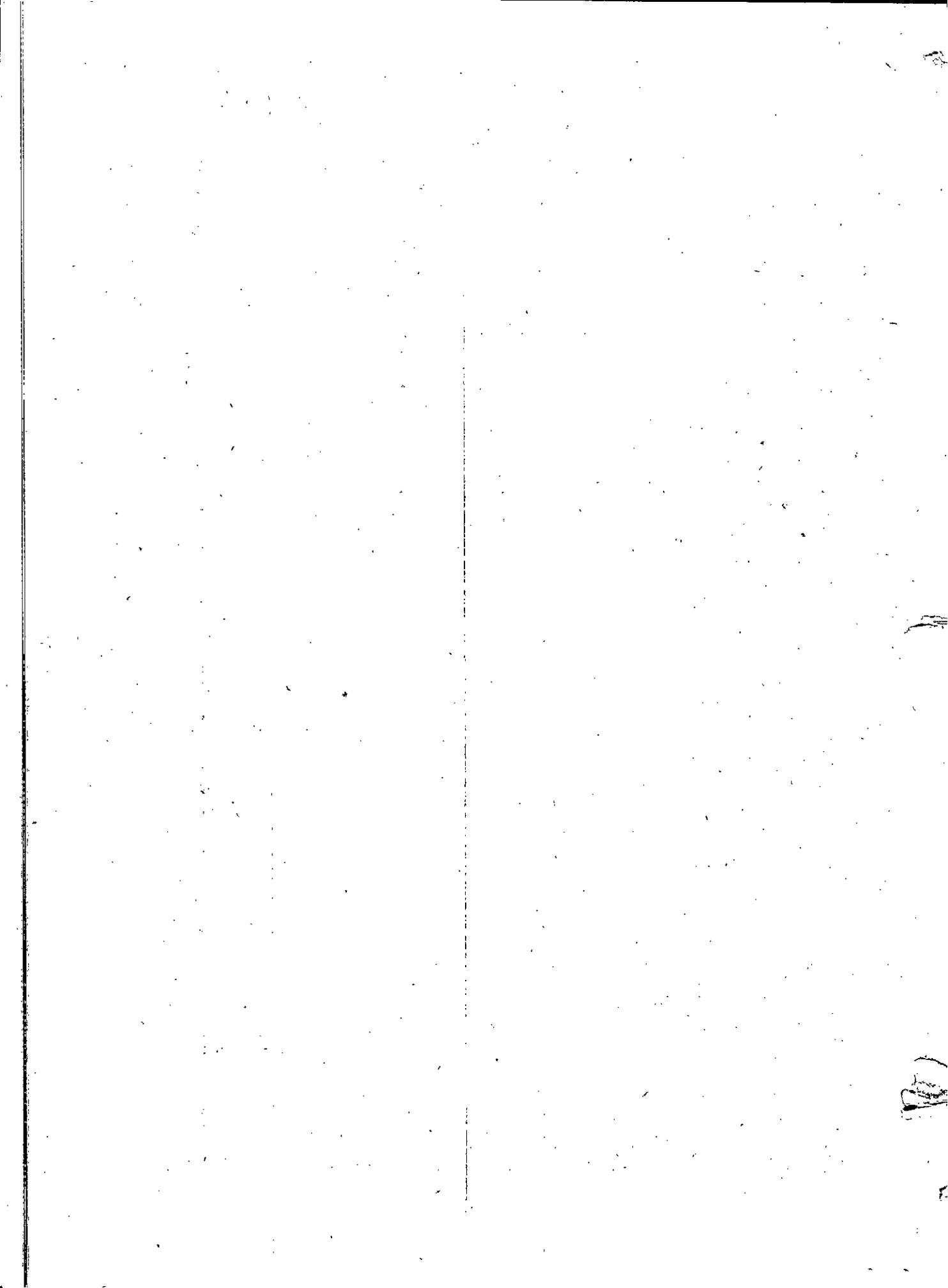
SUIVI PAR :

A. GREFKOWICZ

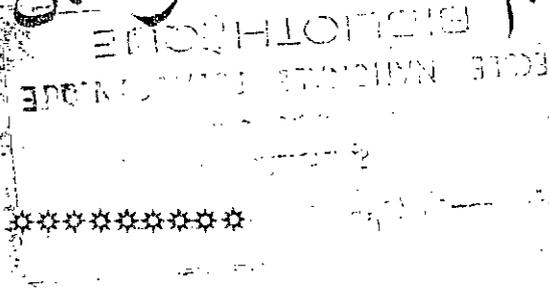
ÉTUDE PAR :

N. AIT MESSAOUDENE

JUIN 1982



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



قُلْ لَوْ كَانَ الْبَحْرُ مَدَادًا لِكَلِمَاتِ رَبِّي

لَنَفَذَ الْبَحْرُ قَبْلَ أَنْ تَنْفَذَ كَلِمَاتِ رَبِّي

وَلَوْ جُمْنَا بِمِثْلِهِ مَدَدًا

صَدَقَ اللّٰهُ الْعَظِیْمُ

\*\*\*\*\*

سُبْحٰنَكَ لَا عِلْمَ لَنَا بِمَا عَلَّمْتَنَا

إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِیْمُ الْحَكِیْمُ

\*\*\*\*\*  
\* DEDICACES \*  
\*\*\*\*\*

A ma mère

A mon père .

A mes frères et soeurs

A tous les miens

A tous les étudiants et en particulier ceux  
de la promotion de Juin 82 du département  
de Génie Mécanique de l'E.N.P.A

A quelques jours de la commémoration du 20<sup>eme</sup>  
anniversaire de l'indépendance nationale ,  
je dédie également ce modeste travail à  
la mémoire de nos chouhadas ainsi qu'à  
tous ceux qui oeuvrent avec abnégation  
à la consolidation de cette indépendance  
où qu'ils soient .

\*\*\*\*\*  
\* REMERCIEMENTS \*  
\*\*\*\*\*

En présentant ce travail , je tiens à remercier tous ceux qui y ont contribué de près ou de loin , même de la façon la plus modeste . Je remercie en particulier M<sup>r</sup> A. GREPKOWICZ pour les conseils combien précieux qu'il m'a prodigué et pour le devouement dont il a fait preuve pendant toute la durée du projet , j'espère qu'il trouvera dans ce modeste travail l'expression de mes profondes reconnaissance et admiration .

Je tiens aussi à remercier tous les enseignants qui, depuis ma première rentrée en classe, ont contribué à ma formation et ont fait en sorte que je puisse soutenir ce projet de fin d'études .

Mes remerciements vont également à mon cousin Djamel HADJ BOUSSAAD qui m'a permis d'accéder à ce sujet , M<sup>r</sup> BENHASSAINE et M<sup>r</sup> KERDJOUDJ ainsi qu'à la très dynamique équipe de la division 1 du C.S.T.N à laquelle je voue une très grande admiration .

Je remercie M<sup>r</sup> AGOUNI, NADRI, LABGAA, HAKEM DALA et GUEZANA auprès desquels j'ai trouvé une aide et un soutien très précieux ainsi que le personnel d'ARM à ALGER pour l'accueil très aimable qu'ils m'ont réservé et les conseils très utiles qu'ils m'ont prodigué .

Mes remerciements vont à tous mes amis et en particulier AZINE, KHAN, DRAI, BENMERZOUGA, ZAHAF et tous les autres .

TABLE DES MATIERES  
\*\*\*\*\*

Chapitre 1 - PRESENTATION DU SUJET.....	1
1.Division mineralurgie.....	1
2.Traitement des mineraux d'uranium.....	2
3.But de l'installation.....	2
4.Situation du projet.....	3
Chapitre 2 - GENERALITES SUR LA FRAGMENTATION- CLASSIFICATION.....	
1.Introduction.....	4
2.La fragmentation.....	5
2.1.definition.....	5
2.2.divers stades de la réduction.....	5
2.3.classification des appareils de fragmentation.....	5
A/Appareils opérant par écrasement...	6
B/Appareils opérant par frottement ou rapage.....	9
C/Appareils opérant par percussion...	10
D/Appareils opérant par cisaillement hachage ou déchiquetage.....	11
E/Appareils opérant par actions combinées.....	11
F/Appareils utilisant des procédés spéciaux.....	12
3.La classification.....	12
3.1.Définition.....	12
3.2.Surfaces de criblage.....	12

3.3.Principe de fonctionnement.....	14
3.4.Appareils de criblage.....	14
A1/Grilles et cribles statiques.....	14
A2/Grilles mécaniques.....	15
A3/Grilles vibrantes.....	15
A4/Cribles vibrants.....	15
A5/Trommels.....	17
4.Les installations d'ensemble.....	17
4.1.Determination des schémas opératoires.....	17
4.2.L'implantation des installations.....	18
4.3.Exemples d'installations d'ensemble.....	20
Chapitre 3 - CIRCUIT DES MINERAIS.....	22
1.Introduction.....	22
2.Schéma technologique proposé.....	23
3.Comparaison des deux schémas.....	23
4.Dispositions proposées.....	25
5.Circuit réel des minerais.....	26
5.1.Circuit réel du minerai dans la première solution.....	26
5.2.Circuit réel du minerai dans la deuxième solution.....	27
5.3.Comparaison des deux solutions suivant le schéma technologique.....	28
Chapitre 4 - SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES ADOPTÉES.....	31
1.Introduction.....	31
2.Manutention.....	31
2.1.Choix de la solution de manutention.....	31

2.2.description de la trémie.....	35
2.3.Description du chariot.....	37
3.Connexions.....	38
4.Alimentation.....	41
4.1.Justification de l'emploi d'alimentateurs.....	41
4.2.Choix de l'alimentateur du concasseur à mâchoires.....	42
4.3.Choix de l'alimentateur du broyeur et du concasseur secondaire.....	43
5.Constructions métalliques.....	44
Chapitre 5- DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES DEUX SOLUTIONS.....	48
1.Description des machines existantes.....	48
1.1.Concasseur primaire .....	48
1.2.Concasseur secondaire.....	49
1.3.Broyeur.....	50
1.4.Cribles.....	51
2.Description détaillée de la 1 <sup>o</sup> solution.....	53
3.Description détaillée de la 2 <sup>o</sup> solution.....	56
Chapitre 6- CALCUL TECHNOLOGIQUE.....	58
1.Définition , but et hypothèses de base.....	58
2.Premier passage .....	59
2.1.Concasseur primaire.....	59
2.2 Concasseur secondaire.....	62
2.3.Broyeur.....	64
2.4.Premier et deuxième crible.....	66

2.5. Interprétation des résultats.....	67
2.6. Schéma récapitulatif du 1° passage...	68
3. Deuxième passage.....	69
3.1. Broyeur.....	70
3.2. Premier et deuxième crible.....	71
3.3. Interprétations des résultats.....	71
3.4. Schéma récapitulatif du 2° passage....	72
4. Troisième passage.....	74
4.1. Premier et deuxième crible.....	74
4.2. Schéma récapitulatif du 3° passage...	74
5. Bilan final.....	76
6. Détermination du nombre de trémies nécessaires.	78
6.1. Première solution. ....	78
6.2. Deuxième solution.....	80
CONCLUSION.....	82

- INTRODUCTION -

La préparation mécanique des matériaux constituée par les opérations de fragmentation-classification est d'une très grande importance pour toutes les industries de base .

Les installations servant à ce but diffèrent tant par les quantités à traiter , la nature des matériaux , les conditions d'utilisation que par les résultats à obtenir .

Nous tenterons au cours de ce projet de faire une étude d'une installation bien spécifique de ce genre , étude qui pourra servir de base à la réalisation de cette installation .

Ce travail a été effectué à la Division Minéralurgie du C.S.T.M et répond à un besoin pratique et réel de cette division .

\*\*\*\*\*  
CHAPITRE 1  
\*\*\*\*\*

## PRESENTATION DU SUJET

### 1. DIVISION MINERALURGIE :

Le centre des sciences et de la technologie a confié en 1977 à la division minéralurgie l'étape concernant le traitement des minerais et matières premières nucléaires ; elle aboutit à la production de concentrés marchands appelés YELLOM - CARE .

Sa mission est donc d'adapter les schémas de traitement déjà existants aux conditions climatologiques , géographiques et humaines du sud de L'ALGERIE et à intégrer le plus possible la valorisation des minerais aux industries algériennes qui se situent en amont .

### 2. TRAITEMENT DE MINERAIS D'URANIUM :

Le traitement des minerais d'uranium constitue actuellement une industrie alliant à la fois les techniques de la minéralurgie et de l'hydro-métallurgie .

on rencontre dans tout traitement de minerais d'uranium les étapes suivantes :

- préparation mécanique du minerai .
- mise en solution de l'uranium ou lixiviation .

- séparation des liqueurs uranifères .
- précipitation chimique d'un concentré final .

La production de concentrés d'uranium se heurtera en ALGERIE à quatre contraintes fondamentales : les disponibilités en eau , les disponibilités en matières premières nécessaires aux traitements et le choix des procédés technologiques .

### 3. BUT DE L'INSTALLATION :

L'installation qui a fait l'objet de notre étude s'inscrit dans le cadre de la première étape de traitement des minerais : la préparation mécanique .

Au niveau de la concentration des minerais , c'est justement l'étape qui est la plus grande consommatrice d'énergie . C'est donc sur ce poste que peuvent se faire les économies les plus sensibles par l'amélioration énergétique du broyage et notamment par l'utilisation de granulométries grossières lors de la lixiviation et le choix de procédés et matériel les plus adaptés .

Pour cela , il a été décidé la construction d'un hall de fragmentation permettant l'installation de quatre chaînes de broyage de différents types . Chaque chaîne aura à produire une gamme granulométrique en utilisant différents types de machines .

En se basant sur les résultats de ces chaînes et ceux obtenus lors des autres étapes

de traitement , on pourra effectuer une étude comparative qui déterminera le procédé le plus adapté .

On voit donc que le but principal recherché est d'effectuer des essais qui permettent de cerner le comportement au broyage des minerais à étudier , d'autant plus que ce comportement constitue une inconnue pour le moment .

#### 4. SITUATION DU PROJET :

Il s'agira donc pour nous d'étudier l'une de ces quatre chaînes en notant que les machines qui la composent ont déjà été acquises mais il reste à les installer suivant les caractéristiques de ces mêmes machines et les besoins qu'aura à satisfaire cette chaîne et qui , d'après la spécificité du cas d'utilisation et la difficulté d'approvisionnement seront très faibles et peuvent être estimés à quelques 200 Kg par semaine .

\*\*\*\*\*  
CHAPITRE 2  
\*\*\*\*\*

GENERALITES SUR LA  
FRAGMENTATION - CLASSIFICATION  
DES SOLIDES

1. INTRODUCTION :

Les opérations de fragmentation classification peuvent parfois constituer une fin en soi quand il s'agit de production d'agrégats destinés à différents secteurs des travaux publics, mais dans beaucoup de cas elles constituent ce qu'on appelle le prétraitement ou préparation mécanique des matières premières et ceci pour toutes industries de base . Cette préparation mécanique a en general pour buts de :

- a) faciliter la manutention et le conditionnement des corps solides .
- b) faciliter les opérations physiques telles que triage , dosage , dissolution .
- c) permettre ou faciliter des réactions physico-chimiques dont la rapidité est normalement fonction de la surface exposée .

Dans le cas de minerais d'uranium , cette préparation mécanique a pour but de libérer

les grains de quartz de leur ciment et réduire les argiles indurées à une dimension qui permet leur attaque par un acide .

## 2. LA FRAGMENTATION:

### 2.1- Définition :

La fragmentation mécanique des solides groupe l'ensemble des opérations ayant pour but de réaliser grâce à une action mécanique la division d'une masse solide en fragments de dimension maximale déterminés .

### 2.2 - Divers stades de la réduction :

- abattage : consiste à détacher à partir d'un gîte des fragments plus ou moins volumineux .

- débitage primaire : réduction des gros blocs en éléments dépassant 100mm dans leur trois dimensions .

- concassage : réduction en fragments de 25-100mm

- granulation : réduction en fragments de 6,3-25 mm

- broyage : réduction en fragments de 0,4-6,3 mm

- mouture : réduction en fragments inférieurs à 0,4 mm

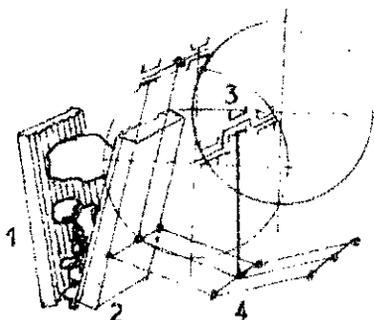
### 2.3- classification des appareils de

fragmentation : On peut classer les appareils de fragmentation dans six grandes catégories

en fonction de leur mode d'action principal .

A) Appareils opérants par écrasement :

A.1 - concasseur à mâchoires :



1 - Mâchoire fixe

2 - Mâchoire mobile

3 - Arbre d'excentrique

4 - Articulation

Fig. 1 - schéma d'un concasseur à mâchoires

Dans ces appareils , la réduction s'effectue entre une mâchoire fixe et une mâchoire mobile animée d'un mouvement d'oscillation autour d'un axe horizontal .

Ils sont utilisés soit comme concasseur proprement dit , soit en concasseur secondaire , soit en débiteur primaire ou granulateur . Ils conviennent pour le traitement

des matières dures et tenaces telles que roches ,  
minerais...

A.2 - concasseurs et broyeurs giratoires:

Le mode de travail de ce type  
de concasseur est analogue à celui des concasseurs  
à mâchoires sauf que le concassage s'y opère de  
façon continue .

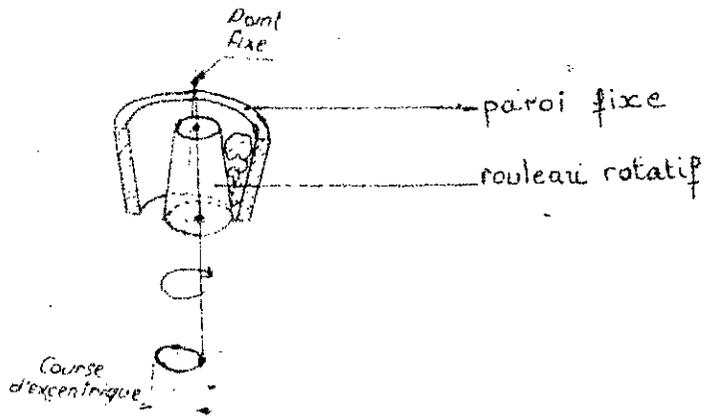


Fig. 2 - Schéma d'un concasseur giratoire

Dans ce genre d'appareils , les  
matières à concasser sont réduites par écrasement  
entre une paroi conique fixe à axe vertical et un  
rouleau conique animé d'un mouvement excentrique  
à l'intérieur de l'espace limité par la paroi .

Ces concasseurs sont utilisés par les même types de minerais que les concasseurs à mâchoires mais lorsqu'on a besoin d'un débit très important avec une dimension limitée des produits à traiter, ce sera le cas, par exemple de la fabrication d'éléments fins tels que gravillons et sables.

A.3 - broyeurs et pluvérificateurs à galets centrifuges :

Ils opèrent le broyage fin par écrasement de la matière au contact d'une piste circulaire sur laquelle roulent plusieurs galets fortement pressés contre la matière soit par la force centrifuge, soit par le moyen de ressorts.

Ces appareils conviennent à la pulvérisation des matières sèches, mi-dures ou dures pourvu qu'elles ne soient pas trop abrasives ( phosphates, carbonate de chaux ... ) .

A.4 - concasseur et broyeurs à cylindres :

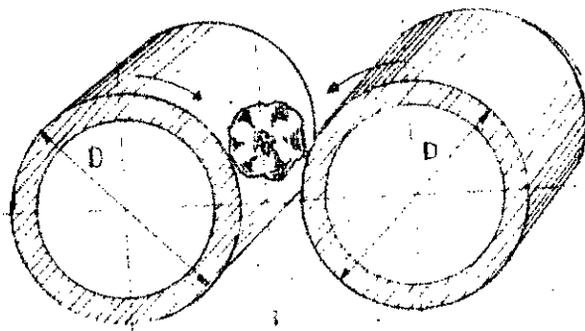


Fig. 3 - Schéma de fonctionnement d'un concasseur à cylindres

La matière à concasser est ici soumise à une pression entre deux cylindres lisses, cannelés ou dentés tournants à la même vitesse.

Ce type d'appareils est utilisé à tous les stades de la fragmentation suivant leur taille et le genre de cylindre employé .

Les domaines d'applications où ils sont le plus répandus sont : le concassage secondaire et la granulation des matières friables ( en particulier le charbon et le coke ) , le traitement des argiles , les applications au traitement des engrais et meunerie dans l'industrie alimentaire .

B) Appareils opérant par frottement ( friction ) ou par rapage ( attrition ) :

Dans cette classe , se situent les machines dans lesquelles la matière est soumise à des efforts transversaux par passage entre deux surfaces lisse et rugueuse , dont l'une est fixe et l'autre mobile ou bien les deux mobiles , mais animées de vitesses différentielles . On peut citer comme exemple :

- broyeurs à noix coniques (genre moulin à café )
- broyeurs à disque et broyeurs à meule .
- broyeurs à cuves vibrantes.

Toutes les machines de cette catégorie conviennent pour le broyage grossier , fin , ou ultra-fin de toutes matières sèches ou humides , pourvu qu'elles ne soient pas abrasives.

DE beaucoup de broyeurs de laboratoire et de broyeurs à peinture l'on remarque que ceux-ci appartiennent à cette classe .

C) Appareils opérant par percussion :

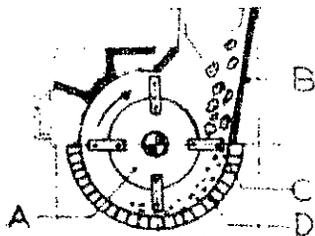
C.1- broyeurs à masse de percussion rotatives rigides :

La matière à fragmenter

est projetée contre des plaques de chocs réglables par des batteurs en acier dur disposés autour d'un tambour rotatif à axe horizontal .

C.2 - broyeurs à percuteurs rotatifs articulés ( broyeurs à marteaux ) :

Les matières à fragmenter sont introduites dans une chambre à percussion limitée par des blindages , à l'intérieur de laquelle



- A/ Arbre horizontal
- B/ Chambre de percussion
- C/ Marteau
- D/ Grille d'évacuation

Fig. 4 - Schéma d'un broyeur à marteaux

tournent à très grande vitesse des marteaux disposés autour d'un arbre horizontal .

Les broyeurs de ce type ont l'avantage de permettre de grands rapports de réduction , de consommer peu d'énergie et d'occuper peu de place relativement aux productions. Par contre ils ne se prêtent pas au traitement des matières dures et abrasives car l'usure des organes y devient alors excessive .

D) Appareils opérant par cisaillement, hachage ou déchiquetage :

Ce genre d'appareils s'impose lorsqu'on veut fragmenter des matières molles, mais fibreuses et tenaces telles que le bois, le caoutchouc, le cuir, les déchets organiques, etc car dans ce cas on doit recourir aux efforts de cisaillement. Sur ce principe sont conçus les broyeurs à lames, les coupeuses ou hacheuses et broyeuses à bois, les déchiqueteuses à lames ou à pointes, etc ...

E) appareils opérants par action combinée :

Cette classe est représentée essentiellement par les tambours broyeurs à boulets ou à barres libres.

Les broyeurs qui s'y rattachent ont pris une place prépondérante dans le broyage moyen ou fin des matières dures et abrasives telles que le ciment et les minerais de toutes sortes.

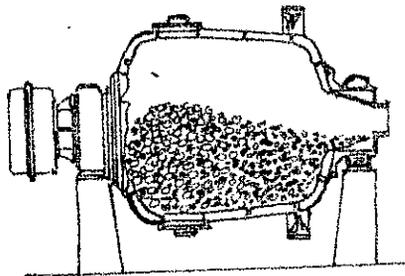


Fig 5 - Schéma d'un broyeur à boulets

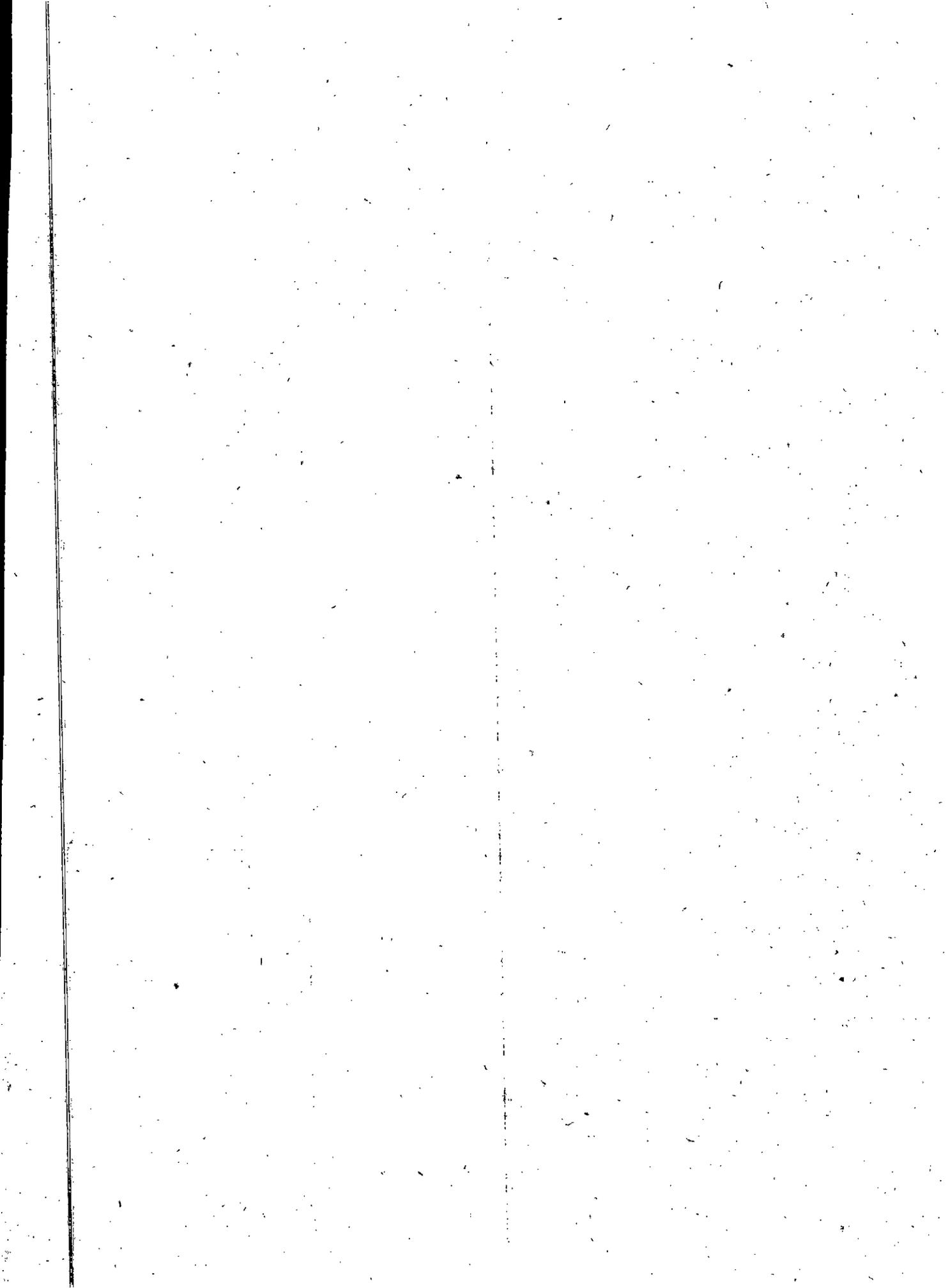
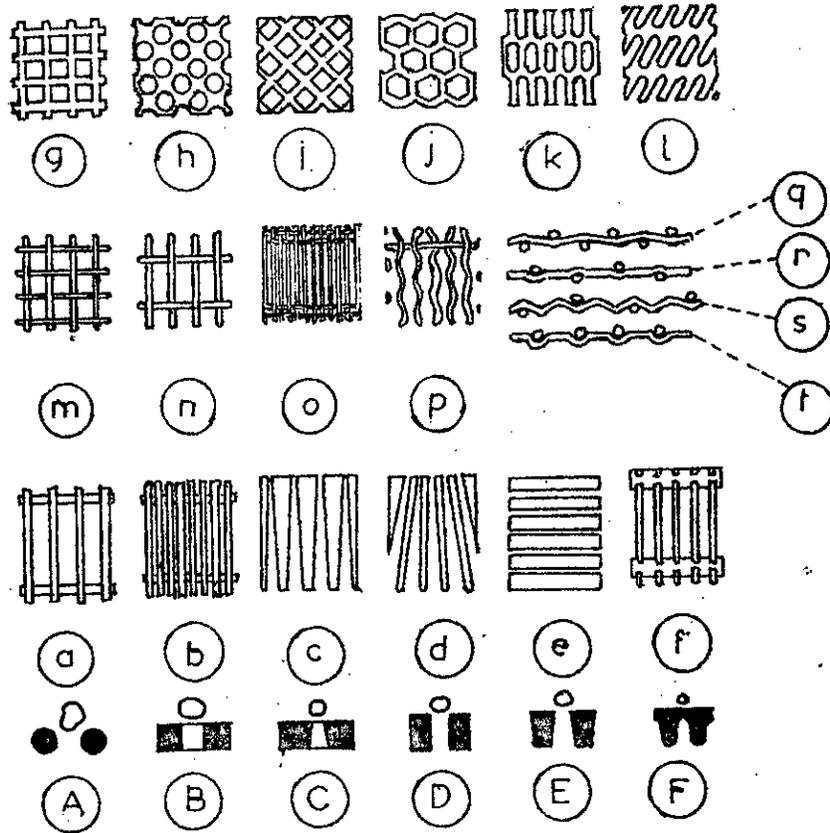


Fig. 6  
Surfaces de  
criblage



TÔLES PERFORÉES

g trous carrés

h trous ronds

i trous carrés en diagonales

j trous hexagonaux

k trous oblongs

l trous oblongs en oblique

TISSUS MÉTALLIQUES

m grillage métallique orifices carrés

n grillage métallique orifices rectangulaires

o toile Harpe

p toile genre Serpa

qrst divers modes de tissage

GRILLES

a et b à barreaux parallèles

c et d à fentes pour égouttage

e à fentes transversales ( grilles courbes )

f à barreaux vibrants sur monture élastique

A à F coupe des diverses sections de passage ( tissus , tôles et grilles ) .

bidimensionnel qui prend pour référence moyenne la dimension intermédiaire des grains (largeur) .

Les formes de fentes quant à elles ne permettent qu'un classement unidimensionnel prenant comme référence la plus petite dimension des grains .

### 3.3- principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement est d'obtenir un mouvement relatif de la masse granuleuse par rapport à la surface criblante qui donne à chacun des grains criblables le maximum de chances de traverser les ouvertures tout en assurant le transport des grains non criblables vers le point d'évacuation . Les ouvertures devront en outre rester pratiquement libres .

### 3.4 - appareils de criblage :

#### A1/ grilles et cribles statiques:

Peuvent se révéler d'un emploi très valable dans certains cas . On peut citer les exemples suivants :

(a) grilles planes inclinées : constituées de barreaux d'acier à disposer dans le sens de la pente. Utilisées pour le criblage grossier ou scalpage. Ecartes des barreaux 25-250 mm, on peut aussi utiliser des cribles où les barreaux sont disposés transversalement .

(b) cribles à grilles courbes : constitués de grilles statiques à fentes fines disposées perpendiculairement au sens de circulation des produits , elles opèrent en général sur des arcs de 45° à 60° et sont utilisés pour des mélanges solide-liquides .

## A 2/ grilles mécaniques :

Ce sont des dispositifs animés de façon à remédier à l'inconvénient de grilles fixes à savoir le risque d'obturation par coïcement .

(a) grilles à barreaux mobiles : un mécanisme met en mouvement plan deux jeux de barreaux longitudinaux alternés inclinés à faible angle .

(b) grilles à disques : ici les fines s'écroulent par les intervalles ménagés entre les disques . Un système de couteaux dégage les morceaux qui auraient tendance à rester coincés entre les disques .

## A 3/ grilles vibrantes :

Les grilles constituées de barreaux profilés sont supportés par un caisson reposant sur des supports élastiques et animés d'un mouvement vibratoire communiqué par un vibreur à balourds ou à arbre excentrique .

Ces appareils servent en même temps d'alimentateurs et de précribleurs.

A 4/ cribles vibrants : Ils sont classés en trois grandes catégories: le dispositif générateur des vibrations pourra, pour chacun des trois cas, être purement mécanique, électro-mécaniques (moteurs balourds) ou bien électro-magnétiques .

(a) cribles vibrants à forte pente et vibrations rectilignes normales à la surface criblante :

La pente est réglable par exemple entre 25° et 45° . Les vibrations sont en général de faible

amplitude et de fréquence élevée, elles ont simplement pour but de tenir constamment dégagées les ouvertures.

(b) cribles vibrants à pente moyenne et vibration circulaire :

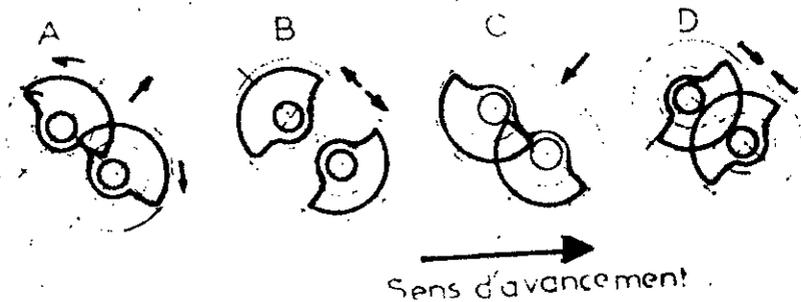
Ce sont les plus répandus, car de conception simple et se prêtant à une très grande variété d'application.

Ici, la matière n'avance plus par le seul fait de la gravité, mais aussi grâce aux mouvements cinétiques donnés par la trajectoire circulaire de caisse du crible (incliné de  $14^{\circ}$  à  $24^{\circ}$ )

(c) cribles vibrants horizontaux ou faiblement inclinés à vibrations dirigées :

La matière introduite sur le crible subit des impulsions successives en " jets de pelles " et est transportée de l'entrée vers la sortie en même temps qu'elle subit le criblage.

Les vibrations sont inclinées par rapport à la surface criblante et peuvent être obtenues soit par des vibreurs électro-magnétiques, soit à l'aide de mécanismes à balourds multiples mis en opposition.



- A/ Les deux actions s'ajoutent vers le haut  
B/ et D/ les deux actions s'annulent  
C/ les deux actions s'ajoutent vers le bas

fig. - schéma du mécanisme à balourds multiples

Les cribles horizontaux , comparativement aux cribles inclinés , sont plus lourds ; coûtent plus chères et consomment plus d'énergie . Ils ne sont donc employés que dans certains domaines privilégiés ( égouttage , hauteur imposée ) .

#### A 5/ Trommels ( cylindrique ou cônique ) :

Ce sont des cylindriques à enveloppe en tôle perforées animés d'un mouvement de rotation et disposés en pente . D'un rendement spécifique , et d'un entretien relativement onéreux , ces appareils tendent à disparaître sauf dans des cas bien particuliers.

### 4. INSTALLATION D'ENSEMBLE DE FRAGMENTATION-CLASSIFICATION :

Nous essayerons de donner un exposé des principes généraux de conception de telles installations .

#### 4.1- Détermination des schémas opératoires :

Le plus souvent , le processus à envisager devra comporter plusieurs étapes de réduction séparées ou non par des opérations de classement dimensionnel .

a) la première opération , après le choix des types d'appareils de fragmentation et de classement convenant à l'application envisagée, est de situer chacun de ces appareils à sa vraie place dans le schéma général .

b) la deuxième étape consiste à calculer , d'aussi près que possible , la part de la production totale

susceptible de passer par chacune des machines en vue de déterminer leur tailles .

c) choisir entre une seule ligne d'appareils de gros débits , ou plusieurs lignes composées d'appareils d'importance moindre ( ce choix ne s'impose que dans le cas d'installations industrielles à grandes productions).

#### 4. 2- l'implantation des installations:

elle est conditionnée par la nature du site . La disposition la plus recommandée consiste à grouper les principaux appareils sur un même emplacement et de prévoir les dispositifs de circulation du produit entre les divers appareils successifs . Cette circulation s'effectue presque toujours en continue , soit par gravité ( couloirs en tuyauterie ) , soit par engins de manutention mécanique ( transporteurs , élévateurs soit par pompage ( pulpe semi-liquide ) soit , enfin par ventilation ( transport pneumatique de produits fins):

Il est aussi important de noter que dans un circuit de fabrication continue , il n'y a pas d'appareils principaux et d'appareils secondaires .

L'arrêt d'un organe de liaison ( tuyauterie crevée , bandes de transporteur déchirées, par exemple ) est exactement aussi coûteux que l'arrêt d'un concasseur ou d'un cribble . Le secret d'une installation pleinement rentable résidera souvent dans la bonne conception et la correcte réalisation des organes de liaison qu'il ne faut pas considérer comme secondaires.

Les points délicats se trouvent

en particulier au chargement et déchargement des transporteurs , formes et inclinaisons des tôleries, guidage de la matière , protection contre la chute des blocs , goulottes de raccordement , volets ou vannes de réglage .

Pentes et sections correctement déterminées , parties sujettes à l'usure protégée et facilement réparables , fixation et support suffisamment rigides , dégagements commodes et rapides en cas d'engorgement accidentel sont autant de points qui conditionneront la bonne marche de l'installation .

4.3. Exemples d'installation de fragmentation :  
schéma d'un atelier de broyage fin des minerais

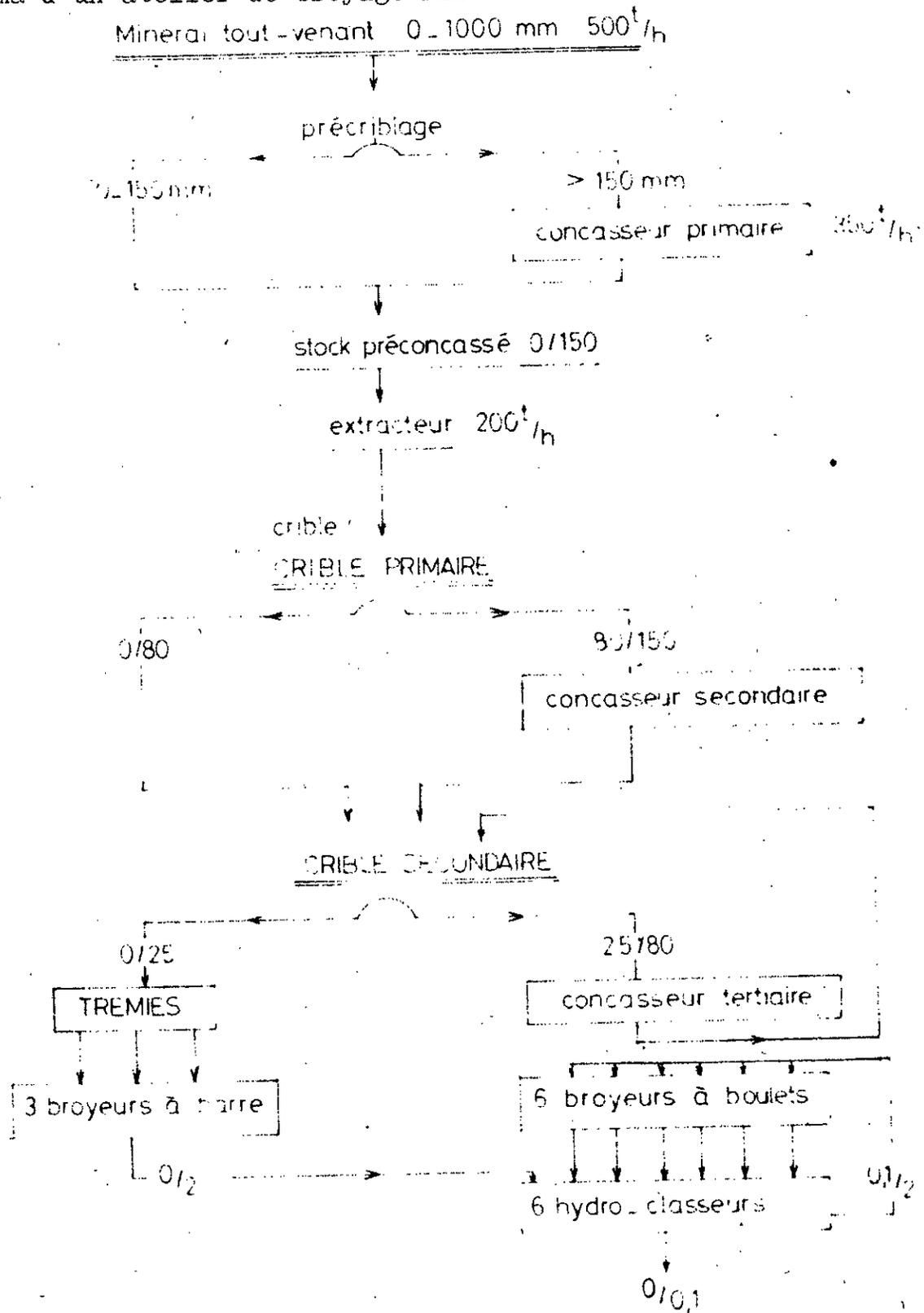
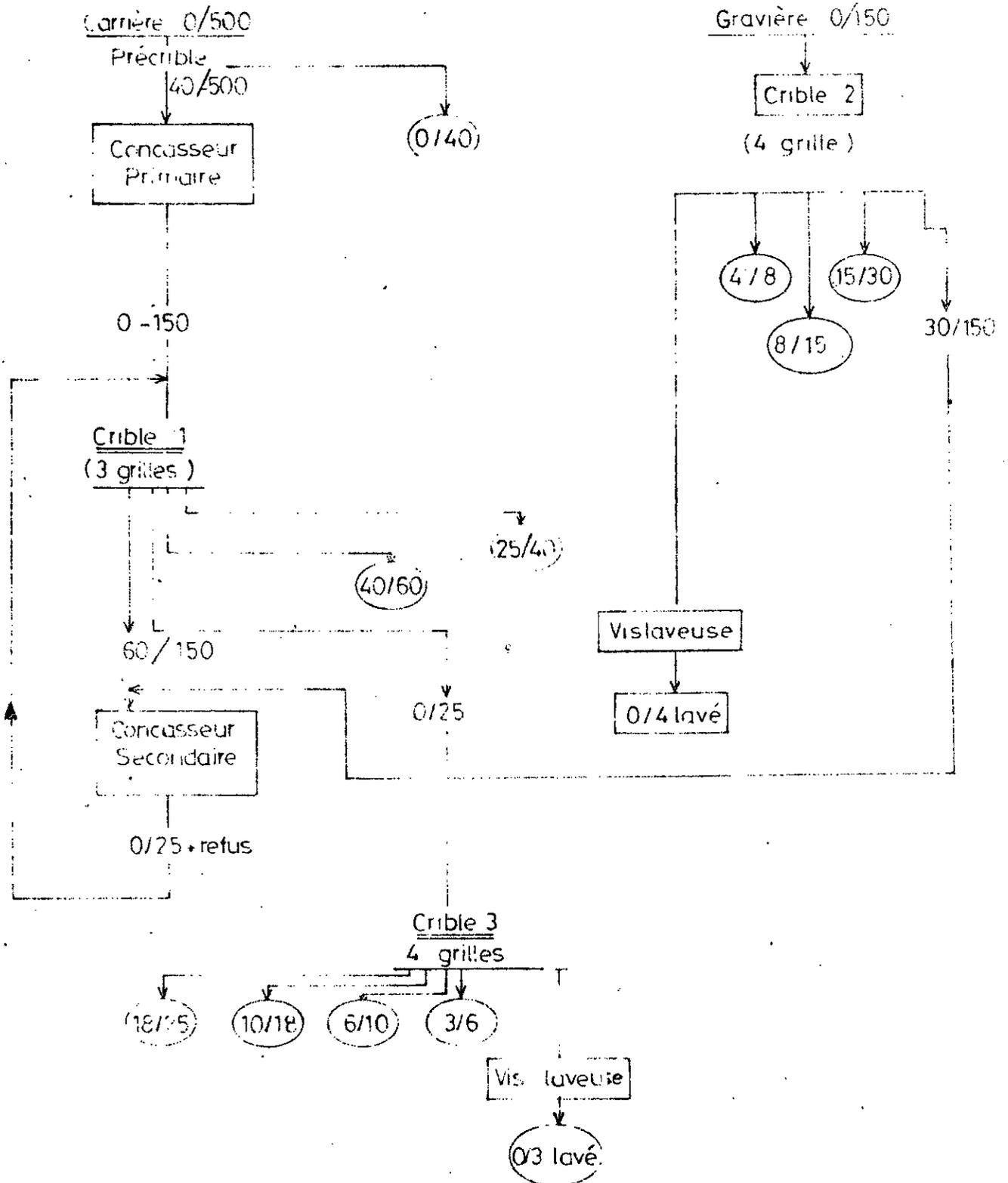


schéma d'une installation d'agrégats de viabilité



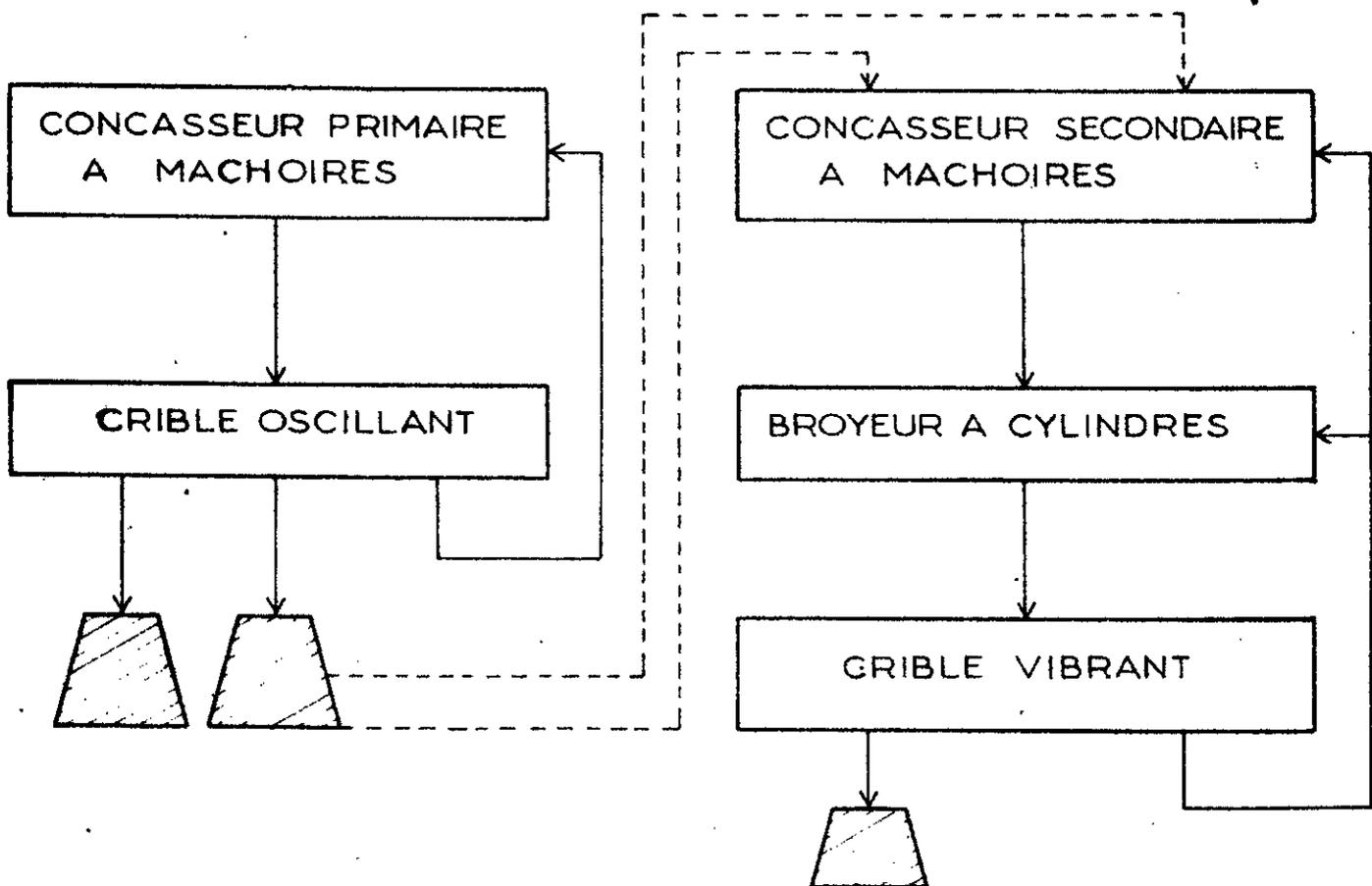
\*\*\*\*\*  
\* CHAPITRE 3 \*  
\*\*\*\*\*

## CIRCUIT DES MINERAIS

1. INTRODUCTION :

Quand nous avons entamé l'étude , les données se résumaient comme suit :

- réalisation d'une chaîne de fragmentation-classification avec la suggestion du schéma suivant :



Mais après étude et comparaison avec des installations déjà existantes , il s'est avéré que ce schéma était mal adapté et on s'est attaché à en proposer un autre , tout en se fixant certains critères de base dont les principaux sont :

- simplicité de fonctionnement et de réalisation .
- possibilités de travail assez larges .
- adaptations aux exigences spécifiques ( exiguité des lieux , faiblesse des quantités à traiter ) .

## 2. SCHEMA TECHNOLOGIQUE PROPOSE :

Nous nous sommes basés , pour établir ce schéma , sur les appareils existants et sur ce qui se fait en général dans ce domaine , tout en tenant compte de la spécificité de notre cas ( voir figure 1 )

## 3. COMPARAISON DES DEUX SCHEMAS :

Comme on le voit , dans ce schéma on ne limite plus les possibilités de certaines machines par l'installation d'une chaîne à la tête de laquelle on dispose celle de plus faible capacité ( cas du concasseur à mâchoires secondaire dans le 1° schéma ) ou par l'interposition d'une machine de fragmentation entre les deux cribles .

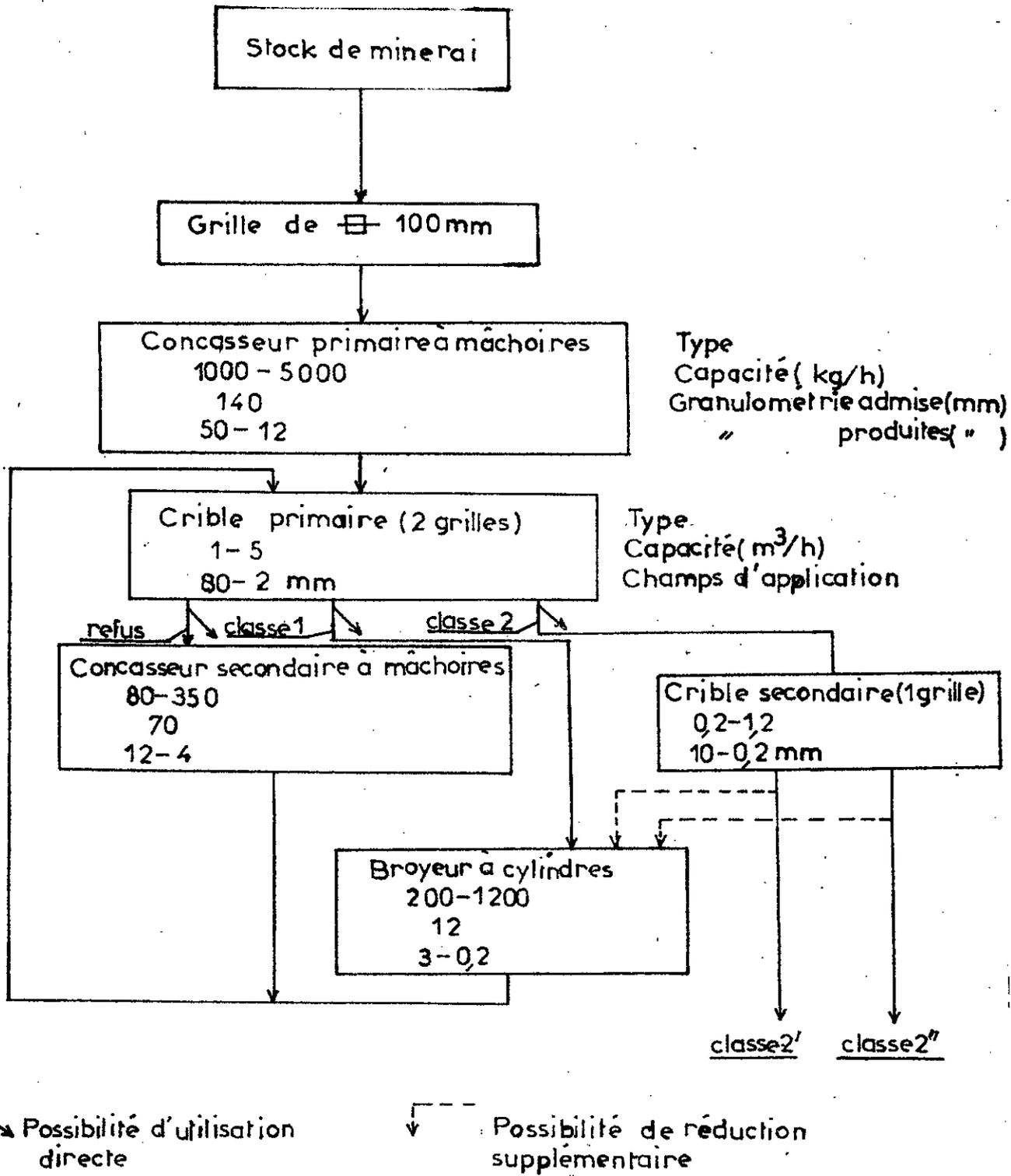


Fig 1 - Schéma technologique proposé

En outre , le 2° schéma fait toujours intervenir une classification entre deux appareils de fragmentation ce qui permet d'éviter le passage des grains déjà réduits suffisamment , ce qui n'est pas le cas du 1° schéma où nous avons le concasseur secondaire et le broyeur placés en serie .

Dans ce qui suit nous allons donc parler des solutions adaptées suivant le 2° schéma .

#### 4. Dispositions PROPOSÉES :

Le problème tel qu'il se présente offre en fait une multitude de solutions , mais nous nous sommes astreints à donner deux possibilités conformément au schéma dans 2. de façon à pouvoir effectuer une étude comparative et donner ainsi à l'utilisateur une possibilité de choix en se basant sur cette étude .

Les deux solutions proposées sont en fait similaires quand à la succession des machines qui s'impose d'elle même si on analyse bien ces machines au vu de ce qui se fait par ailleurs , la différence essentielle entre

elles est dans la disposition qui est en trois unités pour l'une et en deux pour l'autre . On parlera d'orénavant de première solution et de deuxième solution .

\* première solution ; 3 unités :

- concassage primaire
- criblage
- broyage et concassage secondaire

\*deuxième solution ; 2 unités :

- concassage primaire
- criblage , broyage et concassage secondaire .

## 5. CIRCUIT REEL DES MINERAIS :

Nous essayerons ici de donner les principales manipulations que doivent subir les minerais dans chacune des solutions de façon à réaliser le schéma technologique proposé .

### 5.1- circuit réel des minerais dans la première solution :

Les minerais utilisés sont conditionnés dans des barils de 200 dm<sup>3</sup> qui sont acheminés sur les lieux du traitement ( division 1 du C.S.T.N ) par camions. Ces barils seront déchargés sur une rampe de hauteur égale à 1,5 m; à partir de cette rampe , on peut remplir une trémie qui sera acheminée dans le hangar de préparation mécanique à l'aide d'un chariot mobile .

Cette trémie servira à l'alimentation du poste primaire par l'intermédiaire d'un alimentateur. Les produits de ce premier concassage passeront ensuite

à l'unité de criblage qui donnera , par la disposition en serie des deux cribles disponibles , quatre granulométries différentes , ces nouveaux produits peuvent être soit utilisés tels quels , si le besoin s'en fait ressentir , soit passer à l'unité de broyage -concassage secondaire .

La granulométrie la plus grossière passe dans le concasseur secondaire , la moyenne passe dans le broyeur et les plus fines peuvent passer dans le broyeur en changeant le réglage de celui-ci .Les granulométries grossière et moyenne , après avoir subit une réduction secondaire doivent subir un nouveau passage au crible de façon à mettre en évidence les effets de cette réduction .

Au cours de ce processus , toutes les manipulations du minerais , que ce soit pour l'alimentation des machines ou la récupération des produits se font dans des trémies uniformisées qui sont déplacées sur des chariots où elles peuvent facilement prendre places . ( On voit que par la disposition des unités dans cette solution et par l'indépendance de l'alimentation des machines , on peut ne pas s'astreindre au schéma donné et en essayer d'autres .)

#### 5.2 - Circuit réel du minerais dans la deuxième solution :

Dans cette solution nous avons un poste primaire identique à celui de la première solution, le minerais suivra donc le même chemin jusqu'au concassage primaire , il passe ensuite au 2° poste qui est celui du

criblage - réduction secondaire . Dans ce poste , il est classé en trois granulométries différentes ; la plus grande passe directement au concasseur secondaire , la moyenne au broyeur et ce à l'aide d'alimentateurs , alors que la plus fine passe au deuxième crible qui la divise encore en deux classes .

On notera ici que des trémies secondaires sont placées en amont du concasseur secondaire et du broyeur de façon à avoir une certaine capacité d'accumulation et compenser ainsi temporairement les différences de débits entre ces machines et le premier crible . On notera aussi que des ouvertures de dérivation sont prévues dans ces mêmes trémies pour permettre l'utilisation directe de granulométries mises en cause .

On remarque donc que la différence essentielle qui existe entre cette solution et la première réside dans le fait que dans ce cas , les fonctionnements des deux cribles du concasseur secondaire et du broyeur sont liés par la disposition de ces appareils en cascade .

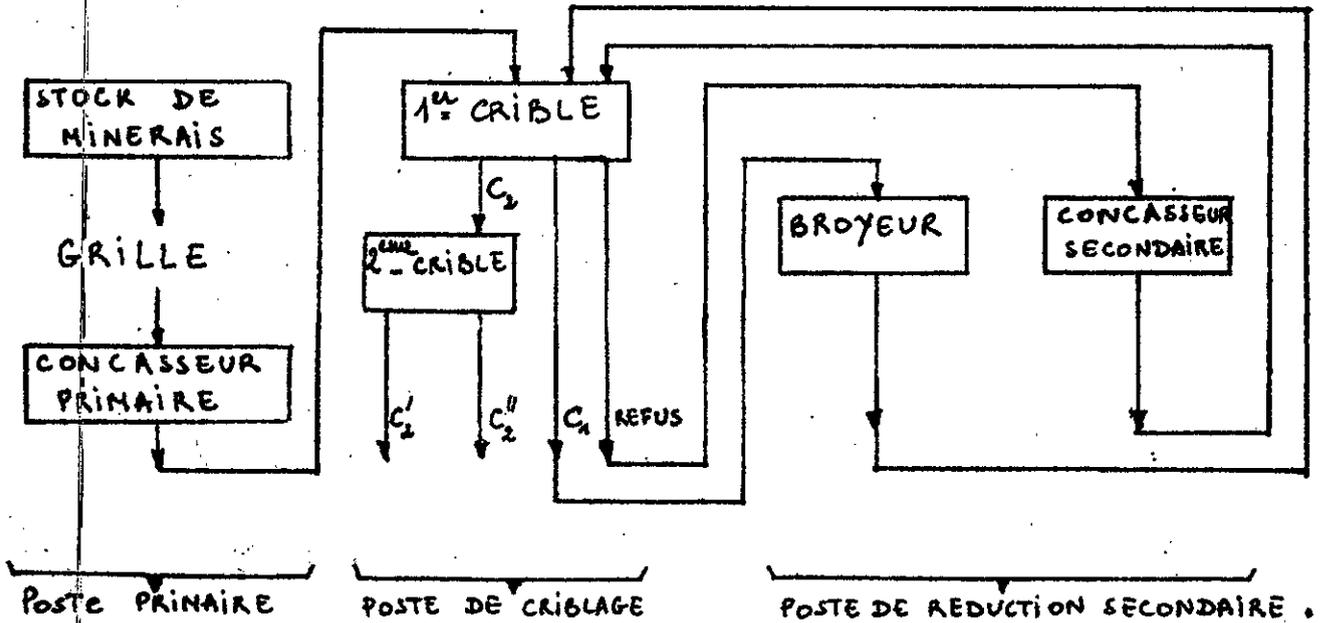
### 5.3 comparaison des deux solutions suivant le schéma technologique adopté :

En fait on peut dire que chaque solution est un découpage particulier du schéma déjà cité (voir figure 2) . Et au vu de ce découpage on remarque qu'en pratique , la première solution aura l'avantage d'une plus grande souplesse surtout pour l'utilisation directe des classes "refus" et  $C_1$  et le

fonctionnement de chaque appareil de façon indépendante ( sauf pour les cribles qui sont placés en serie dans les deux solutions ) .

Quand à la deuxième solution elle a l'avantage d'occuper moins d'espace , de diminuer les manipulations , et s'il est vrai qu'elle limite la capacité de certains appareils en les liant à d'autres , on peut dire que cet inconvenient n'est pas d'une très grande importance car en pratique , les quantités traitées ne seront pas très grandes.

1<sup>ère</sup> SOLUTION



2<sup>ème</sup> SOLUTION

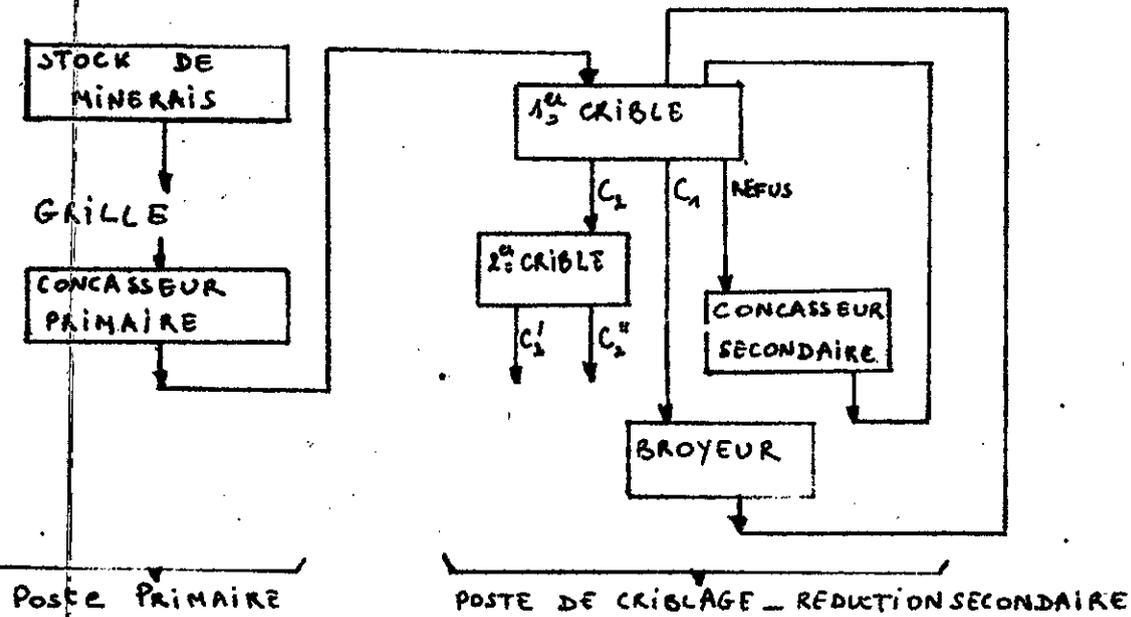


Fig. 2 - DISPOSITIONS PROPOSEES

\*\*\*\*\*  
CHAPITRE 4  
\*\*\*\*\*

## SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES ADOPTEES

1. INTRODUCTION :

Une fois le schéma technologique et la disposition adoptés , il a fallu s'intéresser à des points bien précis qui déterminent exactement le fonctionnement de l'installation . Ces points peuvent être groupés comme suit :

- manutention .
- connexions .
- alimentation .
- constructions métalliques .

2. MANUTENTION :2.1 - choix de la solution de manutention :

Pour les installations industrielles de fragmentation - classification , la solution la plus répandue est celle de la manutention par convoyeurs à bandes . Mais en ce qui nous concerne ce moyen n'est pas adapté pour deux raisons principales :

- il s'impose pour un fonctionnement en continu et une grande capacité de production , or dans notre cas on peut qualifier le fonctionnement de sporadique .
- Quand à la capacité on a déjà signalé qu'elle était très faible .

- Il requiert une grande disponibilité en espace ce qui est précisément contraire à nos exigences . On a donc cherché un système qui répond le mieux à nos contraintes qu'on peut résumer ainsi :

(a) éviter de trop nombreuses manipulations ( transvasement d'un récipient à un autre), (b) exiguité des lieux, (c) quantité requise très faible ). D'après ces critères on propose un système basé sur l'utilisation d'une trémie uniformisée qui sert en même temps à l'alimentation des machines , la récupération des produits et la manutention au sol et suivant ce schéma ci-après :

mise en position d'alimentation de la trémie au dessus d'une machine --> récupération des produits dans une autre trémie --> déplacement de cette trémie suivant la nécessité.

Le transport horizontal est assuré par la trémie disposée sur un chariot muni de quatre roues pivotantes .

Pour le transport vertical nous proposons le choix entre plusieurs solutions :

(1) Pont roulant suspendu monopoutre :

Les ponts roulants suspendus monopoutres <sup>se</sup> prêtent à la manutention dans les trois dimensions , en outre ils sont légers , d'encombrement réduit et ils se montent facilement . Ces ponts se composent de deux éléments principaux

- la poutre maitresse , en acier profilé de type normalisé , boulonnée ou soudée aux sommiers .

- les sommiers en profilé normalisé qui reçoivent les galets , les dispositifs anti-dérailleurs , les butoirs les groupes moto-réducteurs ou un volant de manoeuvre manu-

elle et la brosse de mise à la terre .

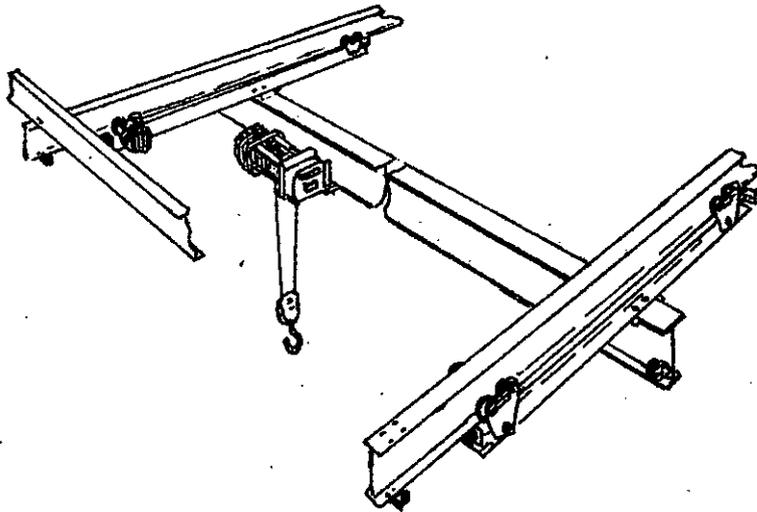


Fig 1. - Pont Roulant Suspendu Monopoutee

-avantages :

- \* peut desservir tous les points du hangar en plus de notre installation .
- \* peut être utilisé pour les travaux de montage .

-inconvenients :

- \*coût .
- \* construction des voies ( impose donc des conditions particulières pour la construction du hangar).

(2) Grues ou potences sur colonne :

Ces potences sont des moyens de manutention rationnels et économiques ne nécessitant aucune modification du bâtiment lors de leur installation , elles sont peu encombrantes et permettent cependant le déplacement

de charges dans les trois dimensions .

Ancrées dans le sol , elles nécessitent la réalisation d'un massif .

Elles se composent principalement d'une colonne en tube d'acier reposant sur une plaque d'assise, d'un fût s'articulant sur deux rotules prisonnières de deux supports d'applique et d'une flèche en profilé solidaire du corps qui prend appui soit sur la partie inférieure du fût , soit sur sa partie supérieure suivant le type de construction ( voir figure 2 )

(3) potence munie d'un treuil à main pour chaque unité :

C'est la solution la moins sophistiquée car tous les déplacements seront manuels . Quant à son coût il peut dépasser celui de la grue puisqu'on sera obligé d'utiliser des éléments non normalisés .

Cette solution ne serait en fait à envisager que si l'on n'a pas les possibilités d'acquérir un appareil des deux premiers types , au quel cas on serait obligés de fabriquer localement un moyen de levage simple .

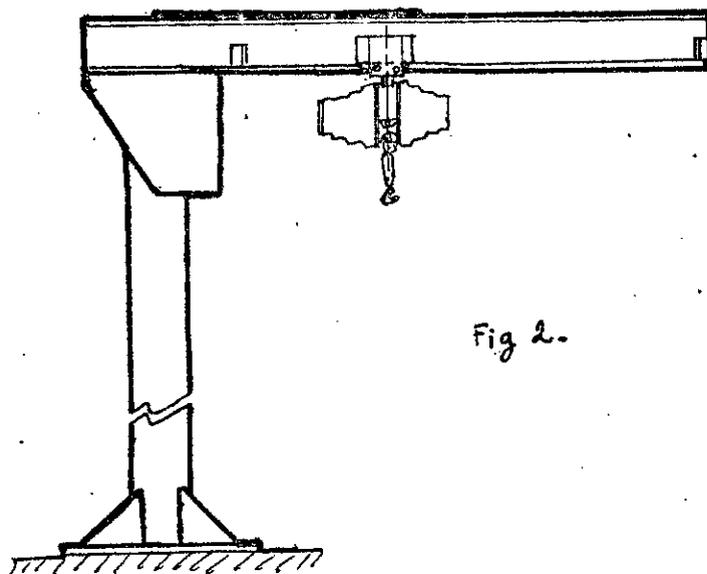


Fig 2.

## 2.2 - description de la trémie :

Comme nous l'avons déjà dit, cette trémie aura trois fonctions :

- Alimentation des postes de travail .
- Récupération des produits de ces postes .
- Manutention des produits .

Pour remplir ces fonctions , elle est munie d'une ouverture d'évacuation dans sa partie inférieure .

Le volume de cette trémie a été choisi de façon à pouvoir manipuler le contenu d'un baril de minerais ( 200l ) avec une marge de sécurité . Nous adoptons donc  $V=300$  l ( le calcul de ce volume sera donné dans l'annexe ) .

Les dimensions de l'ouverture inférieure ont été choisies de façon à pouvoir desservir tous les appareils avec la possibilité d'utiliser des positions d'ouvertures intermédiaires .

On a finalement opté pour une ouverture de 300 mm x 300 mm . Ces dimensions ont été imposées par le concasseur primaire qui est alimenté par des morceaux pouvant atteindre 140 mm.

Vu la contenance limitée de cette trémie , nous avons choisi sa manipulation par simple action manuelle sur <sup>une</sup> poignée . Pour les cas où l'accès à cette poignée serait difficile , nous avons également prévu des tétons de formes hexagonales de dimensions normalisées afin de pouvoir effectuer cette manipulation à l'aide d'une clé à pipe , nous avons en outre prévu un dispositif permettant d'avoir trois positions d'ouverture . (voir figure 3 )

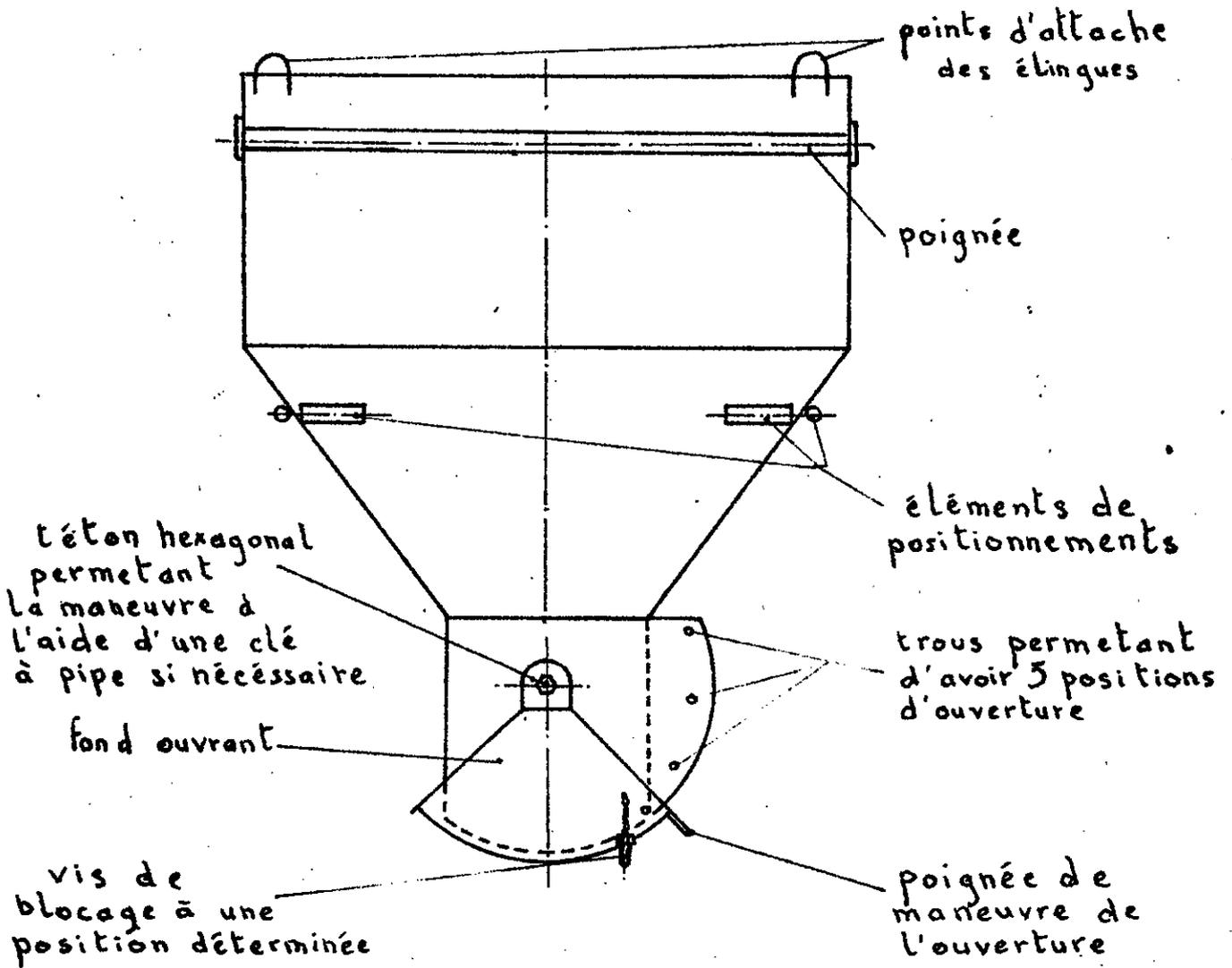


Fig. 3 : Schéma de la trémie principale.

### 2.3 - description du chariot :

Pour pouvoir déplacer cette <sup>trémie</sup> ↑, nous avons prévu un chariot dans lequel elle peut facilement prendre place grâce à sa partie pyramidale qui lui sert de guidage et à des bouts de tubes soudés à chaque angle qui déterminent la position de la trémie dans le cadre supérieur du chariot et assurent une bonne stabilité de celle-ci.

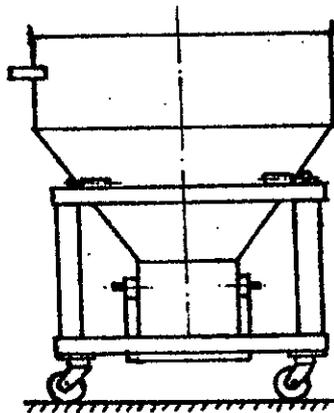


fig.4 Schéma de la trémie sur son chariot

Le chariot est constitué d'éléments profilés ( cornières à ailes égales ) soudés en forme de caisson .

Sa mobilité est assurée par quatre roues pivotantes qui permettent de le déplacer suivant n'importe quelle orientation même sur de courtes distances . Les dimensions de la partie supérieure de ce

chariot sont les mêmes que celles des cadres réservés aux trémies au dessus de chaque poste .

### 3. CONNEXIONS :

Le problème de connexion se pose sur six points :

- a) trémie - concasseur primaire .
- b) trémie - concasseur secondaire .
- c) trémie - broyeur .
- d) trémie - premier crible .
- e) premier crible - deuxième crible .
- f) premier crible - trémies de récupération des produits .

Dans tous ces cas , le problème est d'accorder les dimensions de sortie du premier élément avec les dimensions d'admission du second élément sur une hauteur aussi limitée que possible tout en assurant l'angle minimum d'écoulement des minerais qui est considéré de  $45^{\circ}$  .

On notera que dans les trois premiers cas , il faut considérer l'intercallement d'alimentateurs . Pour le cas d) on propose le réglage de la hauteur de couche devant se déverser dans le crible et ce par le moyen d'une fermeture en "vanne" (voir figure 5 ) .

Pour assurer l'efficacité d'un tel dispositif et limiter en même temps les chocs sur le 1<sup>o</sup> crible , on dispose sur celui-ci , et dans la partie se trouvant immédiatement sous l'ouverture de la pièce de liaison " trémie-crible " une grille constituée d'un cadre

sur lequel sont soudés des barreaux en fer ronds dont le axes sont espacés de 30 mm à 35 mm et disposés de façon à avoir ces barreaux parallèles au sens de l'écoulement des produits .

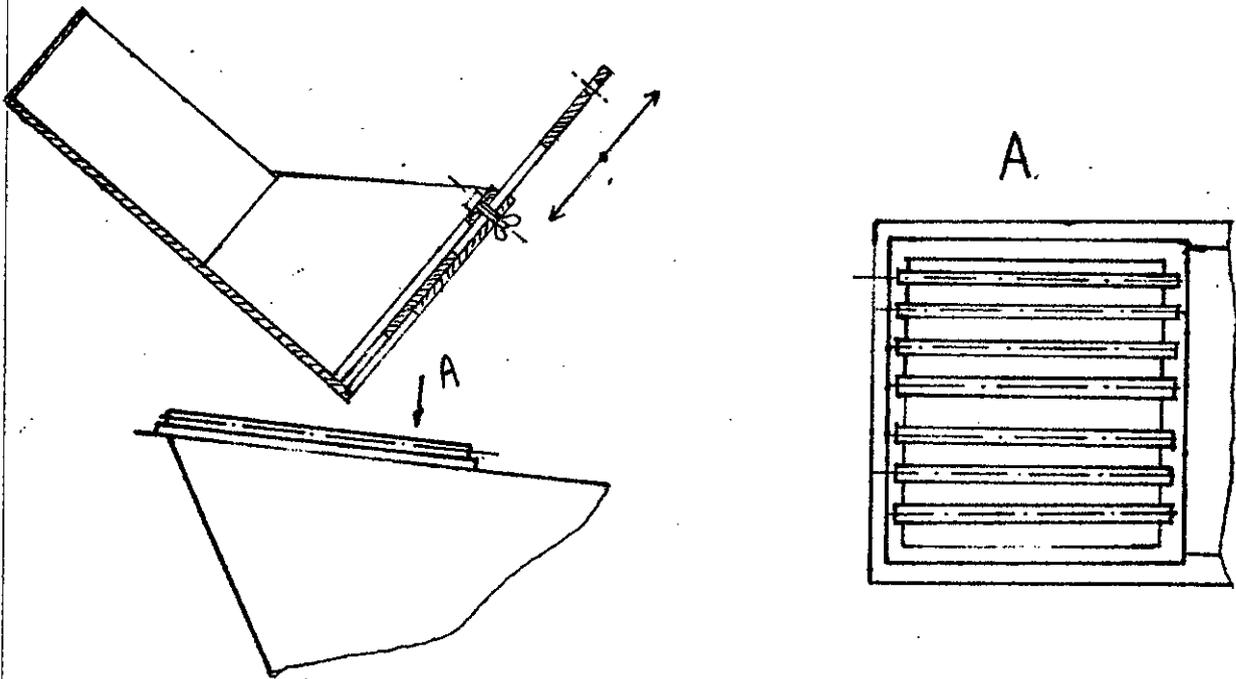


Fig. 5 - Dispositif De Reglage De La  
Hauteur De Couche Se Deversant  
Dans le 1<sup>er</sup> Crible

Pour les cas b) et c) et dans la deuxième solution, les trémies considérées ne sont pas du même type que la trémie uniformisée mais de contenance plus limitée ( 100 l ) et ont pour rôles de compenser les différences de capacités de productions entre le crible primaire et les concasseur secondaire et le broyeur . Ces trémies sont munies d'une ouverture réglable ( plaque mobile )

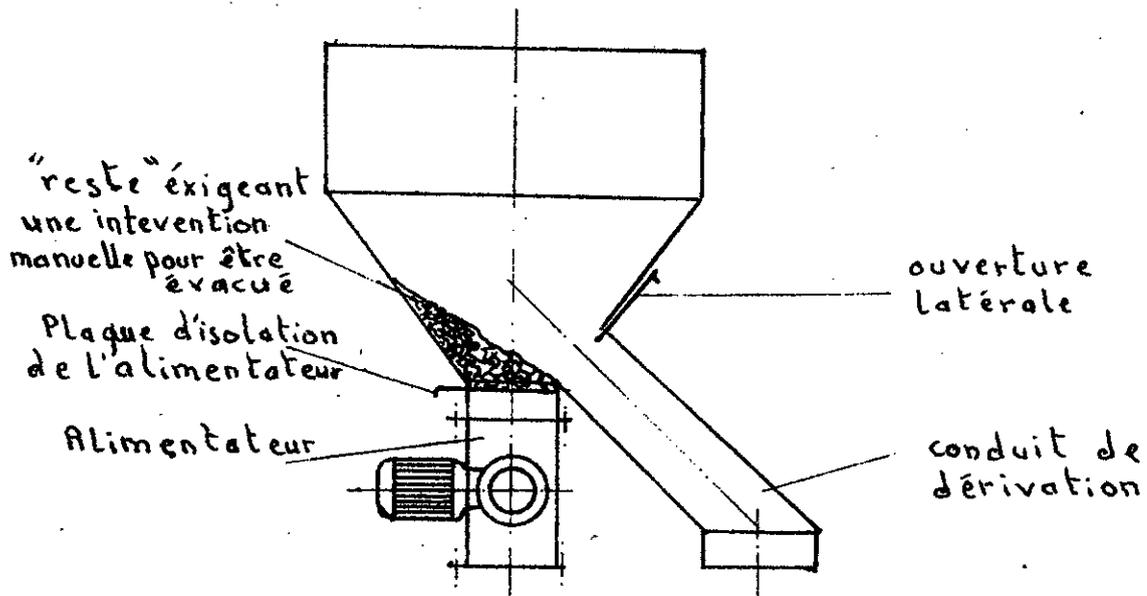


Fig. 6 : Schéma de la trémie secondaire

et d'une ouverture de dérivation permettant l'utilisation directe des produits du 1<sup>o</sup> crible ( vu la disposition de ces ouvertures , voir dessin , elles nécessitent une intervention manuelle pour évacuer les produits ) .

Dans tous les autres cas les pièces de liaison sont constituées de tôle soudées et ont une forme géométrique appropriée .

#### 4. ALIMENTATION :

##### 4.1 - justification de l'emploi d'alimentateurs :

Il s'agit en fait d'alimentateurs mécaniques devant assurer une alimentation correcte et à débit variable des concasseurs primaire et secondaire et du broyeur .

Pour ce qui est du broyeur à cylindre , il est obligatoire de le faire précéder d'un appareil d'alimentation qui lui dose exactement la production qu'il sera capable d'avalier car le broyeur sur-alimenté se bourre , ou bien ses cylindres s'écartent et ne donne plus la réduction désirée . Si au contraire , il est nettement sous-alimenté , il laissera passer beaucoup de produits plats et le coefficient de forme obtenu sera défectueux .

Dans le cas du concasseur à mâchoires pour lequel la vitesse d'écoulement des produits est fonction du régime du travail de la machine , une auto-alimentation peut être envisagée . Mais , dans ce

cas , des risques réels restent à envisager dont les principaux sont : risques d'encombrement de l'entrée par une avalanche incontrôlée de matériaux , risques de formation de voûtes, risques de blocage par mauvais positionnement d'un trop gros élément . C'est pourquoi l'emploi d'un alimentateur mécanique s'impose dans la plupart des cas car ils ont l'avantage de pouvoir contrôler à tous moment l'introduction des matières dans le concasseur . Ces appareils permettraient en outre , par une possibilité de contrôle et de mesure des débits , l'ajustement de ces derniers en fonctions des réglages de sorties des concasseur et broyeur et des grilles de cribles , c'est à dire l'établissement d'un régime de fonctionnement permettant d'obtenir des granulométries déterminées .

#### 4.2 - choix de l'alimentateur du concasseur à mâchoires :

Pour le concasseur primaire nous avons opté pour un alimentateur vibrant électro-magnétique de type suivant :

IFE 250x 750 .

L=750

H = 100

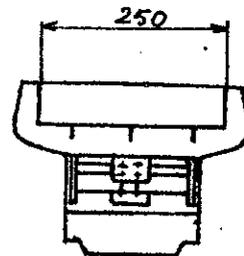
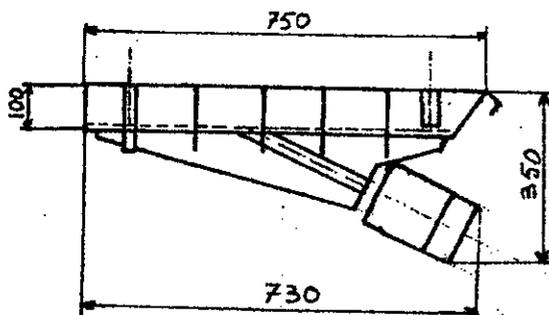
F = 730

B = 250

G = 350

POIDS 27 kg

Fig. 7  
Alimentateur vibrant du  
CONCASSEUR



C'est un alimentateur de construction soudée entraîné par vibrateur électro-magnétique commandé par thyristor, ce qui permet le réglage de débit en continu ( jusqu'à 7 t/h pour ce modèle )

#### 4.3 - choix de l'alimentateur du broyeur et du concasseur secondaire :

Pour le concasseur secondaire et le broyeur nous avons opté pour un alimentateur à pales rotatives . Cet alimentateur est constitué principalement par un corps alésé intérieurement , d'un boisseau à quatre pales et de deux flasques centrés sur les faces latérales du corps et supportant les paliers de l'arbre du boisseau . Pour éviter les risques de coincement il est recommandé l'emploi de pales en caoutchouc .

Pour permettre le réglage du débit et couvrir les plages de fonctionnement dans chacun des deux cas ; ils seront équipés de variateur de vitesse électronique .

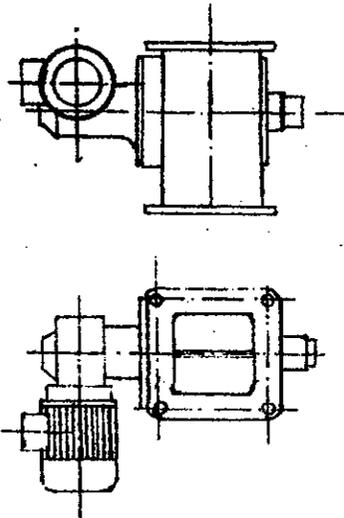


Fig. 8 - Alimentateur à Pales du broyeur et du concasseur secondaire.

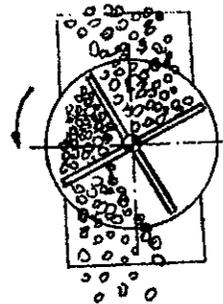


Fig. 9 - Principe de fonctionnement de l'alimentateur à pales.

## 5. CONSTRUCTIONS METALLIQUES :

Ce sont des constructions soudées avec certains éléments boulonnés pour faciliter le montage . Ces constructions ont été volontairement surdimensionnés du point de vu de résistance , tout au long de leur projet , nous avons essayé de nous astreindre à respecter les principes de base suivants :

- rigidité ( du fait que les constructions sont soumises aux vibrations ) .
- unification des profilés utilisés ( JPN 120 et cornière 50 x 50 x 5 )
- simplicité des formes
- facilité de réalisation

Pour montrer que ces constructions sont effectivement surdimensionnées , nous presentons dans l'annexe des calculs de résistance simplifiées de la cornière et du U les plus chargés .

Nous donnons dans ce qui suit les schémas des constructions nues pour montrer leur formes .

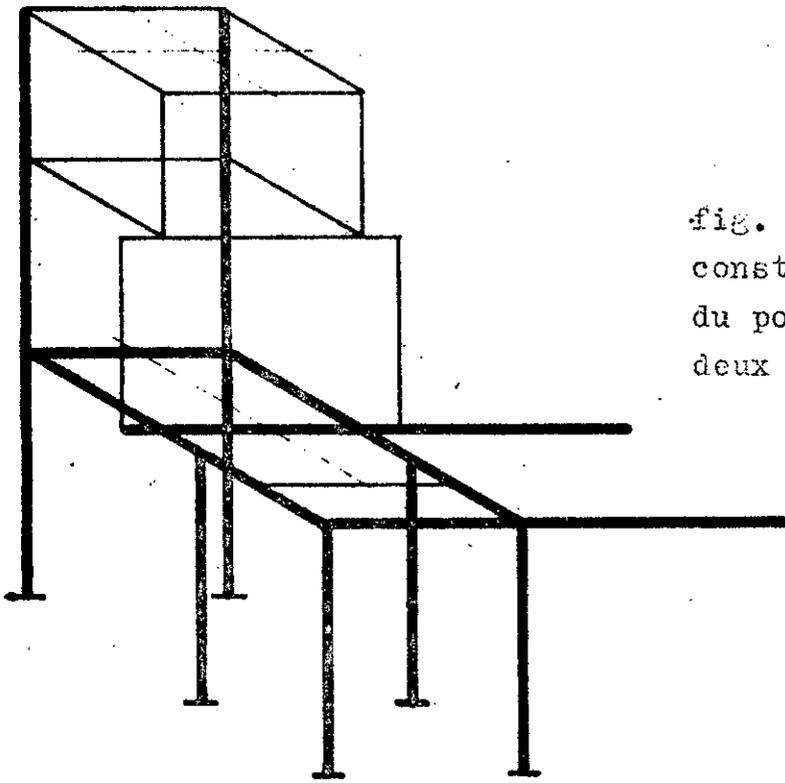


fig. 10 - schéma de la construction métallique du poste primaire des deux solutions .

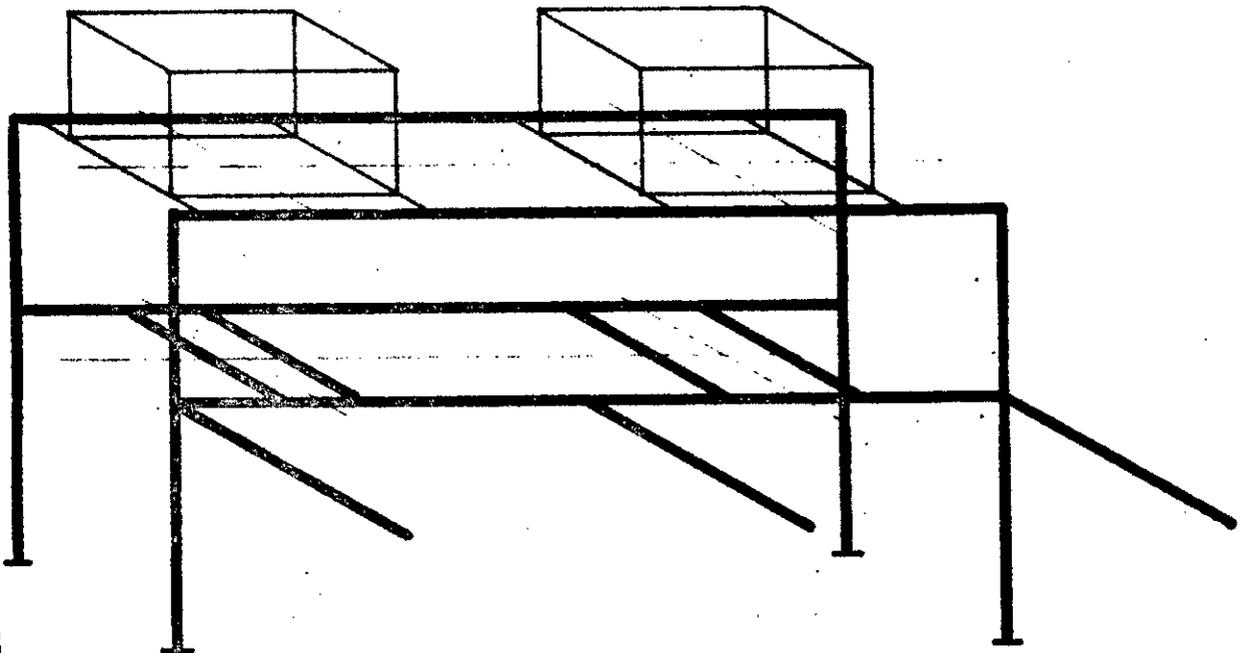


fig. 11 - schéma de la construction métallique du poste de réduction secondaire de la première solution

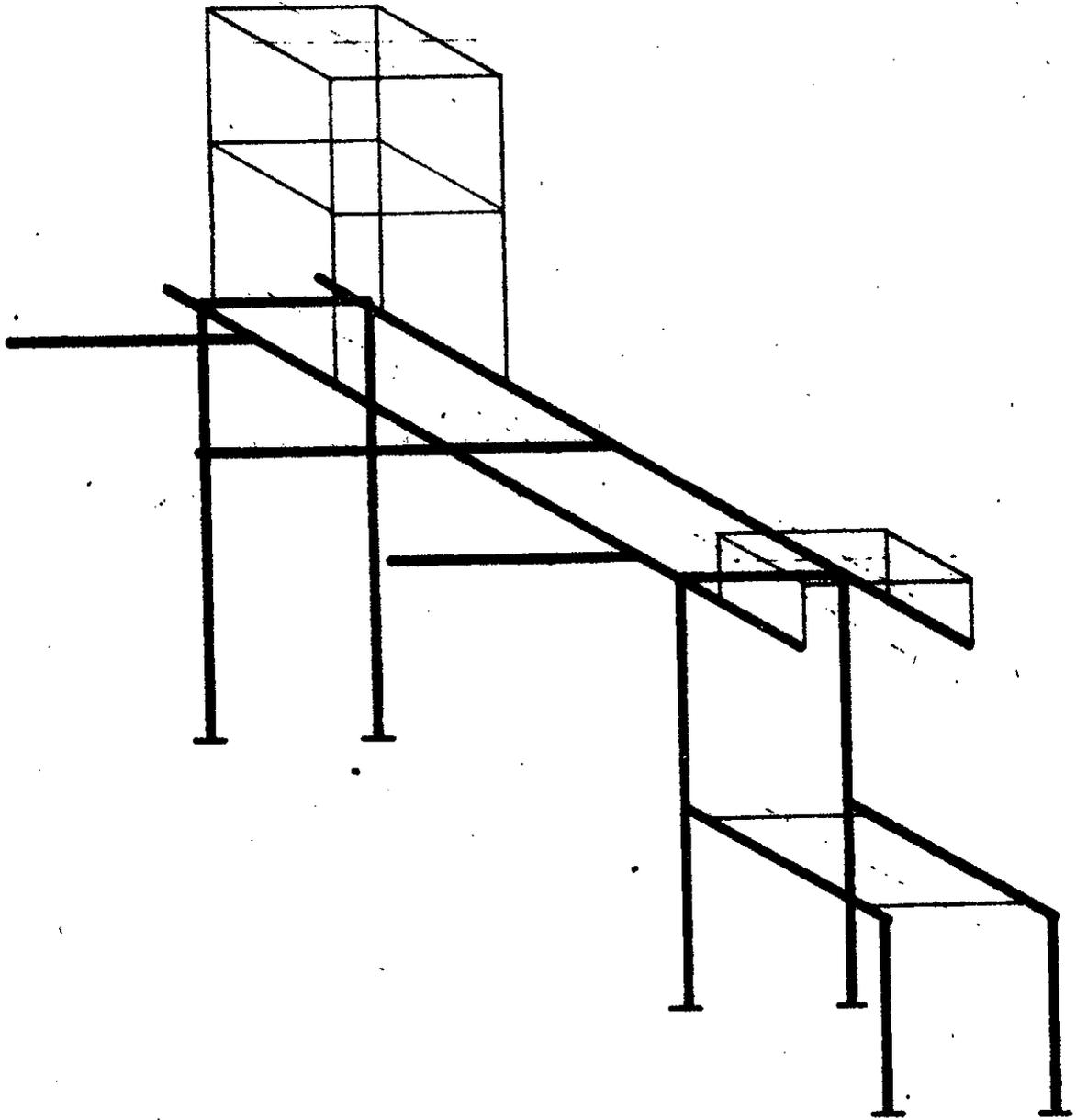


fig . 12 - schéma de la construction métallique du  
poste de criblage de la première solution.

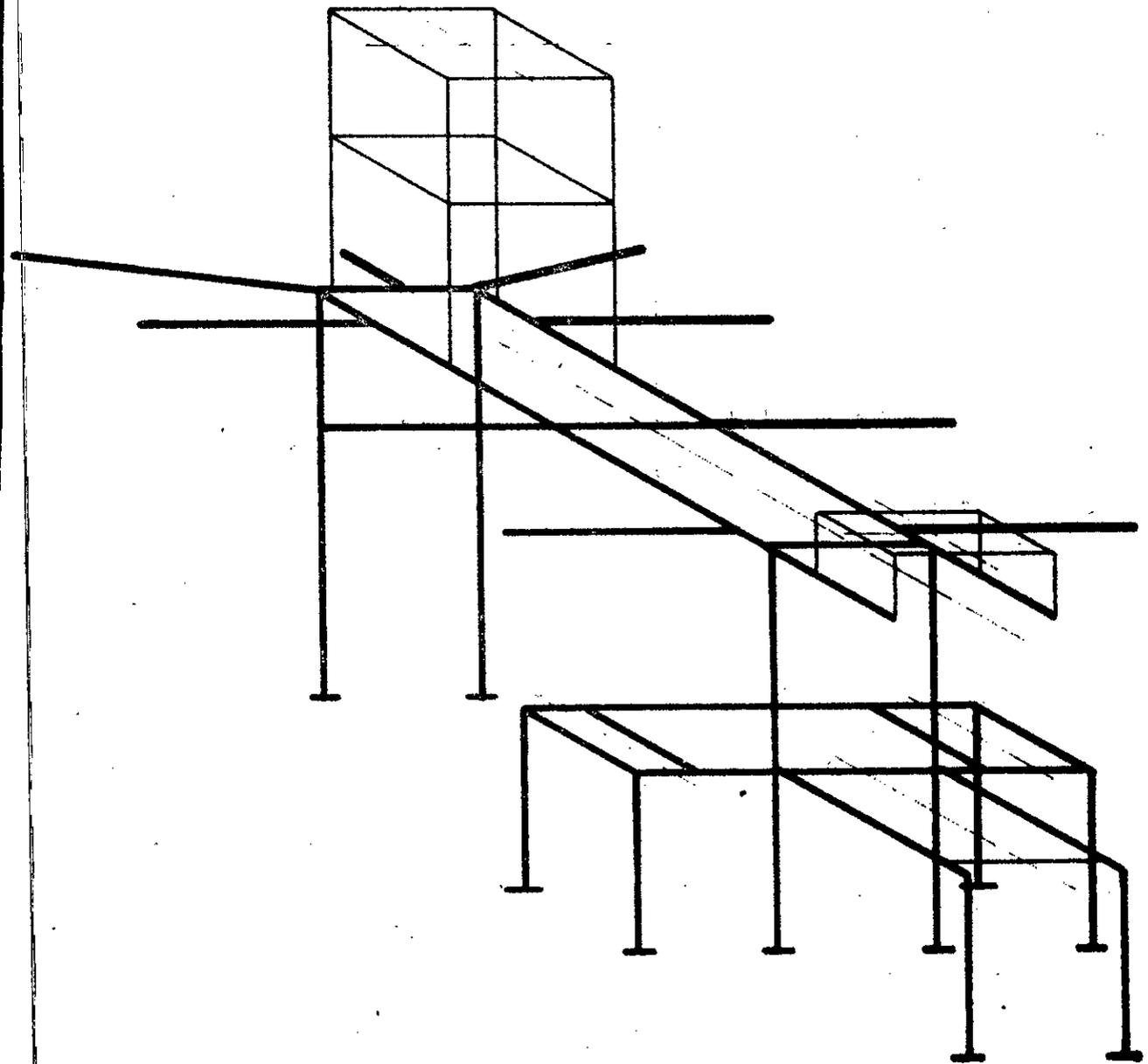


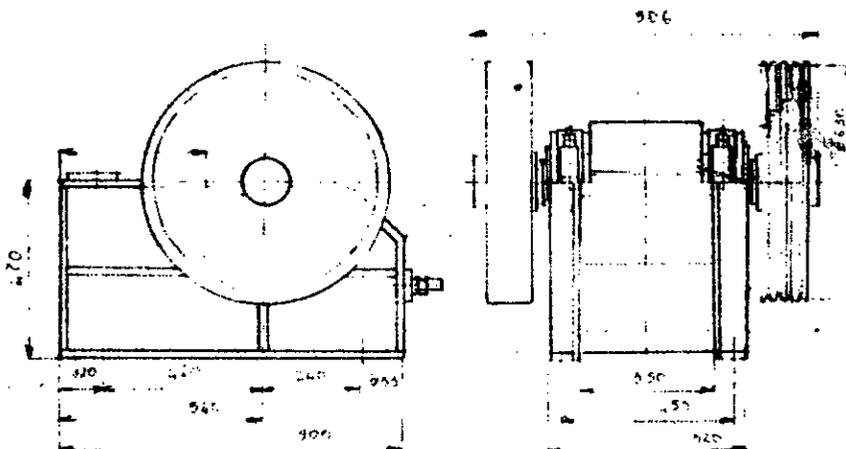
fig. 13 - construction métallique du poste  
de criblage-réduction secondaire de  
la 2° solution .

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
CHAPITRE 5  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

DESCRIPTION DETAILLEE  
DES DEUX SOLUTIONS

1. DESCRIPTION DES MACHINES EXISTANTES :

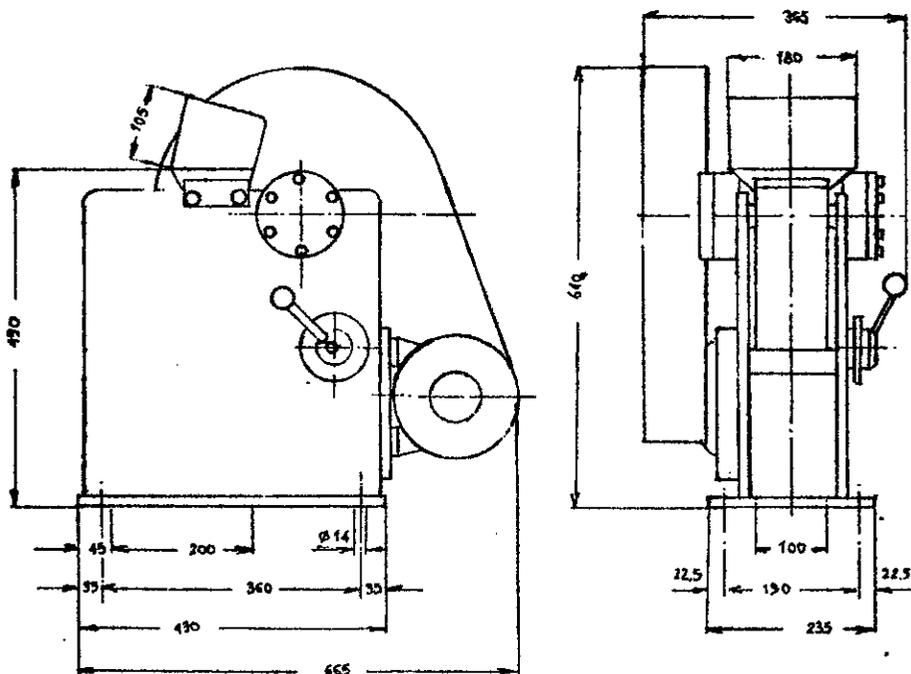
1.1 - Concasseur primaire :



C'est un concasseur à simple mâchoire oscillante pour préconassage d'échantillons de tous degrés de dureté . Granulométrie d'entrée maximale 140 mm de longueur d'arête . Granulométrie finale : réglable entre 50 et 12 mm . Débit : 1000 Kg à 5000 Kg/h selon le réglage ainsi que d'après le comportement au broyage du produit d'alimentation .

Masse : 1100 Kg désignation KHD MN 931/4 .

1.2 - Concasseur secondaire :



De même type que le premier mais  
de caractéristiques différentes :

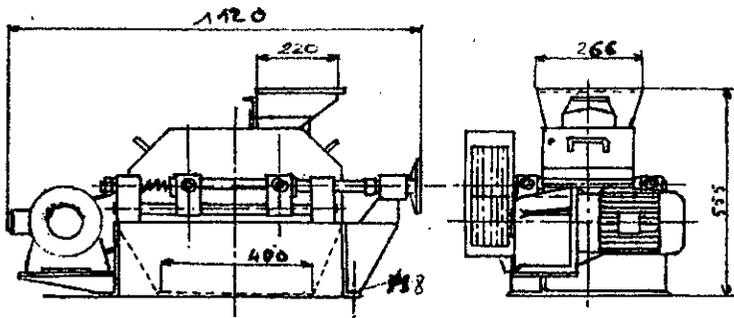
granulométrie d'entrée maximale : 90 x 70 x 80 mm

granulométrie finale : réglable entre 12 et 4 mm

débit : 80 à 350 Kg/h

Masse : 300 Kg                    désignation KHD MN 931/8

1.3 - Broyeur :



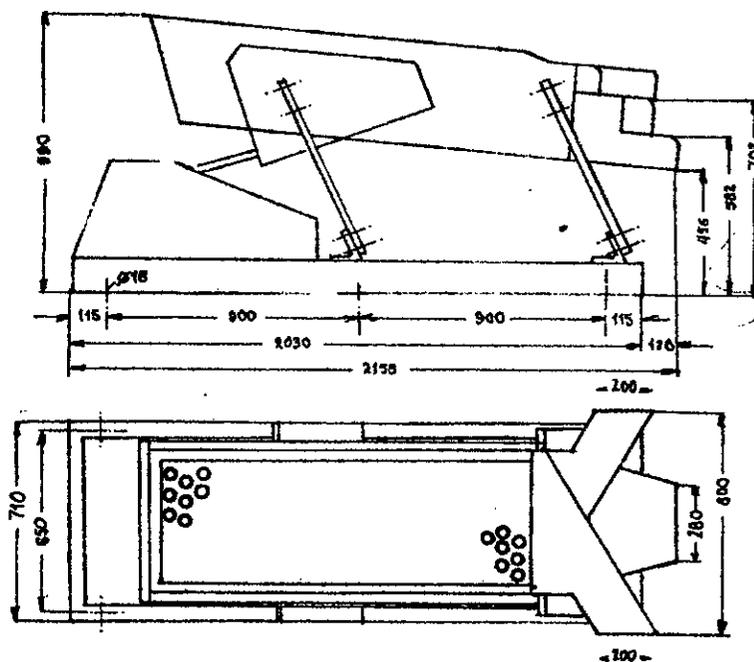
C'est un broyeur à cylindres lisses pour la réduction d'échantillons de tous degrés de dureté ; granulométrie d'entrée maximale : 12 mm

Finesse finale : selon l'écartement des cylindres , entre 3,0 et 0,2 mm et en cas de répétition jusqu'à 0,1 mm.

Débit : 200 à 1200 Kg/h selon le comportement au broyage du produit d'alimentation et le réglage de l'écartement des cylindres .

Masse : 400 Kg désignation KHD MN 934/1

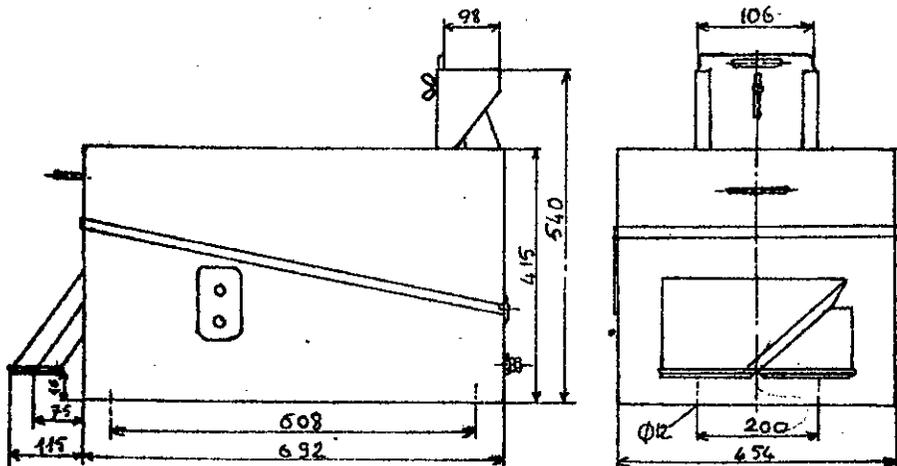
1.4 - premier crible :



C'est un ensemble oscillant à deux étages servant à la classification d'échantillons à gros grains en trois fractions . Les entoilages des cribles sont à perforations rondes ou carrées de 2 à 80 mm .  
 Débit : 1 à 5 m<sup>3</sup>/h selon la maille de coupure et la nature de l'échantillon .

Masse : 470 Kg      désignation KHD MN 917/1

1.5 - Deuxième crible :



C'est un crible vibrant pour la classification d'échantillons à grains fins d'une plage granulométrique entre 10 et 0,2 mm en deux fractions . Les entoillages du crible sont à mailles carrées d'ouverture entre 10 et 0,2 mm .

Débit : 0,2 à 12 m<sup>3</sup>/h .

Masse : 100 Kg désignation KHD MN 945/1 .

## 2. DESCRIPTION DETAILLEE DE LA PREMIERE SOLUTION :

Comme nous l'avons déjà signalé , le minerai est d'abord chargé dans une trémie disposée sur un chariot à partir d'une rampe à l'extérieur du hangar . La dimension maximale des blocs admis dans le 1<sup>o</sup> concasseur étant de 140 mm , on placera au dessus de la trémie une grille à mailles carrées de dimensions de vide 100 x 100 mm de façon à assurer le bon fonctionnement de la machine .

Cette trémie étant dirigée dans le hangar , elle prendra place au dessus du concasseur primaire dans un cadre qui est réservé à cet effet et ce à l'aide du moyen de levage choisi .

Dans cette position on ouvre au minimum la fermeture prévue dans la partie inférieure de la trémie , le minerai est alors guidé à l'aide d'une pièce de liaison sur un alimentateur , l'opération de concassage primaire peut ainsi commencer en opérant dans l'ordre suivant :

- placer une trémie de récupération sur

chariot en dessous du concasseur .

- mettre en marche celui-ci .
- mettre en marche l'alimentateur ( débit minimum)
- ouvrir successivement à la 2° puis à la 3° position d'ouverture de la trémie d'alimentation si le comportement de la machine le permet . On pourra ensuite agir sur le débit par le réglage de l'alimentateur .

Quand cette première opération est achevée , on place la trémie ainsi remplie au dessus du poste de criblage dans l'emplacement qui lui est réservé. Cette trémie sera soulevée d'une pièce de liaison constituée d'un plan incliné et d'une fermeture en vanne servant à régler la hauteur de la couche devant s'étaler sur la surface de travail du crible .

Ce crible comporte trois sorties correspondant à trois granulométries différentes : la plus grossière ou "refus" , la moyenne et la fine . Le refus et la moyenne sont acheminées par tubes à section carrée dans des trémies de récupération sur chariots . La fine quant à elle est acheminée par l'intermédiaire d'une pièce de liaison sur le deuxième crible qui la divisera en deux catégories récupérées à la sortie de ce crible dans deux trémies .

Pour mener l'opération de criblage on procédera dans l'ordre suivant :

- vérifier si la "vanne" de la pièce de liaison est fermée .

- placer les quatre trémies de récupération .
  - mettre en marche les deux cribles .
  - ouvrir la trémie au minimum et ouvrir progressivement la vanne , tout en surveillant " l'entonnoir " précédant le deuxième crible .
- Tant que celui-ci n'est pas surchargé , on peut agir sur l'ouverture de la trémie et la vanne de façon à augmenter le débit .

Un premier passage au crible étant ainsi effectué , on met la trémie "refus" au dessus du concasseur secondaire , et la trémie moyenne au dessus du broyeur . Les deux trémies fines peuvent être soit acheminées pour d'autres utilisations , soit être gardées pour un passage au broyeur.

Les opérations de concassage secondaire et de broyage sont menées de façon similaires à l'opération de concassage primaire , quand à l'ordre des manipulations puisque l'on dispose aussi d'alimentateurs en amont de ces deux machines .

Une fois ces deux opérations achevées , on fait subir aux produits de la fragmentation secondaire un second passage au crible qui mettra en évidence les effets de cette fragmentation .

Comme nous l'avons déjà signalé , les deux granulométries issues du criblage de la fine peuvent être repassées au broyeur mais elles devront ensuite subir l'opération de criblage .

### 3. DESCRIPTION DETAILLEE DE LA DEUXIEME SOLUTION :

Le poste de concassage primaire étant le même que pour la 1° solution .

Le parcours du minerais est exactement le même que dans la 1° solution jusqu'à la sortie du concasseur primaire . La trémie contenant les produits du concasseur primaire est ensuite disposée en dessus du deuxième poste de façon à l'alimenter . Le minerai passe en premier par le premier crible pour être divisé en trois fractions :

- un refus qui passe au deuxième concasseur
- une deuxième fraction moyenne qui passe aussi directement dans le broyeur .
- une troisième qui passe dans le deuxième crible par l'intermédiaire d'une pièce de liaison pour être divisée en deux fractions comme dans la 1° solution , à l'issue de ce 1° passage , on fait refaire aux produits du concasseur secondaire et du broyeur le circuit dans le deuxième poste .

Pour ce qui est du mode opératoire il faut agir dans l'ordre suivant :

- mettre en marche toutes les machines de ce 2° poste ainsi que les alimentateurs réglés à leurs débits minimum .
- ouvrir la trémie au maximum .
- commencer à ouvrir "la vanne " de la pièce de liaison trémie-premier crible . En surveillant les

trois points de déversement des produits , on essayera ensuite d'ajuster l'alimentation du premier crible et celle des concasseur secondaire et broyeur de façon à réduire au minimum l'accumulation dans les deux trémies d'alimentation de ces derniers . Si on constate que la capacité de l'une de ces trémies ou celle de la pièce de liaison avec le deuxième crible va être dépassée , on arrête immédiatement l'alimentation de ce poste par l'action sur la fermeture de la trémie et sur la vanne .

Comme on le voit , l'obtention du régime de fonctionnement dans cette solution est plutôt délicate du fait que les différentes machines sont liées .

Pour limiter les manipulations, il serait souhaitable de mener les essais de fonctionnement du concasseur secondaire et du broyeur séparément par leur alimentation directe à partir d'une réserve constituée dans les trémies qui les précèdent . On peut ainsi déterminer les réglages maximums des alimentateurs avant de faire démarrer le deuxième poste . .

Pour notre part , nous effectuerons une étude plus détaillée du comportement de cette installation suivant les deux solutions pour des grilles déterminées dans le chapitre 6 .

\*\*\*\*\*  
\* CHAPITRE 6 \*  
\*\*\*\*\*

## CALCUL TECHNOLOGIQUE

1. DEFINITION , BUT ET HYPOTHESES DE BASE :

Il s'agit en fait de la détermination des parts de minerais qu'aura à traiter chaque machine et du temps nécessaire à ce traitement ainsi que de la répartition finale de la production de l'installation suivant des classes granulométriques déterminées .

Le but sera donc de prévoir autant que possible le comportement général de l'installation du point de vu du temps et de la production et de tirer de cette étude les conclusions qui s'imposent quant aux précautions à prendre lors de son utilisation .

Pour effectuer ce calcul , nous avons considéré les hypothèses suivantes :

- quantité à traiter par cycle  $200 \text{ dm}^3$   
avec une densité apparente moyenne de  $1,5 \text{ Kg/dm}^3$   
ceci représente donc  $300 \text{ Kg}$  .

- les débits des appareils sont proportionnels aux réglages de ceux - ci .

- Le cycle considéré aboutit à deux granulométries finales et se compose donc de plusieurs passages successifs jusqu'à la répartition de toute la quantité

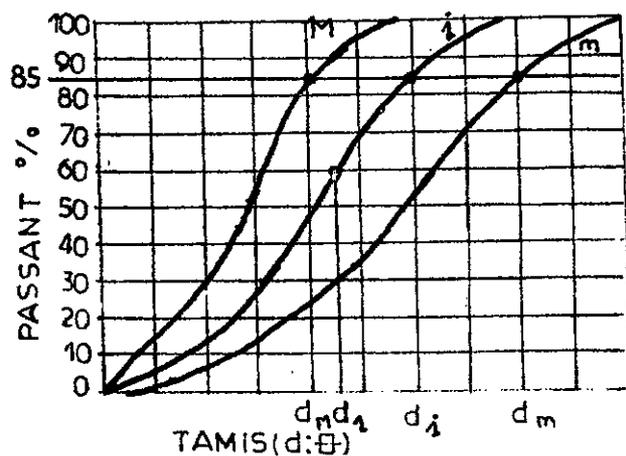


## c) Répartition de la production :

La production de chaque appareils se répartit suivant des courbes granulométriques qui dépendent du réglage contrôlant la granulométrie à obtenir.

Ces courbes permettent, pour un réglage déterminé, de déterminer le pourcentage de passant à une maille de dimension  $d$ .

Pour les appareils de fragmentation, il est convenu que la granulométrie des produits est (d) si 85% du poids de ces produits passent à travers la maille de dimension (d).



finesse de réglage :  $M > i > m$

fig. 1 - Exemple de courbes granulométriques  
- Interprétation de la figure 1 :

La courbe  $i$  donnera donc la répartition des produits de l'appareil de fragmentation

réglé pour donner une granulométrie  $d_1$ .

Pour ce même réglage, on peut dire qu'une grille de dimension  $d_1$  laisse passer 60% des produits, et que la classe  $d_1/d_1$  comprend  $85 - 60 = 25\%$  des produits.

En l'absence de courbes spécifiques à nos machines et aux matériaux qu'aura à traiter l'installation, nous avons pu les courbes granulométriques générales correspondant aux stades de concassage et de broyage et obtenues en traitant des matériaux durs (courbes recueillies dans les catalogues de la société ABM spécialisée dans la fragmentation-classification, bulletins VB 71 et BCS 76-5), en fait ces courbes générales sont analogues pour différents stades de la réduction.

Pour notre concasseur primaire, la répartition des produits est donnée par la courbe granulométrique (fig. 2) correspondant au réglage choisi.

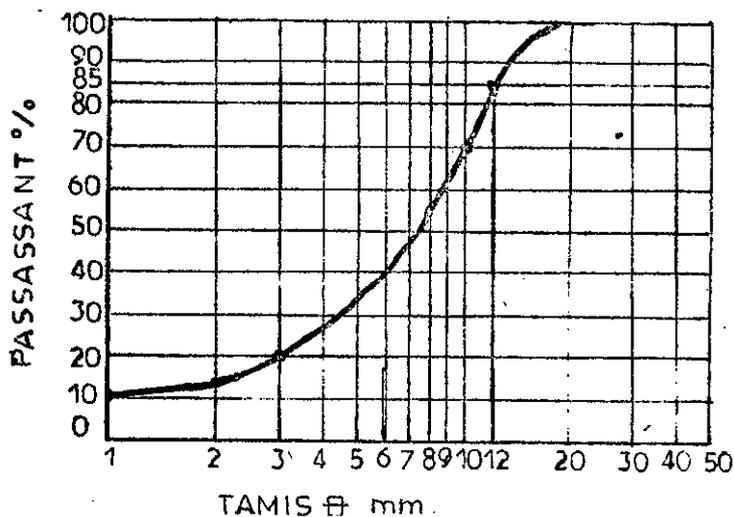


Fig. 2 - Courbe granulométrique correspondant au réglage de  $C_1$

TABLEAU 1 : REPARTITION DES PRODUITS DE C <sub>1</sub>			
CLASSE	POURCENTAGE (%)	MASSE ( Kg )	VOLUME(dm <sup>3</sup> )
> 10	30	90	60
3/10	70-20= 50	150	100
1/3	20-10= 10	30	20
0/1	10	30	20
TOTAL	100	300	200

## 2.2 Concasseur secondaire ( C<sub>2</sub> ):

D'après ce qui précède , le concasseur aura à traiter 90 Kg de minerais .

### a) réglage et débit :

Le concasseur est réglé pour donner une granulométrie de 7 mm . Ce réglage a été choisi de façon à avoir 100% de passant à la grille de 10 mm (fig. 3 ) et limiter ainsi le nombre de passages nécessaires à l'obtention des deux granulométries finales , car les minerais traités par ce concasseur ne passeront plus par lui lors de la répétition du circuit .Le débit est dans ce cas de 190 Kg/h .

b) temps de traitement :

D'après la formule (1) :

$$t_{C_2} = 60 \times \frac{90}{190} = 28,4 \text{ min} \quad t_{\xi} = 28 \text{ min}$$

c) répartition de la production :

Elle est également donnée par la courbe granulométrique relative au réglage indiqué de ce concasseur .

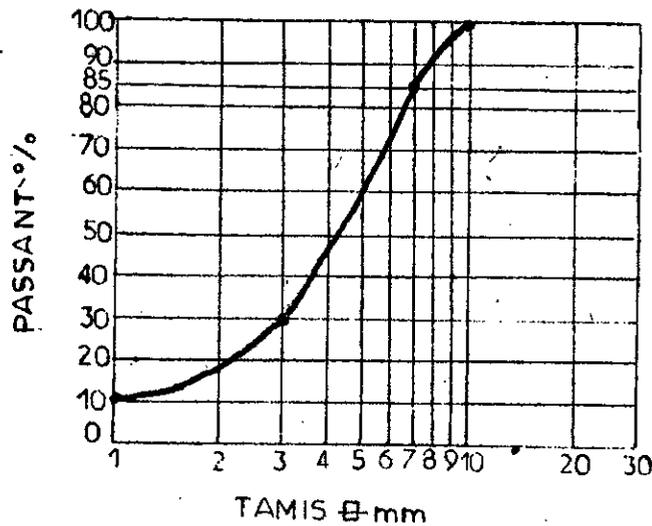


Fig. 3 - Courbe granulométrique au réglage de C<sub>2</sub>

TABLEAU 2 : REPARTITION DES PRODUITS DU CONCASSEUR C <sub>2</sub>			
CLASSE	POURCENTAGE %	MASSE (kg)	VOLUME (dm <sup>3</sup> )
> 10	0	0	0
3 / 10	100-30= 70	63	42
1/3	30-10= 20	18	12
0/1	10	9	6
TOTAL	100	90	60

### 2.3. Broyeur (B) :

D'après le tableau 1 le broyeur aura à traiter 150 Kg de minerais ( 100 dm<sup>3</sup>)

a) réglage et débit :

Pour les mêmes raisons que pour le concasseur secondaire et en outre pour obtenir une

répartition équilibrée des classes 0/1 et 1/3 nous avons choisi le réglage permettant de donner une granulométrie de 1,7 mm. Le débit sera dans ce cas de 750 Kg/h .

b) temps de traitement :

toujours d'après la formule (1)

$$t_B = 60 \times \frac{150}{750} = 12 \text{ mn}$$

c) répartition de la production :

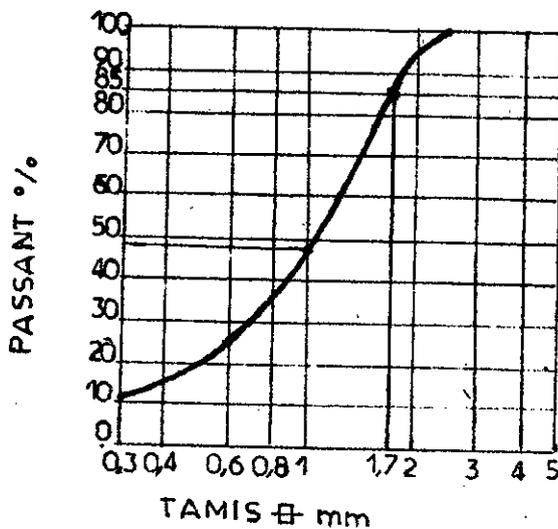


fig. 4 — Courbe granulométrique correspondant aux réglages de B.

TABLEAU 3 : REPARTITION DES PRODUITS DU MOYEUR B			
CLASSE	POURCENTAGE%	MASSE (Kg)	VOLUME(dm <sup>3</sup> )
> 10	0	0	0
3/10	0	0	0
1/3	100-48= 52	78	52
0/1	48	72	48
TOTAL	100	150	100

#### 2.4. Premier crible et deuxième crible :

##### a) premier crible :

Il aura à traiter toute la quantité de 200 dm<sup>3</sup> et puisque l'on emploie des grilles de 10 et 3 mm alors que son domaine d'application est 60 à 2 mm, on suppose que son débit sera parmi les plus faibles et on l'estime à 1000 m<sup>3</sup>/h .

Son temps de traitement sera donc

$$t_{G_{1.2}} = 60 \times \frac{200}{1000} = 12 \text{ mn}$$

##### b) deuxième crible :

Ce crible aura à traiter 20 + 20 = 40 dm<sup>3</sup> de la quantité initiale (voir tableau 1 )  
Si on suppose que son débit est proportionnel à la maille de coupure , il sera pour une maille de 3 mm , de 250 dm<sup>3</sup>/h

Le temps de traitement sera donc:

$$T_{G_3} = 60 \times \frac{40}{250} = 9,6 \text{ mm.}$$

### 2.5. Interprétation des résultats :

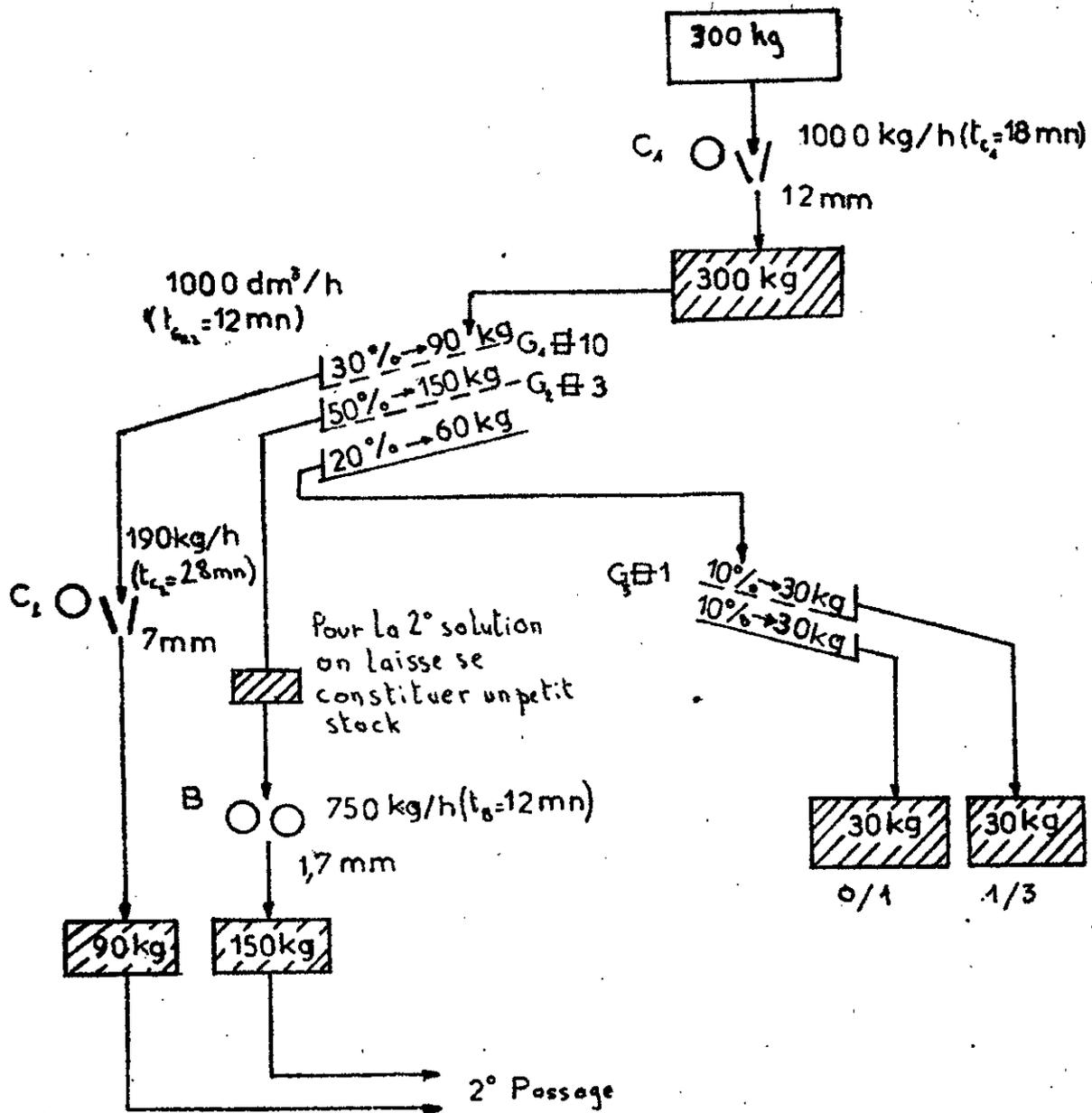
On remarque que  $t_{G_1,2}$  est inférieur à  $t_{G_2}$ , mais comme on a intercalé une trémie prévue justement à cet effet de  $100 \text{ dm}^3$  de capacité, et que la part passant à  $C_2$  est de  $60 \text{ dm}^3$  on peut donc dire que cette accumulation ne présente pas de danger.

On remarque aussi que  $t_{G_{1,2}}$  et  $t_B$  sont égaux, c'est à dire que théoriquement, le broyeur est alimenté au débit justement convenable, néanmoins, et pour la 2<sup>o</sup> solution, il serait préférable de laisser un stock se constituer en démarrant le broyeur un peu en retard par rapport au crible et laisser l'alimentateur assurer la bonne alimentation de ce premier.

Nous avons aussi  $t_{G_3}$  plus petit que  $t_{G_2}$ , ce qui est impossible en pratique car le deuxième crible ne peut pas dépasser le premier. En fait ceci montre que le deuxième crible ne travaille pas à son débit supposé mais à un débit moindre.

2.6. Schéma récapitulatif du 1° Passage :

Nous essayerons dans ce schéma de résumer clairement les résultats obtenus.



### 3. Deuxième passage :

Ce deuxième passage interesse les produits qui ont été traités par le concasseur secondaire ( C<sub>2</sub> ) et le broyeur (B) c'est à dire  $90 + 150 = 240$  Kg (  $160 \text{ dm}^3$  ). Cette fois , les produits ne passent plus par le concasseur primaire , en outre , on peut dire que les produits vont se répartir suivant la somme des tableaux 2 et 3 :

TABLEAU 4 : REPARTITION DES PRODUITS DE C <sub>2</sub> ET B APRES LE 1 <sup>o</sup> PASSAGE		
CLASSE (mm)	MASSE (Kg)	VOLUME ( $\text{dm}^3$ )
>10	0+0 = 0	0+0 = 0
3/0	63+0 = 63	42+0 = 42
1/3	18+78 = 96	12+52 = 64
0/1	9+72 = 81	6+48 = 54
TOTAL	240	150

On voit donc d'après le tableau 4 que le concasseur secondaire (C<sub>2</sub>) n'aura rien à traiter lors du 2° passage .

### 3.1. Broyeur :

a) temps de traitement : le réglage et le débit étant supposés les mêmes que lors du 1° passage et la quantité à traiter étant cette fois de 65 Kg (tab. 4)

on peut déterminer  $t_B$  comme suit :

$$t_B = 60 \times \frac{65}{750} = 5,04 \quad t_B = 5 \text{ mn}$$

b) répartition des produits: cette répartition sera donnée par la courbe de la figure 4 ; et on la présente sous forme de tableau .

TABLEAU 5 : REPARTITION DES PRODUITS DE 5 METRES DE 2° PASSAGE			
CLASSE (mm)	POURCENTAGE %	CLASSE (Kg)	VOLUME (dm <sup>3</sup> )
> 10	0	0	0
3/10	0	0	0
1/3	100-48= 52	33	22
0/1	48	30	20
TOTAL	100	65	42

### 3.2. Premier et deuxième crible :

a) premier crible : Il aura à traiter toute la quantité qui subit le deuxième passage ( $160 \text{ dm}^3$ ), si on suppose le même débit que lors du 1<sup>o</sup> passage ; nous aurons le temps de traitement  $t_{G_{1.2}}$  tel que :

$$t_{G_{1.2}} = 60 \times \frac{160}{1000} = 9,6 \text{ mn} \quad t_{G_{1.2}} = 10 \text{ mn}$$

b) deuxième crible : Il aura à traiter la somme des classes C/1 et 1/3 données par le tableau 4, c'est à dire  $96+81 = 177 \text{ Kg}$  ( $64 + 54 = 118 \text{ dm}^3$ ) .

Le temps de traitement  $t_{G_3}$  sera donc ( avec le même débit que lors du 1<sup>o</sup> passage )

$$t_{G_3} = 60 \times \frac{118}{250} = 28 \text{ mn}$$

### 3.3. Interprétation des résultats :

On remarque que  $t_{G_3} > t_{G_{1.2}}$ , ce

qui montre qu'il y aura accumulation entre le premier et le deuxième crible, comme ce dernier aura à traiter  $118 \text{ dm}^3$  des  $160 \text{ dm}^3$  ( ce qui représente  $\frac{118 \times 100}{160} = 74\%$  ) et que la capacité d'accumulation entre les 2 n'est que de  $60 \text{ dm}^3$ , il faut vérifier si elle est suffisante

$$\begin{aligned} \text{Débit d'accumulation : } D_a &= 0,74 \times 1000 - 250 = \\ &= 490 \text{ dm}^3/\text{h} . \end{aligned}$$

Capacité d'accumulation minimum nécessaire :

$$C_a = \frac{D_a}{60} \times t_{G_{1.2}} = \frac{490}{60} \times 10 = 81,7 \text{ dm}^3$$

On voit donc qu'il y aura dépassement de la capacité prévue et il faudra alors réduire le débit du 1° crible à une valeur  $D_1$  en agissant sur son alimentation ( ce qui justifie l'emploi d'un dispositif prévu à cet effet);

\* détermination de  $D_1$  :

débit d'accumulation :

$$D_a = 0,74 D_1 - 250 \quad [\text{dm}^3/\text{h}]$$

$$\text{temps de passage au 1° crible} \quad t_{G_{1.2}} = \frac{160}{D_1} \quad [\text{h}]$$

$$\text{capacité d'accumulation : } C_a = D_a \times t_1 = (0,74D_1 - 250) \frac{160}{D_1}$$

$D_1$  sera donc donné par l'équation suivante :

$$(0,74 \cdot D_1 - 250) \frac{160}{D_1} = 50$$

$$\text{d'où } D_1 = \frac{250}{0,74 - \frac{50}{160}} = 585 \text{ dm}^3/\text{h}$$

$$D_1 = 600 \text{ dm}^3/\text{h}$$

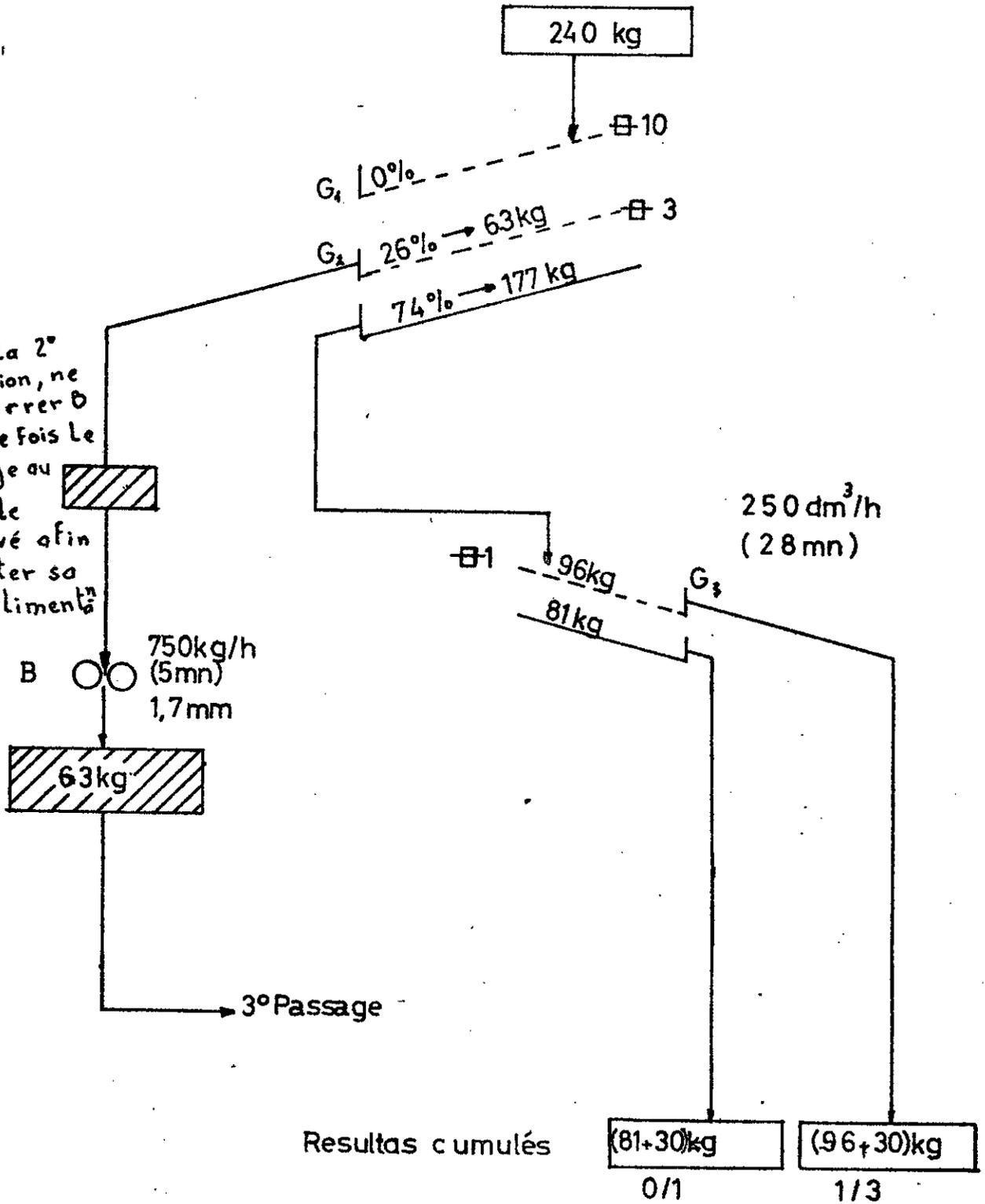
$$\text{Et dans ce cas : } t_{G_{1.2}} = \frac{160}{600} \cdot 60 = 16 \text{ mn}$$

$t_{G_{1.2}}$  sera donc supérieur à  $t_B$  (5 mn) et il y a sous alimentation du broyeur dans la 2° solution, comme il n'aura à traiter que  $43,3 \text{ dm}^3$  dans ce deuxième passage on peut palier à cet inconvénient en ne le démarrant qu'une fois le passage au 1° crible terminé .

3.4. schéma récapitulatif du deuxième passage :

2° Passage

Dans la 2° solution, ne démarrer B qu'une fois le passage au 1° crible achevé afin d'éviter sa sous-alimentation



4 . Troisième passage :

Ce troisième passage interesse les produits qui ont été traités par le broyeur ( B ) lors du deuxième passage , c.à .d 63kg (ou 42 dm<sup>3</sup> ).

Cette fois aucun appareil de fragmentation ne sera traversé par les minerais , d'après la répartition des 63 Kg donnée par le tableau 5

(0/1 : 30 Kg ; 1/3 : 33 kg)

4.1. Premier et deuxième crible :

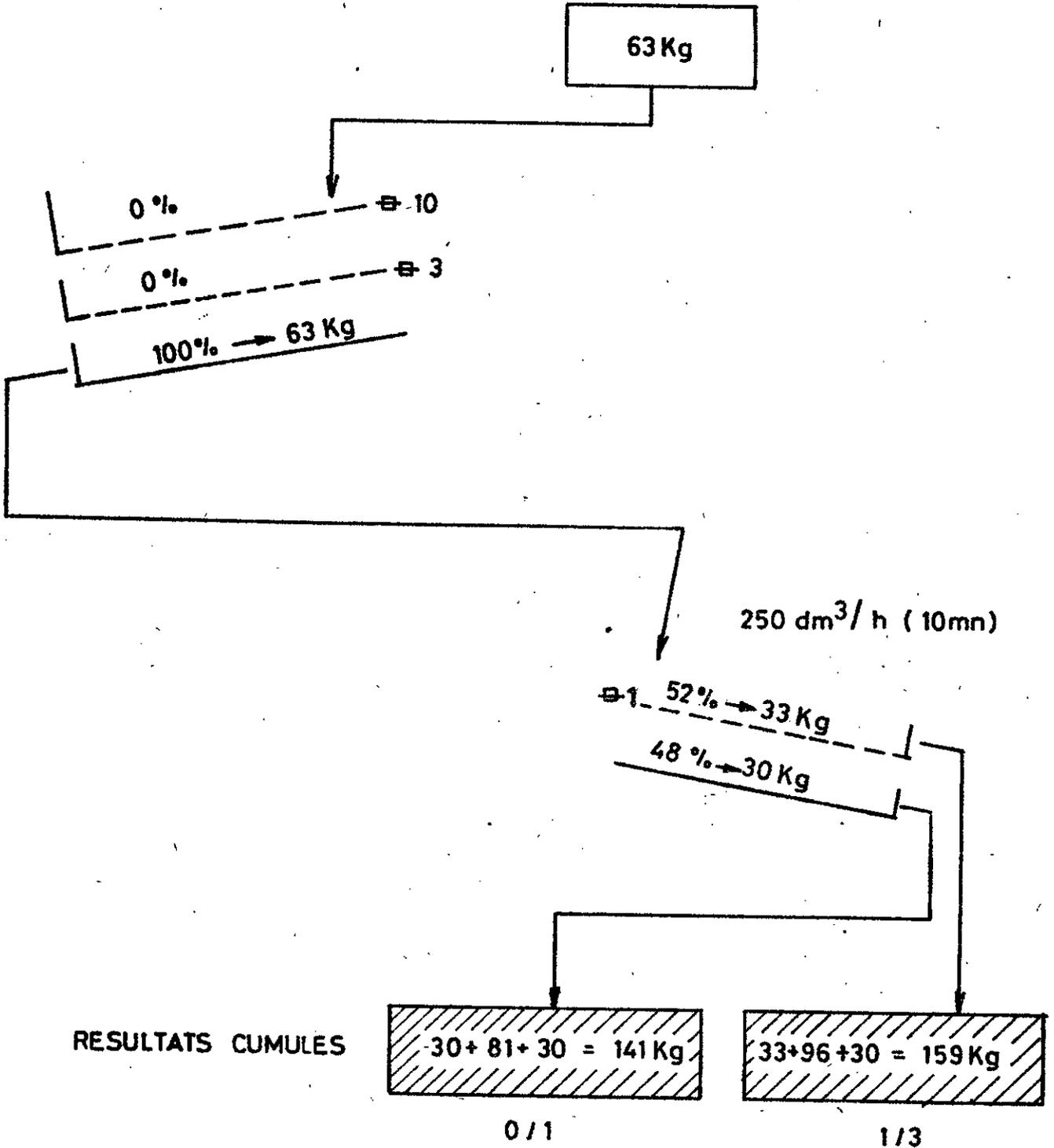
Ils seront tous les deux traversés par les 63 Kg qui effectuent le 3° passage , cette quantité étant d'un volume inférieur à celui prévu pour l'accumulation entre les deux cribles , le débit du 1° crible n'affectera pas le fonctionnement du 2° et le temps de traitement sera déterminé par ce dernier (temps valable pour les deux solutions ) .

$$t_{G_3} = \frac{42}{250} \cdot 60 = 10,08 \text{ mn}$$

$$t_{G_3} \approx 10 \text{ mn}$$

4.2. Schéma récapitulatif du 3° passage :

3° PASSAGE



### 5. Bilan final :

En conclusion , nous pouvons dire qu'en partant de 300 Kg de minerai et en effectuant un cycle des trois passages , aux différentes unités d'après le schéma technologique on aboutit à deux granulométries finales dans les proportions suivantes :

$$0/1 : 141 \text{ Kg} \quad \text{soit} \quad 100 \cdot \frac{141}{300} = 47\%$$

$$1/3 : 159 \text{ Kg} \quad \text{soit} \quad 100 - 47 = 53\%$$

Pour ce qui est du temps de traitement dans chaque solution , nous allons établir des diagrammes pour les évaluer mais en ne tenant compte des temps de manipulations que de façon analytique et en supposant ces temps égaux à une certaine valeur  $t_r$ . On fera la même supposition d'égalité pour les temps de retard de début et fin de fonctionnement des machines placées en aval d'autres et on notera ce temps  $t_r$ .

Dans ces diagrammes, les temps des opérations se déroulant dans une même machine sont placés à un même niveau .

On détermine par ce moyen graphique que la deuxième solution a nettement l'avantage quant à la durée du traitement .

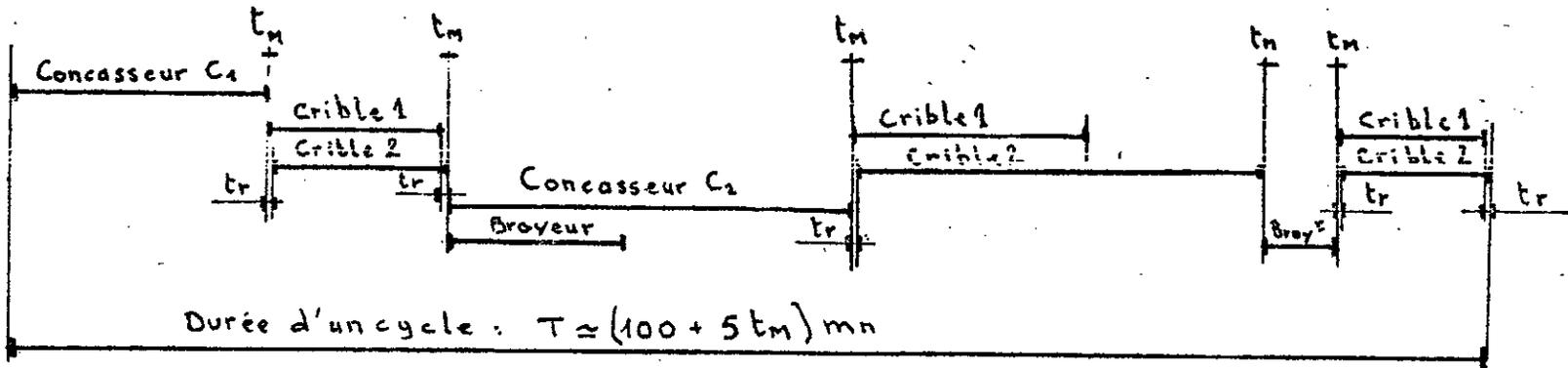


Diagramme des temps pour la première solution

Echelle: 5mn

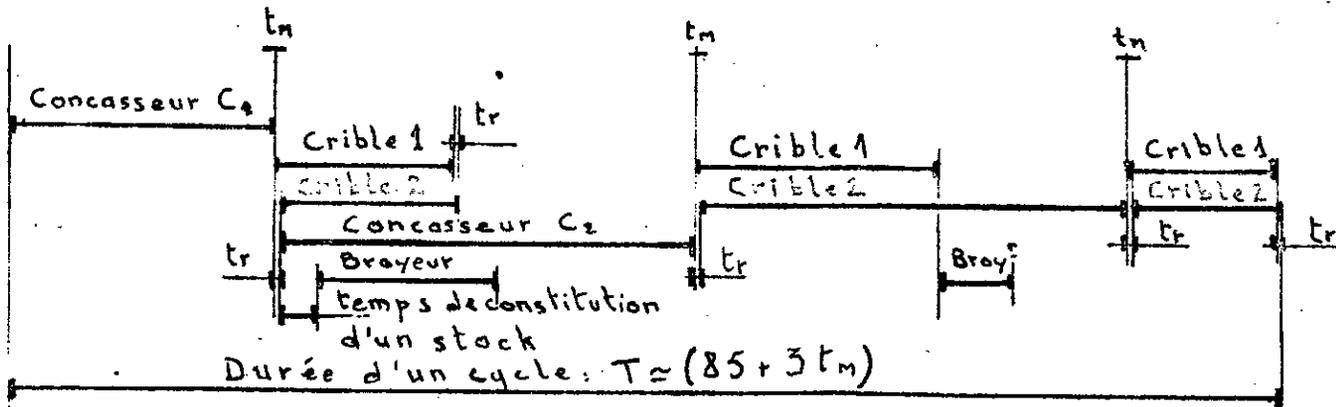


Diagramme des temps pour la deuxième solution

6/ Détermination du nombre de trémies nécessaires :

Nous déterminerons le nombre de trémies nécessaires pour chaque solution à l'aide de schémas imageant la fin de chaque étape du traitement

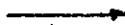
légende des symboles utilisés



trémies vides



trémie contenant du minerai



passage de minerai



transfert de trémie

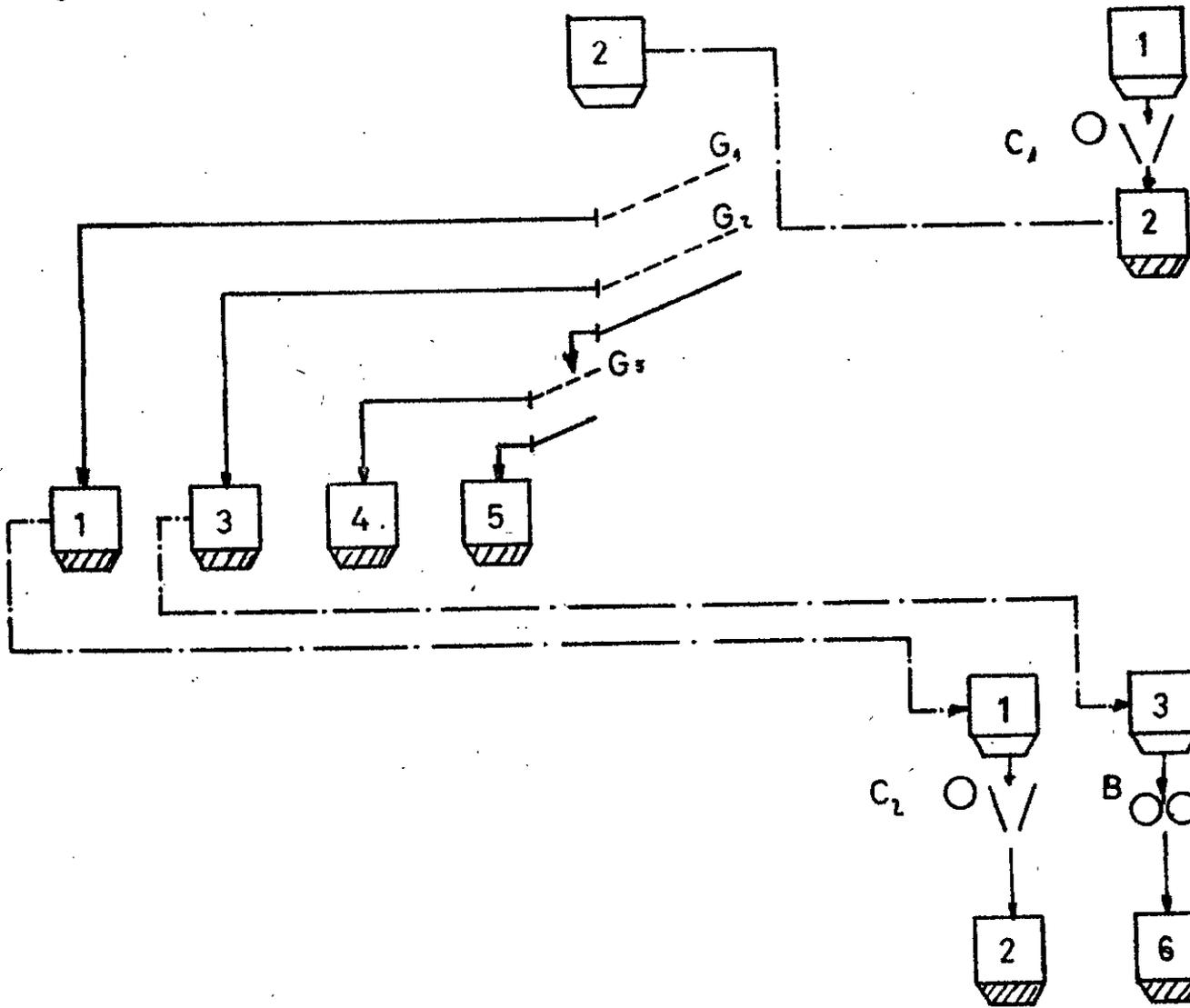


théoriquement il n'y a pas de passage de minerai mais en pratique il reste possible

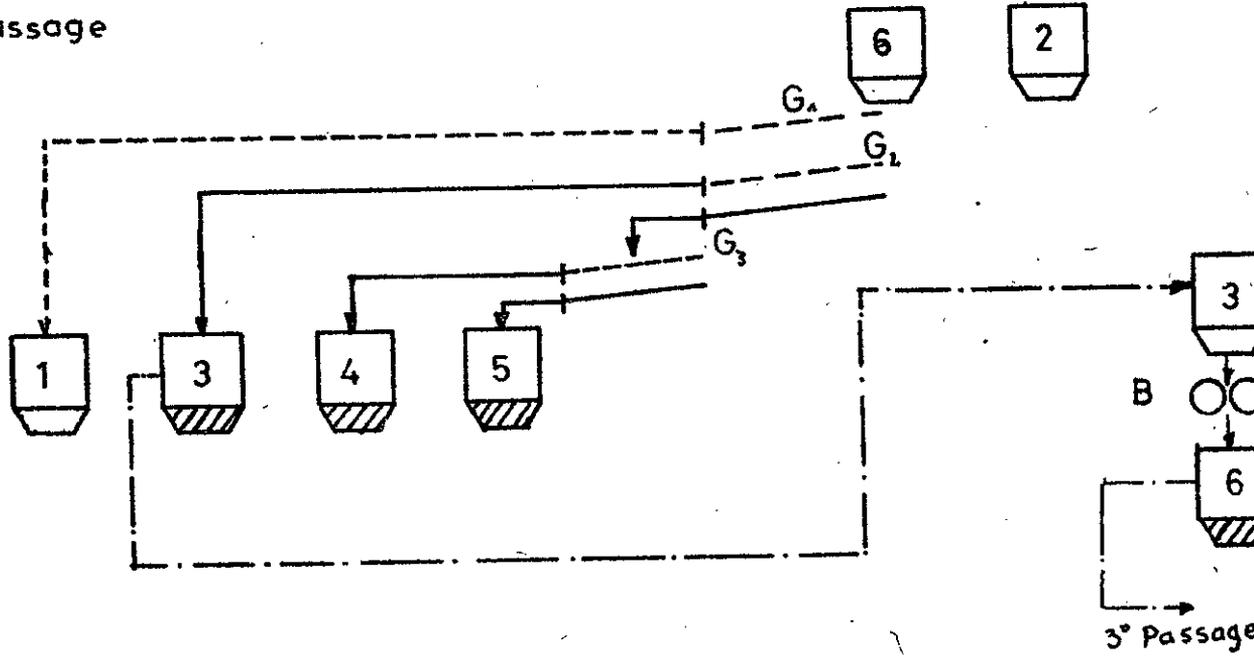
Les trémies sont repérées par un numéro. Dès qu'une trémie est vide, elle est utilisée. De cette façon, et après avoir établi les schémas des trois passages, le dernier numéro indique le nombre de trémies.

6.1. 1<sup>ère</sup> solution

1° Passage

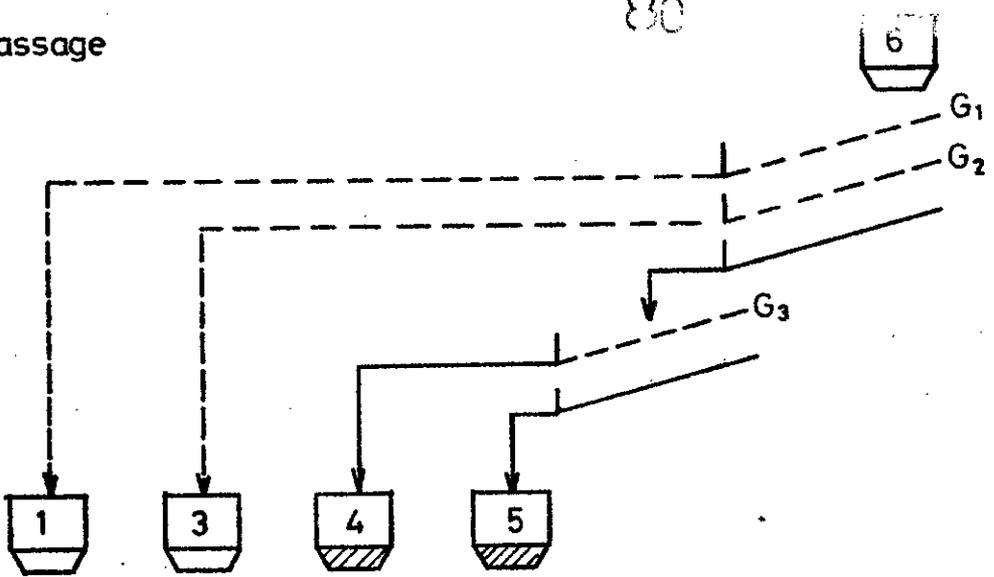


2° Passage



3° Passage

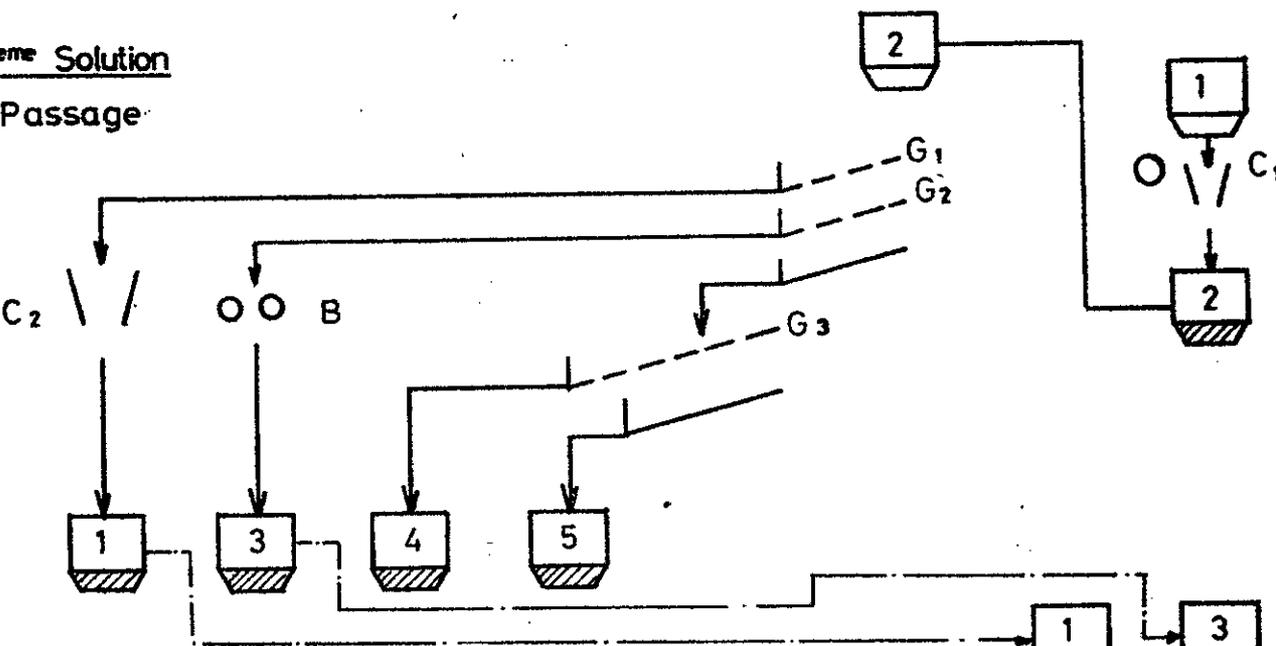
3° Passage



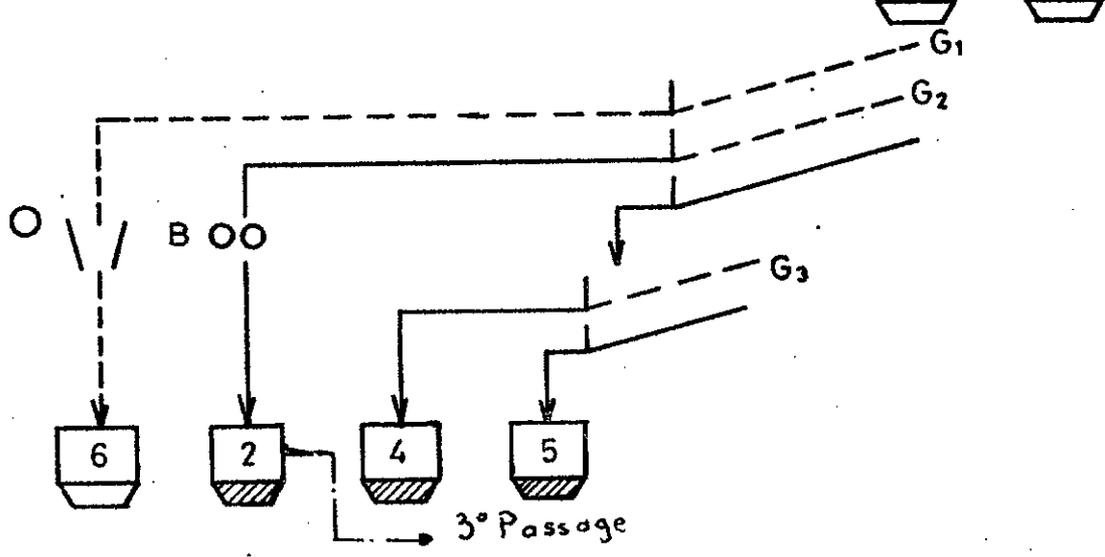
Pour la 1<sup>re</sup> solution, nous avons donc besoin d'au moins 6 trémies

6.2. 2<sup>eme</sup> Solution

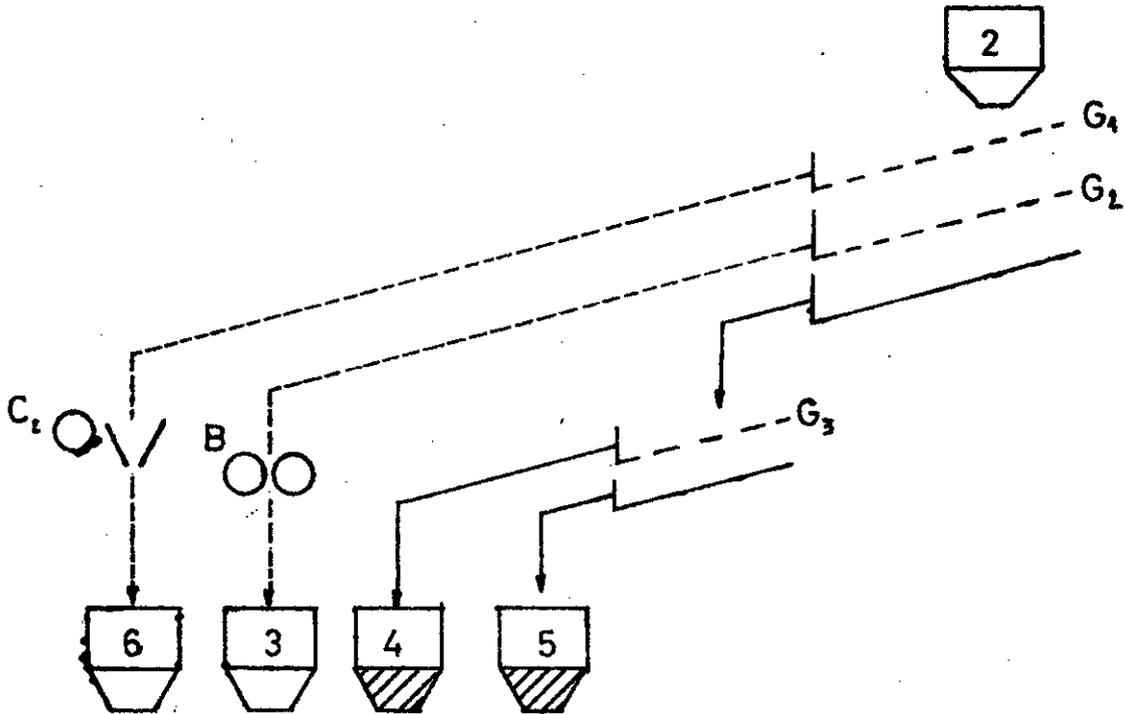
1° Passage



2° Passage



3° Passage

3° Passage

Pour ce deuxième solution, nous avons besoin d'au moins cinq (5) techniques, mais pour plus de sécurité, il vaut mieux en prendre six (6) et on voit que finalement, les deux solutions sont équivalentes de ce point de vue.

CONCLUSION  
\*\*\*\*\*

En terminant ce travail , et en mesurant le chemin parcouru depuis la première prise en main de ce projet , nous pouvons dire qu'une grande étape a été franchie vers la réalisation finale de l'installation étudiée et nous pouvons situer notre apport au stade de l'avant-projet puisque nous sommes arrivés à adopter un schéma opératoire ( ou flow sheet ) , à proposer deux dispositions pratiques ( première et deuxième solution de l'installation ) en définissant toutes les machines et dispositifs qui s'y rattachent , ainsi qu'en présentant des solutions de manutention adaptées aux conditions d'utilisation, et enfin à effectuer un calcul technologique constituant une première approche du comportement de chacune des deux solutions .

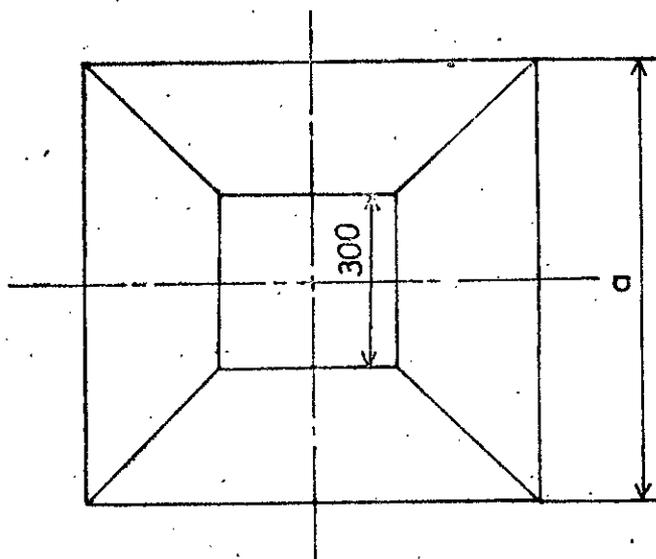
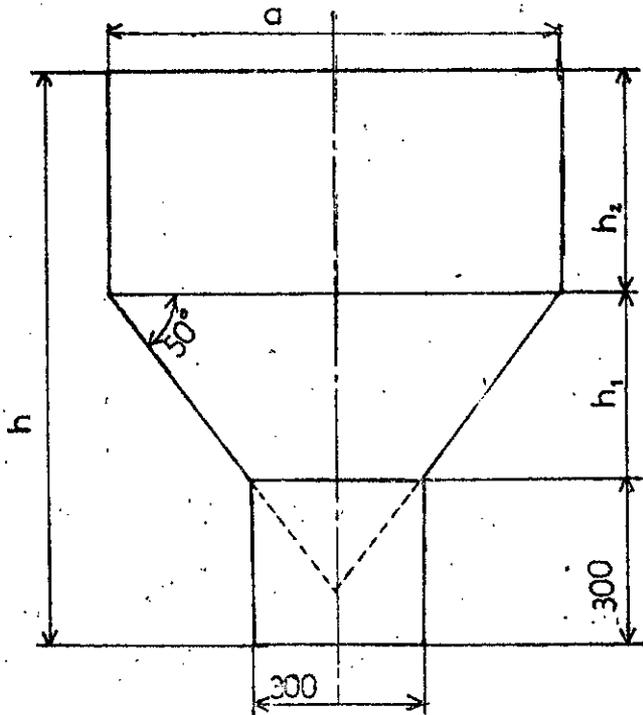
Pour la disposition et la manutention , le choix définitif entre les alternatives proposées dépasse en fait le cadre de notre projet et de notre compétence toutefois , nous recommandons la deuxième solution pour le premier point et le pont roulant suspendu pour le deuxième .

Pour pouvoir constituer un projet technique complet de l'installation , ce travail serait à compléter par une étude relative au dépoussiérage que l'on juge comme étant nécessaire dans ce cas et, si ce dernier point n'a pas été traité en détail , il a cependant été considéré et on peut dire que les deux solutions permettent l'adaptation de dispositifs prévus à cet effet .

\*\*\*\*\*  
ANNEXE  
\*\*\*\*\*

CALCUL DE VOLUMES

1. Trémie principale :



- a<sub>2</sub> -

$$V = 300 \text{ l}$$

Si on limite a à 80 cm :

$$V = a^2 h_2 + \frac{a^3}{6} \operatorname{tg} \alpha = 8^2 h_2 + \frac{8^3}{6} \operatorname{tg} 50 = 64 h_2 + 104,696$$

$$V = 300 \text{ l} \Rightarrow h_2 = \frac{300 - 104,696}{64} = 3,098$$

$$h_2 \approx 3,1 \text{ dm}$$

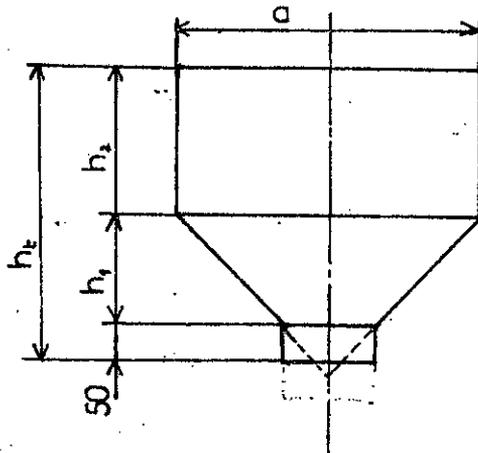
$$h_2 = \frac{a - 300}{2} \operatorname{tg} 50 = \frac{800 - 300}{2} \operatorname{tg} 50 = 297,94 \text{ mm}$$

$$h_1 \approx 298 \text{ mm}$$

$$\text{d'où } h = h_1 + h_2 + 300 = 298 + 310 + 300 = 908 \text{ mm}$$

$$V = 8 \times 8 \times 3,1 + 3 \times 3 \times 3 + \left( \frac{8^3 - 3^3}{6} \right) \operatorname{tg} 50 = 321,7 \text{ dm}^3$$

2. Trémie secondaire :



- 03 -

On veut avoir  $V \approx 100 \text{ dm}^3$

Si on limite  $a$  à 60 cm (en faisant le calcul en dm)

$$V = a^2 h_2 + \frac{a^3}{6} \operatorname{tg} \alpha = 36 h_2 + \frac{6^3 \operatorname{tg} 50}{6} = 36 h_2 + 42,9$$

$$V = 100 \text{ dm}^3 \Rightarrow h_2 = \frac{100 - 42,9}{36} = 1,586 \text{ dm}$$

On prend  $h_2 = 160 \text{ mm}$

$$h_1 = \frac{a - 1,5}{2} \operatorname{tg} \alpha = \frac{6 - 1,5}{2} \operatorname{tg} 50 = 2,68 \text{ dm}$$

$h_1 \approx 270 \text{ mm}$

$$h_t \approx h_1 + h_2 + 50 = 160 + 270 + 50 = 480 \text{ mm}$$

$$V = 6 \times 6 \times 1,6 + 0,5 \times 1,5 \times 1,5 + \left( \frac{6^3 - 1,5^3}{6} \right) \operatorname{tg} 50 = 100,96 \text{ dm}^3$$

### CALCUL DE MASSES

#### MASSE DE LA TRÉMIE VIDE $M_v$

$$M_v = \rho \cdot S \cdot e + m'$$

$\rho$  = masse volumique de l'acier

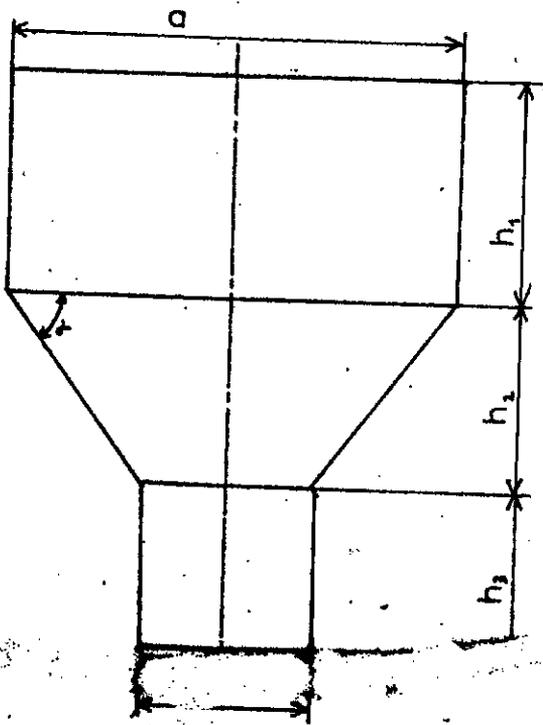
$$\rho = 7,8 \text{ kg/dm}^3$$

$S$  = Surface de tôle utilisée

$e$  = épaisseur de tôle

$m'$  = masse des éléments supplémentaires  
(articulation, tubes de positionnement,  
fermeture, ...)

- a<sub>4</sub> -



$$S = 4 \left[ a \cdot h_1 + \left( \frac{a + a_3}{2} \right) \frac{h_2}{\sin \alpha} + \frac{a_3^2}{2} \right]$$

Si on mesure  $S$  en  $\text{dm}^2$

$$a = 8 \text{ dm}$$

$$h_2 = 3,1 \text{ dm}$$

$$h_1 = 3 \text{ dm}$$

$$h_3 = 3 \text{ dm}$$

$$\text{et } \alpha = 50^\circ$$

$$e = 4 \text{ mm} = 0,04 \text{ dm}$$

$$S = 4 \left[ 8 \cdot 3 + \left( \frac{8+3}{2} \right) \frac{3,1}{\sin 50^\circ} + \frac{3^2}{2} \right] = 176,51 \text{ dm}^2$$

On estime  $m'$  à 10% de la masse de la trémie nue

$$M_v = 1,1 \text{ g.S.e}$$

$$M_v = 1,1 \cdot 7,8 \cdot 176,51 \cdot 0,04 = 60,58 \text{ kg}$$

$$M_v \approx 60 \text{ kg}$$

Masse de la trémie chargée :  $M_c = M_v + Vd$   
la trémie aura à transporter au maximum  
le contenu d'un baril de minerais, c.a. d  
200 l avec une densité apparente variant  
de 1,5 à 2  $\text{kg}/\text{dm}^3$ .

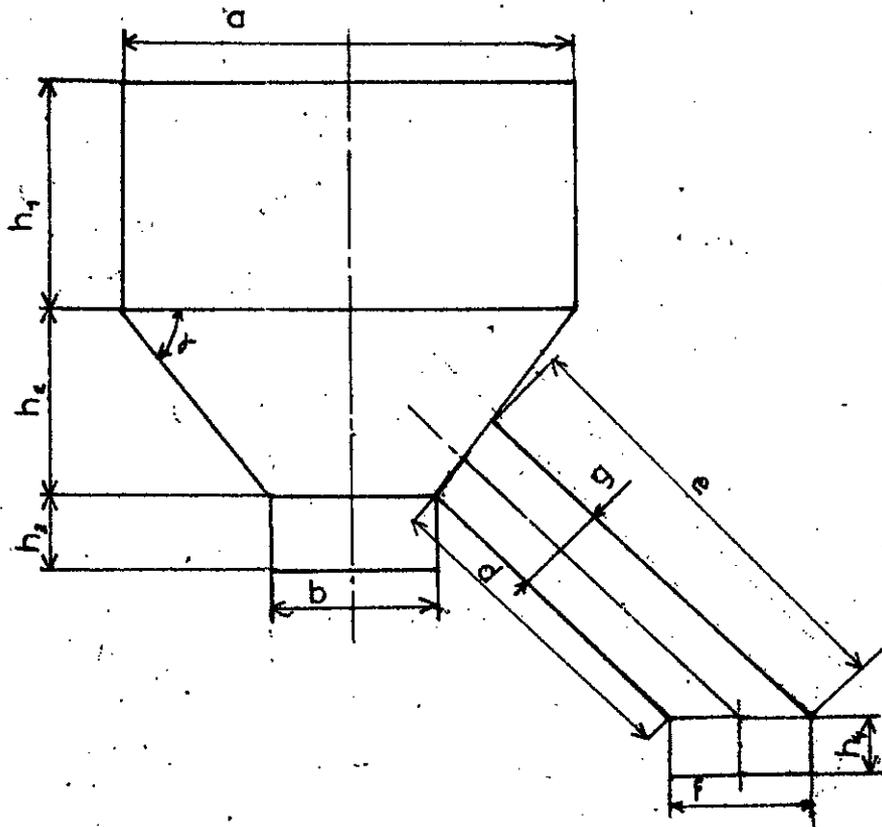
- a<sub>5</sub> -

On aura donc au maximum

$$M_c = 60 + 200 \times 2 = 460 \text{ kg}$$

Masse de la trémie secondaire vide :

$$M_v = \rho \cdot S \cdot e$$



$$S = 4 \left[ ah_1 + \left( \frac{a+b}{2} \right) \frac{h_2}{\sin \alpha} + bh_3 + \left( h_4 + \left( \frac{c+d}{2} \right) g \right) \right]$$

Si on veut mesurer S en dm<sup>2</sup>

$$a = 6 \text{ dm}$$

$$b = 1,5$$

$$c = 6,5 \text{ dm}$$

$$h_4 = 0,5$$

$$h_1 = 1,6$$

$$h_2 = 2,7$$

$$d = 5 \text{ dm}$$

$$f = 2,1$$

$$h_3 = 0,5$$

$$g = 1,5$$

$$S = 4 \left[ 6 \cdot 1,6 + \left( \frac{6+1,5}{2} \right) \frac{2,7}{\sin 50} + 1,5 \cdot 0,5 + 2,1 \cdot 0,5 + \left( \frac{6,5+5}{2} \right) 1,5 \right]$$

$$= 33,24 \text{ dm}^2$$

$$e = 0,04$$

$$M_v = 7,8 \cdot 0,04 \cdot 33,24 = 10,37$$

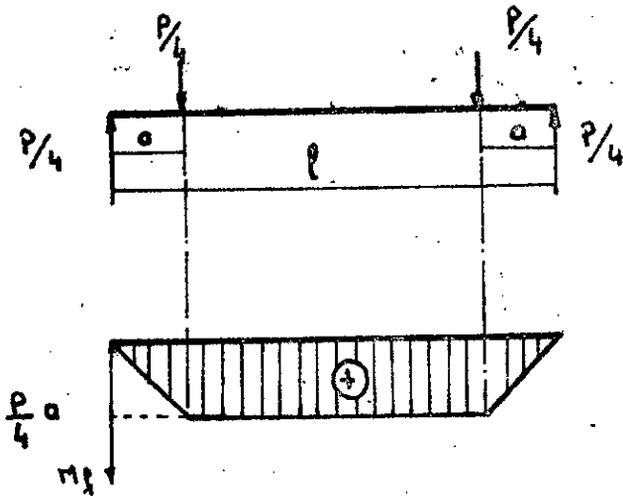
$$M_v \approx 11 \text{ kg}$$

Charge maximum de la trémie chargée :

$$M_c = M_v + V \cdot d = 11 + 100 \cdot 2 = 211 \text{ kg}$$

CALCUL de Résistance simplifié des éléments de constructions les plus chargés :

- Vérification à la flexion de la cornière la plus chargée
- poutre de soutien des cadres de la trémie



$P = 500 \text{ N}$

$a = 20 \text{ cm}$

$l = 100 \text{ cm}$

$$M_f = \frac{P}{4} \cdot a = \frac{500}{4} \cdot 20 = 2500 \text{ daNcm}$$

$$\sigma_f = \frac{M}{y} = \frac{2500}{3,09} = 809,1 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Vérification à la Flexion du Profilé U  
le plus chargé :

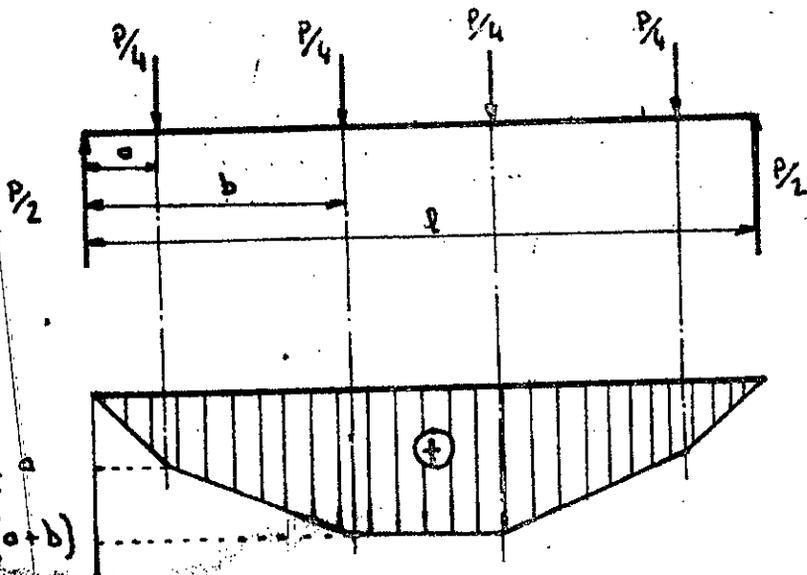
Poutre de soutien des cadres des 2  
 trémières du porte de réduction secondaire

$a = 20 \text{ cm}$

$b = 85 \text{ cm}$

$l = 200 \text{ cm}$

$y = 60,7 \text{ cm}^3$



$$\sigma_f = \frac{M_{\text{max}}}{y} = \frac{P(a+b)}{4y}$$

$$\sigma_f = \frac{13125}{60,7} = 216,23 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

CARACTERISTIQUES ET CHAMPS D'APPLICATION  
DE DIFFERENTS APPAREILS DE FRAGMENTATION

Nous présentons dans ce qui suit trois tableaux donnant les caractéristiques et champs d'application des différents types de concasseur , de granulateurs et broyeurs , et de moulins .

Ces tableaux servent à orienter le choix de l'utilisateur suivant ses besoins , et d'après les indications qu'ils donnent , on peut dire que les machines acquises dans notre cas sont bien adaptées quant à la nature des produits à traiter et le degré de réduction voulu .

Caractéristiques et champs d'application de différents types de concasseurs

Type	Degré de dureté	Abrasivité	Degré d'humidité	Rapport de réduction max.	Principaux champs d'application
à mâchoires	mi-durs à extra-durs	abrasifs	secs ou légèrement humides, non collants	8/I à 10/I	matériaux de carrière, minerais, carbures, abrasifs, laitiers de K.F.
Ciratoires	"	"	"	6/I à 8/I	
A 1 cylindre et mâchoire	tendres à mi-durs	non abrasifs	secs ou humides, moyennement collants	5/I à 6/I	charbon, coke, gypse, calcaires, sels de potasse
A 2 cylindres dentés	"	peu abrasifs	secs ou humides même très collants	4/I à 5/I	calcaires, minerais de fer, coke, argiles et terres os, scories divers
A percuteurs rigides	"	non abrasifs	secs ou humides légèrement collants	15/I à 25/I	calcaires, gypse, sels de potasse, minerais friables
A marteaux articulés	"	"	secs ou humides moyennement collants	20/I à 30/I	calcaires, bauxites, charbons, sels de potasse
à chute libre (trompals concasseurs)	fiabiles et durs mélangés	peu abrasifs	secs ou humides non collants	20/I à 30/I	charbon brut

Caractéristiques et champs d'application de différents types de granulateurs  
et de broyeurs

Type	Degré de dureté	Abrasivité	Degré d'humidité	Rapport de réduction max	Principaux champs d'application
Cônes giratoires	mi-durs à extra-durs	abrasifs ou non	secs ou humides, collants ou non	6 / I à 8 / I	matériaux de carrière, minerais divers, carbures abrasifs
Cylindres lisses	"	"	secs ou humides, même collants	3 / I à 4 / I	
Cylindres vit. difficile	friables à mi-durs	non abrasifs	secs ou humides, très collants	4 / I à 10 / I	argilles et terres, engrais, produits chimiques
Cylindres cannelés	"	"	secs ou humides, non collants	4 / I à 6 / I	charbon, coke, sels, engrais
Broyeurs à meules	friables à durs	abrasifs ou non	secs ou humides, très collants	8 / I à 12 / I	terres à briques, produits réfractaires, mortier
Broyeurs à chute (pile)	mi-durs à extra-durs	"	voie sèche ou voie humide	20 / I à 40 / I	produits chimiques et pharmaceutiques
Broyeurs à barres	"	"	secs, humides ou à l'eau	30 / I à 100 / I	minerais divers, coke, sable de construction
Broyeurs à frottement	friables à mi-durs	peu ou pas abrasifs	secs ou légèrement humides, non collants	10 / I à 15 / I	charbon, dolomite, brai, matières plastiques, produits alimentaires
Broyeurs à percussion (broyeurs rigides ou articulés)	"	"	"	10 / I à 30 / I	charbon, calcaire, plâtre, argile, engrais, produits chimiques, déchets, toutes catégories de produits agricoles

Caractéristiques et champs d'application de différents types de moulins

type	degré de dureté	abrasivité	degré d'humidité	rapport de réduction max	principaux champs d'application
à cylindres lisses	tendres à mi-durs	pas ou peu abrasifs	à sec ou sous l'eau	100/1	meunerie, industries alimentaires, peintures et encres
à frottement (meules)	tendres à durs	"	"	"	
à percussion	"	peu ou moyennement abrasifs	secs ou légèrement humides	500/1	charbon, matières colorantes, produits chimiques, engrais
à galets centrifuges	"	"	"	"	charbon, matières colorantes, engrais
à boulets libres	toutes duretés	abrasifs ou non	secs ou sous l'eau	"	minerais, ciment, cavares, scories
à vibrations	tendres à durs	"	"	"	tous broyage ultra-fins

### CHOIX DU PONT ROULANT SUSPENDU

Si on considère que la principale charge qu'aura à déplacer ce pont est la trémie pleine ( $M_c = 460$  Kg) on devra prendre comme charge utile  $Q = 500$  Kg .

Avec cette capacité de charge , on pourra utiliser le pont pour les différents travaux de montage des machines sauf du concasseur primaire dont la masse est 1100 Kg .

D'après le schéma de détermination de la hauteur des points de suspension du pont ( schéma D.H), nous prendrons comme course du crochet une course de 5 m. La portée est de 8 m .

.Classement du mécanisme de levage :

Dans notre cas , les mécanismes de levage ne sont soumis qu'exceptionnellement à la sollicitation maximale et couramment à des sollicitations nettement inférieures , l'état des sollicitations sera donc léger .

Le temps de fonctionnement journalier moyen n'excèdera pas 2 heures.

On a donc un classement du mécanisme de levage dans le groupe 1b d'après la FEM ou dans le groupe 1Bm d'après la norme DIN 15020 .

.Classement de la charpente du pont :

d'après la norme DIN 15018 nous avons pour les cas analogues au notre ( pont d'atelier de machine, pont de montage ) le classement suivant la classe de levage H1 groupe de sollicitations B1

Choix d'un pont:

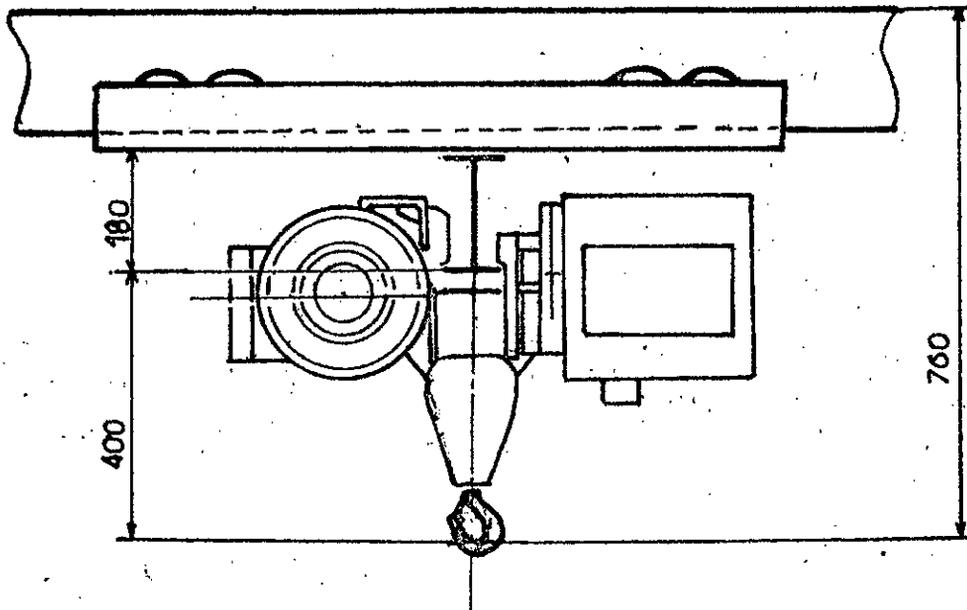
En consultant différents catalogues nous avons opté pour deux ponts , mais il va sans dire qu'il reste à l'utilisateur de faire des appels d'offre afin d'avoir la proposition la plus intéressante qui répond aux exigences voulues.

1° choix:

Marque VERLINDE

Désignation : pont suspendu rigide à translation électrique équipé d'un palan électrique type EL 57 H.P.R (hauteur perdue réduite) .

Pour ce pont , les côtes qui nous intéressent quand à la limitation de la hauteur du hangar sont les suivantes :



Dans ce cas la réaction maximum aux points de suspension ( d'après le catalogue ) est de 1000 d<sub>a</sub>N .

Ce pont permet d'effectuer la manutention sans efforts puisque tous les mouvements

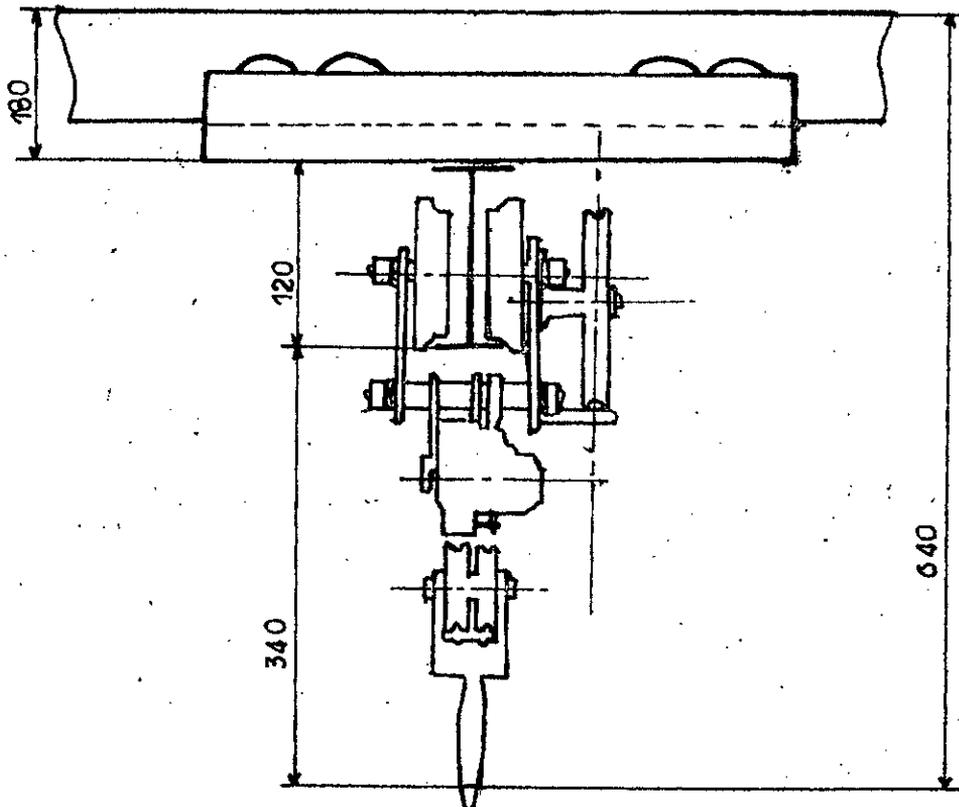
sont électriques mais il demande une installation électrique qui augmenterait son coût .

2° choix

Marque VERLINDE

Désignation : pont roulant manuel rigide suspendu  
capacité 500 Kg , portée 8 m équipé d'un chariot avec  
palan accouplé PHR 1

Les principaux encombrements en hauteur  
sont :



Dans ce cas la réaction maximum aux points de suspension  
est de 850 d<sub>aN</sub> .

L'inconvénient ici est que toutes les manipulations sont manuelles et exigent donc un certain effort mais le montage du pont ne nécessite aucune installation électrique, ce qui réduit sensiblement son coût.

Pour notre part et vu le régime d'utilisation du pont, nous recommandons particulièrement le deuxième choix qui limite au minimum les contraintes d'installation.



