

15/88

2EX

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT: MINES ET METALLURGIE.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

ETUDE ET REALISATION

D'UN FOUR DE GRILLAGE

1 PLANCHE

Proposé par :
M^r Karpati

Etudié par :
M^r Ziani M.
M^r Sellam K.

Dirigé par :
M^r Karpati

- R E M E R C I E M E N T S -

Je tiens à remercier Monsieur KARPATI, mon Promoteur pour son aide frutueuse et ses conseils sans cesse renouvelés tout au long de la réalisation de ce projet, je tiens à remercier Mr SAADA Chef de Département et tous les Professeurs qui ont contribué à ma formation ainsi que mes amis pour leur participation.

Je profite en cette occasion pour remercier Messieurs :

- QUALI
- RENNOU Mustapha
- MECIF Krimo
- TFEYCHE Youcef
- OULD AZZOUZ Abbas
- OULD AZZOUZ Mustapha

Mr ZIANI Mahfoud

Mr SELLAM - Kamel

- D _ E _ D _ I _ C _ A _ C _ E _ S

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Je dédie ce travail à

- A la mémoire de mon père
- A ma mère
- A mon frère Mohamed
- A mes chères sœurs à qui je souhaite beaucoup de réussite
- A tous ceux qui me sont chers
- A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près dans ce projet.

ZIANI - Mahfoud.

- A mon père
- A ma mère
- A mes chers frères et sœurs à qui je souhaite beaucoup de réussite
- A tous mes amis.

SELLAM - KAMEL

INTRODUCTION / :

Un four moderne est un agrégat de production compliqué, très mécanisé et souvent automatisé. Les processus technologiques et thermotechniques coulés dans les fours sont complexes et divers. Il est à noter qu'il est impossible de résoudre des problèmes composés liés avec la construction et l'exploitation des fours sans l'étude approfondie des bases physiques des processus coulés dans les fours.

Actuellement un four de grillage doit non seulement réaliser l'oxydation du minerai de façon à obtenir les produits désirés dans les meilleures conditions, mais il doit aussi permettre la récupération maximale des quantités de chaleur.

- Ces diverses considérations ont entraîné la construction de nombreux appareils de grillage que l'on peut classer ainsi :

- 1°) Fours à soles multiples à râblages mécaniques
(utilisés surtout pour les minerais autocombustibles)
- 2°) Fours à moufle (pour minerais non autocombustibles)
- 3°) Convertisseurs.

4°) - Fours rotatifs

5°) - Fours de fluidisation.

Notre projet comporte l'étude suivante :

Etude et réalisation d'un four de grillage, d'un convertisseur de DWIGHT - LLOYD.

I - GRILLAGE

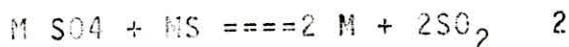
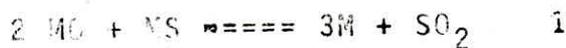
I - I - Grillage et frittage :

Le grillage, sous sa forme la plus simple et la plus courante, consiste à exposer des minerais et des concentrés, à haute température, à l'action de l'air, de façon à modifier leurs propriétés chimiques ou physiques, ou les deux. On peut obtenir la chaleur nécessaire en faisant brûler, un combustible sur des grilles séparées ou dans un brûleur, ou en faisant le combustible mélangé à la charge; on peut aussi utiliser la chaleur des réactions exothermiques de la charge avec l'oxygène de l'air. Il arrive, pour obtenir certains effets, qu'on ajoute des solides réactifs ou qu'on règle l'atmosphère du four on y introduisant un gaz ou en retenant dans le four les produits de réaction gazeux.

Le frittage où une charge calibrée et préparée est oxydée très rapidement dans un courant d'air rapide après inflammation, accomplit les fonctions d'un simple grillage auxquelles s'ajoute l'effet d'agglomérer en grandes masses poreuses.

Dans les diverses formes de procédés de grillage en suspension ou en l'air, où la charge finement divisée est projetée sous forme d'un mélange avec l'air dans une chambre de combustion chauffée en marche au visionnage de 950°C.

En certains cas, notamment le grillage du sulfure de plomb, la matière oxydée est susceptible de réagir avec du minerai non attaqué de façon à former un métal. Les réactions en jeu sont de la forme :



Quoique les réactions d'un grand nombre de grillages, ceux des sulfures par exemple, soient exothermiques, ce n'est que depuis quelque années qu'on utilise efficacement la chaleur produite.

Les anciennes opérations de grillage exigeaient de grandes dépenses de combustible, sans parvenir à bien extraire les éléments oxydables.

L'évolution des méthodes de grillage a été conditionnée par deux facteurs principaux ;

- 1 - Caractéristiques de la matière première ont changé :

Les concentrés très finement broyés ont remplacé les minerais riches, massifs.

- 2 - On a de plus en plus reconnu l'importance que présente la conservation de la chaleur, avec réglage de la température et de l'atmosphère.

Sauf pour les sulfures naturels agglomérés à haute teneur qui n'ont besoin de combustible que pour l'allumage, la méthode du mélange de minerai et de combustible et de leur brûlage en tas ou enfermés dans des stalles était onéreuse et inefficace.

La composition des produits n'était pas uniforme et il était essentiel que le minerai fût en morceaux criblés, car la masse devait être perméable pour permettre l'accès de l'air et l'enlèvement des produits de réaction. La plupart de la chaleur de réaction partait avec le gaz sortant sans avoir contribué à chauffer le reste de la charge.

Des essais de grillage complètement " autogène", en supprimant l'apport extérieur de chaleur et en augmentant l'isolation thermique, échouèrent; la teneur en soufre descendait rarement au dessous de 6 %. Cela peut s'expliquer par le fait que le dégagement de la chaleur devient moins rapide que les pertes de chaleur dans la matière sortante et par radiation, quand la teneur en soufre résiduel est d'environ 6%.

Dans ces conditions, la température de la charge tomberait au dessous du minimum exigé pour la réaction et le soufre se comporterait comme une substance inerte jusqu'à la décharge. En intensifiant la réaction, comme dans le frittage utilisé surtout pour l'oxydation des sulfures de ZINC et de plomb, on arrive à éliminer totalement le soufre sans consommer de combustible après l'allumage, mais la préparation de la charge exige des soins et des frais spéciaux. Cette charge peut consister en des concentrés bruts mélangés avec de frittage recyclées pour donner une teneur en soufre de 6 - 8 %, ce taux ayant été jugé suffisant pour fournir la chaleur de formation du liant de frittage; on peut aussi faire le grillage autogène d'une substance à haute teneur en soufre, jusqu'à ce taux, avant le frittage. Le frittage de substances inertes, telles que des fines de minerai de fer, est possible

moyennant l'addition de poussière de coke ou de charbon menu. L'humidité d'une charge de fritte réduit la perte par les poussières et, en maintenant la température maximale assez basse, permet de mettre d'avantage de concentré brut dans le mélange, pour le frittage des sulfures. On prétend aussi que l'expulsion de toute trace d'humidité, quand la fritte est plastique, accroît la porosité, mais ce n'est pas bien établi.

Dans le sens de cette évolution, la limite logique paraît être d'employer des concentrés de flottation comme combustibles pulvérulents, de les brûler dans une installation de chaudière et de recueillir l'oxyde dans un précipitateur électrostatique. Les essais qui ont été effectués dans ce domaine ont été très encourageants, mais le prix de l'appareil pour traiter les cendres volantes, s'ajoutant à l'excédent général de vapeur dans un four de fusion où l'on utilise d'autres formes de récupération de chaleur, ont retardé l'application de ce dernier perfectionnement.

- I - 2 - IMPORTANCE DU GRILLAGE :

Le grillage des sulfures est une étape essentielle dans les techniques d'extraction métallurgique des métaux ferreux, et non ferreux.

- On distingue trois types de grillage :

A - Le grillage chlorurant :

Il est possible de transformer par un grillage les sulfures en chlorures solubles, lors d'un grillage par l'air en excès un mixte intime de sulfures métallique en présence de chlorures alcalins ou alcaline-terreux.

- Si on dépasse la température de 600°C, les chlorures formés peuvent être entraînés par les gaz chlorés du four.

Ce procédé de grillage volatisant peut - être intéressant avec certains minerais à gangue basique, il est appliqué à résidus de pyrites ou à certains minerais d'argent, mais la haute température nécessaire dans le cas du cuivre, rend l'utilisation délicate.

B - Le grillage sulfatant :

Il s'effectue à basse température 500°C à 600°C, en présence de très peu d'air pour que la concentration de SO_2 et SO_3 dans le gaz soit élevée et facilite la sulfatation. La sulfatation n'est d'ailleurs jamais complète car les réactions entre sulfate et sulfure s'y opposent, ainsi on complète généralement à l'eau par une extraction à l'acide.

C - Le grillage oxydant :

C'est le plus classique des grillages, se fait à l'air ou l'air chaud enrichie d'oxygène jusqu'à 20 à 30 % du volume total.

Avec le cuivre on obtient généralement CUO et CU_2O en proportion variable avec la pression et la température.

GRILLAGE EN MILIEU FLUIDISE :

La fluidisation consiste à mettre en suspension un solide (minerai par exemple), dans un courant d'air ascendant dans des conditions de vitesse proportion gaz / solide.

CARACTERISTIQUE DU LIT FLUIDISE

Le lit fluidisé est caractéristique par son uniformité, c'est - à - dire que la température, d'une part, et la distribution des dimensions des particules solides sont uniformes à l'intérieur de tout lit fluidisé.

On peut alors régler, dans d'étroites limites, les diverses conditions opératoires : température de réaction, durée de réaction, rapport des masses gaz/ solide, et rester constamment maître de la marche du grillage.

La technique du lit fluidisé présente aussi les avantages suivants :

- Quasi - instantanéité du transfert de la chaleur.
- Rendement thermique élevé, en raison du contact gaz/ solide, très étroit.
- Entretien réduit dû à l'absence de pièces métalliques mobiles à l'intérieur du système.

I - 3 - ENERGIE LIBRE D'OXYDATION ET DE DISSOCIATION :

Quand on élève une charge de sulfures et de gangue mélangé de la température normale au maximum envisagé dans le frittage, on peut observer une série de phénomènes. Le premier effet de la montée de température est de chasser l'eau, entraînée mécaniquement. Il ne sera pas complet à 100°C, vu la tension de vapeur trop faible de l'eau quand elle est absorbée dans une matière poreuse ou contenue dans un mélange. La dissociation des carbonates et des sulfates a lieu entre 200°C et 700° C, ainsi que l'inflammation des sulfures. Au dessous de 650° C enversement, les produits de l'oxydation des sulfures sont surtout des sulfates et, au dessus de 750°C presque uniquement des oxydes et, la formation d'oxyde est ^{de} plus en plus rapide et, là où c'est possible, les réactions de grillage aboutissent au métal.

Entre 1000° C et 1300° C, l'oxydation est extrêmement rapide et elle est complète dans certaines conditions appropriées.

I - 4 - EVOLUTION DES METHODES D'ELABORATION :

L'évolution des méthodes d'élaboration des minerais ont passé par :

1) Grillage en tas et en stalles :

Il ne peut - tre employé qu'exceptionnellement pour le grillage désagrégeant de la bleude, comme cela avait lieu aux mines de la Société LEHIGH en PENNSYLVANIE la bleude en morceaux était réunie en tas de 8,5 m de longueur, sur 4,6 m de largeur et 2,5 m de hauteur, qui étaient établis sur une grille formée de barreaux de fer, reposant sur deux murs extérieurs et un mur moyen, et elle était grillée au moyen d'un feu de bois allumé sous la grille. La bleude ainsi désagregée était broyée et ensuite grillée à mort dans des fours réverbère.

2) Grillage en fours à cuve

Les fours à cuve sont employés pour le grillage préliminaire et le grillage désagrégeant simultanés de bleude en morceaux, ainsi que pour le grillage préliminaire de morceaux de bleude.

Dans les deux cas, l'acide sulfureux qui se dégage lors du grillage préliminaire doit être utilisé, c'est à dire traité pour acide sulfurique, les masses soumises au grillage préliminaire doivent être désulfurées dans des fours à reverbère.

3) Grillage en fours à reverbère :

On emploie exclusivement les fours à flamme à sole ou fours à reverbère pour le grillage de la bleude, lorsqu'il ne doit pas être en question d'utiliser les gaz dégagés pour la fabrication d'acide sulfurique ou d'une autre manière dans les pays cultivés l'acide sulfureux produit dans ces fours ne doit être dégagé dans l'atmosphère qu'à l'état dilué. Les fours à reverbère permettent un grillage rapide et complet et exigent moins de combustible et de main d'oeuvre que les fours à moufle.

Grillage en fours a reverbère et fours a moufles combinés :

Ces fours sont employés lorsqu'une partie seulement de l'acide sulfureux dégagé par le grillage de la bleude doit - être traitée pour acide sulfurique ou utilisée autrement, l'autre

devant se dégager sans être recueillie, dans ce cas, on conduit dans des chambres de plomb ou ailleurs l'acide sulfureux produit dans le four à moufle, tandis que les gaz qui se dégagent du four à reverbère sont envoyés directement dans l'atmosphère ou préalablement rendus inoffensifs, le principe de ces fours consiste à chauffer les vases (moufles) dans lesquels a lieu la première partie du grillage de la bleude au moyen des gaz du foyer des fours à réverbère ou est effectué le grillage à mort ^{du} minerais : les moufles sont partiellement inclinés ou horizontaux (four à moufle et à réverbère de HASENLLEVER, HELBIG).

GRILLAGE EN FOURS A MOUFLES

La nécessité de rendre inoffensifs les gaz résultant du grillage de la bleude et la difficulté de supprimer l'action détentère des gaz pauvres en acide sulfureux dégagés lors du grillage de ce minerais en fours à réverbère, ont conduit à l'invention des fours à moufles, dans lesquels on peut, tout en grillant complètement la bleude produit des gaz riches en acide sulfureux et par suite convenable pour la préparation d'acide sulfurique.

Dans ces fours, le grillage est produit aussi bien à l'aide du chauffage extérieur des moufles par un combustible étranger qu'au moyen du chauffage intérieur de ceux ci par la chaleur résultant de l'oxydation du sulfure de ZINC les différents moufles sont superposés et mis en communication les uns avec les autres, de façon que bleude à griller les traversé de haut en bas, pendant que les gaz de grillage et les gaz du foyer servant à chauffer les moufles circulent en sens inverse. Les fours de grillage de cette espèce qui ont été adoptés définitivement sont pourvus de moufles fixes. Le brassage du minerai est effectué soit par travail manuel, soit mécaniquement, on a proposé et fait breveter des fours à moufles avec laboratoires mobiles (cylindres rotatifs), mais jusqu'à présent ces appareils n'ont pas encore été adoptés définitivement.

Convertisseur :

Dans les convertisseurs, l'oxydation de la charge est assurée par le passage d'un courant d'air à travers la masse, l'opération est relativement très rapide, grace à l'addition d'un fondant, le produit grillé est aggloméré tout en restant suffisamment poreux pour se prêter à la réduction ultérieur.

Il existe 2 types de convertisseurs bien distincts, selon que l'air nécessaire au grillage est soufflé ou aspire.

a) - Convertisseurs HUNTINGTON - HERE LEIN :

L'appareil est constitué par une cuve de 3 m de diamètre, l'air est soufflé sous pression quand le grillage est terminé ou bascule le convertisseur, un tel appareil traité 15 tonnes environ.

Convertisseur DWIGHT - LLOYD :

Cet appareil se distingue du précédent par continuité de l'opération, par la faible épaisseur de matière à griller (10 cm), et surtout parce que l'air est aspiré. Le type le plus répandu est constitué par une chaîne sans fin s'enroulant sur 2 tambours tournants, et portant environ 40 petites auges dont le fond est fait d'une plaque perforée. La chaîne se déplace à la vitesse 200 t en 24 heures les gaz contiennent 5% de SO_2 , et la teneur en soufre du produit grillé est réduite à 0, 2%.

Fours rotatifs :

Ces fours sont de longs cylindres (jusqu'à 60 m) tournant à quelques tours par minute, légèrement inclinés sur l'horizontale (6 degrés) dont le diamètre est généralement le 1/10^e de la longueur. Ils comportant à la périphérie, de tuyères d'admission d'air réglables jusqu'à l'axe du cylindre; la paroi intérieure en briques refractaires présente une structure spéciale avec anneaux de retenue afin de ralentir le mouvement du minerai. Leur souplesse de marche est très grande. La température de régime pouvant varier de 850 à 1100°C suivant la nature du minerai traité. On peut notamment y griller les arsenic sulfures, l'arsenic s'éliminent d'abord, le soufre ensuite. La concentration en SO₂ dans les fumées peut atteindre 9,5 %, la teneur moyenne en poussière est de 7%. Le débit quotidien est de l'ordre de 100 tonnes.

- C H A P I T R E - II -

II - REDUCTION DES OXYDES METALLIQUES.

Les métaux peuvent être réduits de leurs oxydes par voie sèche, par voie humide et par voie électrométallurgique. On nomme réduction, aussi bien la transformation des oxydes métalliques en métaux. Que l'abaissement de leur degré d'oxydation. On donne au premier mode de réduction le nom de réduction complète, au second celui de réduction incomplète

II - 1 - A - SEPARATION DES METAUX DES OXYDES PAR VOIE SECHE.

Ce mode de séparation est un procédé direct.

Il peut, suivant la nature de l'oxyde, être réalisé soit par simple chauffage de ce dernier, soit par chauffage avec des corps réducteurs, ou, comme pour l'alumine, au moyen du courant électrique à haute température.

a - Réduction des oxydes par chauffage simple.

Par chauffage simple, on ne sépare de leurs oxydes que les métaux précieux et le mercure, les combinaisons oxygénées de ces derniers se dédoublant à une température déterminée en métal et oxygène. Parmi les oxydes des métaux non précieux, les peroxydes seuls se décomposent à chaud en oxygène et un degré inférieur d'oxydation. Les autres oxydes métalliques restent indécomposés. Certains oxydes fondent lorsqu'on les chauffe (oxyde de plomb, oxyde de bismuth, oxyde de cuivre); d'autres se volatilisent (acide arsénieux, trioxyde d'antimoine); d'autres, enfin, n'éprouvent généralement aucune modification dans leur état d'agrégation (sesquioxyde de fer, oxyde cuivrique, oxyde stannique, oxyde de ZINC). La réduction des oxydes métalliques par chauffage simple ne trouve en grand aucune application.

b - Réduction des oxydes par chauffage avec des corps reducteurs.

Parmi les corps réduisant à chaud les oxydes métalliques en métaux, les plus importants sont l'hydrogène, les différents hydrocarbures, le carbone, l'oxyde de carbone, certains métaux, le phosphore, les phosphures et les sulfures métalliques.

L'action réductrice de ces corps est due à ce que leur affinité pour l'oxygène des oxydes métalliques s'est accrue de façon qu'elle surpasse l'affinité pour l'oxygène des métaux contenus dans les oxydes. La réduction des oxydes métalliques n'est possible qu'aux températures auxquelles les nouvelles combinaisons oxygénées produites ne se décomposent pas encore complètement. Les températures auxquelles a lieu une pareille décomposition (dissociation) de ces dernières, n'ont pas encore jusqu'ici été déterminées avec certitude. (D'après DEVILLE, la décomposition de la vapeur d'eau en ses éléments serait complète) 2500°, tandis que d'après les récentes expériences de MALLARD et LE CHATELIER, à 2480° on ne remarque pas encore de dissociation notable de cette vapeur. D'après les expériences des même savants, l'acide carbonique serait encore fixe à 2000°, tandis qu'à 3200° il se dissocierait 30P. 100 de ce gaz. A 1700°, d'après les expériences de LANGER et V. METER, l'oxyde de carbone ne se doublerait que dans une faible mesure en carbone et acide carbonique. Les températures indiquées ne sont pas exactes, parce que, comme il sera expliqué ultérieurement, jusqu'à présent les hautes températures ne peuvent être déterminées exactement ni par calcul, ni par mesure.)

Pour beaucoup de métaux, la température de réduction est au - dessous du point de fusion du métal à séparer tandis que pour d'autres elle est au-dessus de ce point, et pour d'autres, enfin, au-dessus de leur point d'ébullition. Ainsi le fer, le nickel, le cobalt, le cuivre sont réduits de leurs oxydes au-dessous de leur point de fusion, le plomb et l'étain au-dessus de ce point, et le ZINC et le cadmiun au-dessus de leur point d'ébullition.

C'est pour cela que la réduction doit être produite tantôt à l'aide du procédé par calcination, tantôt à l'aide du procédé par fusion, tantôt à l'aide du procédé par vaporisation. Dans un grand nombre de cas, on combine la calcination avec la fusion, afin de pouvoir séparer commodément le métal isolé des corps étranger qui l'accompagnent.

La quantité de chaleur nécessaire pour la réduction des oxydes métalliques dépend de la nature chimique du processus qui se passe lors de la réduction. Ce dernier consiste, indépendamment de la réduction de l'oxyde métallique, en une

oxydation du corps produisant la réduction par l'oxygène de l'oxyde métallique. Lors de la réduction, il est consommé de la chaleur, tandis que lors de l'oxydation il en est dégagé, et pour la réduction d'un oxyde métallique il faut une quantité de chaleur égale à celle qui est dégagée lors de sa formation par oxydation du métal correspondant. Si maintenant la quantité de chaleur dégagée lors de l'oxydation du corps réducteur par l'oxygène de l'oxyde métallique est plus grande que la chaleur consommée lors de la décomposition (de la réduction) de l'oxyde métallique considéré, de la chaleur est rendue libre et il se produit une élévation de température; dans le cas inverse, de la chaleur est consommée et il faut, si le processus doit continuer, la remplacer par un apport de l'extérieur. La quantité de la chaleur à apporter dans ce cas doit être au moins égale à la différence entre la chaleur consommée et la chaleur dégagée.

II - 2 - DIFFERENTS AGENTS DE REDUCTION.

L'hydrogène n'est pas l'objet d'une préparation spéciale en vue de la réduction, mais il se produit fortuitement dans un grand nombre de procédés de séparation par le contact de vapeur d'eau avec des charbons incandescents et des métaux, et dans ces cas il peut faire sentir son action comme agent de réduction. L'hydrogène agit alors parce qu'il se combine avec l'oxygène de l'oxyde métallique, en donnant naissance à de la vapeur d'eau. Les oxydes de plomb, de bismuth, de fer, de nickel et de cuivre sont au rouge faible réduits en métaux par l'hydrogène, tandis que le sesquioxyde de manganèse n'est que ramené par ce gaz à un degré d'oxydation inférieur. La température à laquelle la vapeur d'eau se dédouble en ces éléments n'a pas encore, comme on l'a dit, été déterminée avec certitude.

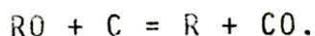
Les différents hydrocarbures ne sont que rarement préparés avec intention (comme, par exemple, lors du perchage du cuivre par distillation sèche du bois employé pour cette opération), mais ils prennent naissance lors du chauffage des combustibles non carbonisés (distillation sèche), qui sont employés dans différents procédés de séparation.

Les hydrocarbures sont des agents réducteurs, parce que leur hydrogène combine avec une partie de l'oxygène des oxydes métalliques, en donnant de l'eau, tandis que leur carbone s'unit avec une autre partie de l'oxygène pour former de l'acide carbonique. Sous l'influence de la chaleur, les hydrocarbures lourds laissent séparer du carbone, qui réduit aussi en métaux les oxydes métalliques difficilement réductibles. Les hydrocarbures qui ne séparent pas de carbone à chaud ne réduisent en métaux que les oxydes facilement réductibles (du cuivre, du bismuth, par exemple), tandis qu'ils n'amènent qu'à un degré ~~d'oxyde de fer~~ inférieurs les oxydes supérieurs du fer et du manganèse, et qu'ils ne réduisent pas du tout tout les oxydes de l'étain et du ZINC. Les températures du dédoublement des produits gazeiformes de la réduction n'ont pas encore été jusqu'à présent déterminées avec certitude.

Le carbone est, avec l'oxyde de carbone, l'agent de réduction le plus fréquemment employé par le métallurgiste. On l'emploie ordinairement sous forme de houille ou de bois carbonisés (coke et charbon de bois), plus rarement sous la forme de combustibles bruts.

Le carbone est, avec l'oxyde de carbone, l'agent de réduction le plus fréquemment employé par le métallurgiste. On l'emploie ordinairement sous forme de houille ou de bois carbonisés (coke et charbon de bois), plus rarement sous forme de combustibles bruts.

L'affinité du carbone pour l'oxygène commence à 400° environ. Il agit comme réducteur, en se combinant à l'oxygène de l'oxyde métallique, avec lequel il forme de l'oxyde de carbone, tandis que le métal est séparé d'après l'équation :



Les oxydes métalliques même difficilement réductibles sont réduits par le carbone, par exemple, l'alumine à une très haute température, le protoxyde de manganèse, même les métaux alcalins de leurs carbonates et le fer et le zinc de leurs silicates. D'après W. BORCHERS , tout oxyde métallique peut être réduit par le carbone. La chaleur nécessaire pour la réduction doit, avec les oxydes difficilement réductibles, être produite par le courant électrique.

L'oxyde de carbone formé lors de la réduction par le carbone agit également de son côté comme réducteur sur les oxydes métalliques, en se transformant en acide carbonique par absorption d'un nouvel atome d'oxygène.

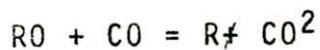
Jusqu'à la température de 1700°, l'oxyde de carbone ne se dédouble que dans une faible mesure, mais en présence du fer, il se décompose aux températures comprises entre 300 et 400° en acide carbonique et carbone, d'après l'équation :



Comme le carbone est employé à l'état solide, il est nécessaire de mélanger avec lui les oxydes qu'il doit réduire, et il ne doit pas être employé en fragments trop gros, parce que son action réductrice ne s'étend pas profondément à l'intérieur de ces derniers. Le carbone sépare les métaux aussi bien des oxydes fondus que des oxydes solides.

Les oxydes de tous les métaux préparés dans les usines métallurgiques sont réduits par le carbone.

l'oxyde de carbone est pour le métallurgiste un agent de réduction aussi important que le carbone. Sa tendance à s'unir à l'oxygène des oxydes métalliques commence entre 200 et 300° Il s'agit comme réducteur en prenant aux oxydes métalliques un deuxième atome d'oxygène et se transformant, avec séparation du métal, en acide carbonique, d'après l'équation :



L'énergie réductrice de l'oxyde de carbone est accrue pour beaucoup de températures par la présence simultanée d'acide carbonique. Pour certains métaux (fer, zinc), un mélange d'acide carbonique et d'oxyde carbonique agit même comme oxydant à certaines températures. C'est pour cela qu'un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone peut, suivant les proportions relatives des deux gaz, l'affinité des métaux pour l'oxygène et le degré de la température, agir tantôt comme oxydant, tantôt comme réducteur, tantôt n'avoir aucune action.

Les oxydes de plomb, de cuivre, d'étain, de nickel, de cobalt, de zinc, de cadmium et de fer sont réduits en métaux par l'oxyde de carbone.

Les oxydes supérieurs du manganèse sont ramenés par l'oxyde de carbone à un degré d'oxydation inférieur. (Le fer et le plomb ne sont pas séparés de leurs silicates par l'oxyde de carbone).

Les oxydes qui forment des masses denses, fondues ou frittées ne sont qu'incomplètement réduits par l'oxyde de carbone, parce qu'ils ne peuvent pas être pénétrés par ce dernier.

L'oxyde de carbone réduit au contraire les oxydes métalliques en morceaux non fondus ou non frittés, parce que le gaz peut pénétrer à l'intérieur de leur masse.

L'oxyde de carbone se forme par combustion incomplète du charbon, par réduction de l'acide carbonique au contact de charbon et par le dédoublement de l'acide carbonique à de hautes températures.

Pour la réduction par le carbone, il faut plus de chaleur que pour la réduction par l'oxyde de carbone, parce que la gazéification du carbone solide exige une certaine quantité de chaleur.

Parmi les métaux agissant comme réducteurs sur les oxydes métalliques, nous mentionnerons l'aluminium, le cuivre, le fer et le manganèse.

Les métaux réducteurs sont alors transformés en oxydes.

L'action réductrice sur l'oxyde de plomb se fait sentir lors de la séparation du plomb d'avec l'argent par coupellation, le cuivre, qui altère la pureté du plomb, étant oxydé par l'oxyde de plomb formé pendant la coupellation. L'action réductrice du manganèse a été utilisée pour la réduction de l'oxydure de cuivre dans le raffinage du cuivre, afin d'obtenir un métal sans soufures. On emploie aussi le manganèse pour la désoxydation du fer doux fondu. L'aluminium est employé au même usage, ainsi que, d'après H. GOLDSMIDT, pour la réduction des oxydes des métaux difficilement fusibles (chrome, manganèse).

III - AGGLOMERATION DES MINERAIS DE FER :

Définition :

L'agglomération s'applique essentiellement à des substances solides, à des métaux divisés (même si un faible pourcentage de produit liquide leur est ajouté). Elle consiste à les réunir, à les rassembler en morceaux cohérents dans lesquels il est possible de retrouver les particules de départ.

III - I - Nécessité de l'agglomération :

La récupération des poussières et surtout le développement des procédés de séparation font qu'une partie importante des matières premières (minerais et coke) se présente sous forme de fines ou de poussières qui, en général, ne peuvent pas être traitées telles quelles dans les appareils métallurgiques. Transportées par les gaz qui circulent dans les fours, elles entraîneraient l'obturation des interstices entre les fragments des charges.

Les poussières doivent donc subir une agglomération convenable avant leur introduction dans l'appareil métallurgique. Cette agglomération se fait par deux procédés principaux :

Briquettage et frittage

L'agglomération conduit à un enrichissement du minerai, par départ d'eau, de CO_2 et d'une partie du soufre.

Le frittage est le procédé qui fait l'objet de ce projet.

L'agglomération par frittage se fait selon le procédé :

- Sur grille : grille continue type BRIGHT et LLOYD, type le plus répandu.

III - 2 - MATIERES PRIMAIRES POUR AGGLOMERATION :

Ces matières sont les suivantes :

-

- 1 - Minerais de fer
- 2 - Sous - produits métallurgiques .
- 3 - Fondants.
- 4 - Matières combustibles.

III - 2 + I - MINÉRAIS DE FER

Dans la nature les minerais de fer se trouvent sous forme d'oxydes, d'hydroxydes, de carbonates, de sulfures etc..., La valeur d'un minerai de fer dépend évidemment de sa teneur en fer, mais également de la nature de la gangue, et de celle des autres éléments qu'il peut contenir, la présence du manganèse augmente sa valeur, alors qu'une teneur en soufre supérieure à 1% est inacceptable. La teneur moyenne des minerais actuellement exploités dans le monde d'environ 45 %, on descend rarement au dessous de 30% de fer. En pratique les minerais de fer les plus utilisés sont résumés dans le tableau suivant :

Dénomination minérale du minerai	Formule	Teneur en Fe, %
Hématite	$Fe_2 O_3$	70,80
Magnétite	$Fe_3 O_4$	72,41
Hydrohématite	$Fe_2 O_3 \cdot 0,5H_2O$	66,27
Goetite	$Fe_2 O_3 \cdot H_2O$	62,92
Limonite	$Fe_2 O_3 \cdot 1,5H_2O$	59,82
Sidérite	$Fe CO_3$	48,28

Le minerai de fer mélangé soit avec du stérile contenant :
/ MgO, CaO, SiO₂, Al₂O₃ etc... /; il est mélangé
également à des impuretés telles que le / S, P, AS, etc...
Ce sont des composés chimiques propres aux différents
minerais de fer.

III - 2 - 1 - 1 - Rendement de la charge pour les minerais
de fer

Il existe plusieurs caractéristiques pour
l'interprétation des minerais de fer, selon soit ; la
composition chimique, la température de fusion, la température
de solidification, la densité, la porosité, la surface
spécifique, la réductibilité, etc...,
Mais la principale caractéristique à retenir concerne le
rendement de la charge, formulé de la manière suivante :

$$e = \frac{\text{Fe minerai}}{B (\text{Si O}_2 + \text{Al}_2 \text{O}_3) - \text{Ca O} - \text{MgO}} \%$$
$$- 1 + \frac{\text{Ca O}' + \text{MgO}' - B (\text{Si O}'_2 + \text{Al}_2 \text{O}'_3)}{\text{Fe fonte}} = \frac{10}{\text{Fe fonte}}$$

d'où :

B = indice de basicité

Les composants SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO sont les corps présents dans le minerai.

CaO , MgO , SiO_2 , Al_2O_3 sont des composants du fondant.

Fe % c'est la teneur en fer dans le minerai

Fe % " " " " " " la fonte.

d'après le tableau n°1 on a déterminé les valeurs de $e_1 = 61,42\%$; $e_2 = 54,25\%$; $e_3 = 58,55\%$; $e_4 = 63,79\%$; $e_5 = 54,50\%$; $e_6 = 36,02\%$; $e_7 = 35,07\%$

III - 2 - 2 Les sous - produits métallurgiques :

Durant les processus métallurgiques on distingue plusieurs corps en présence, à savoir, de la poussière, des écailles, de la boue, du laitier etc. Ces derniers étant des sous - produits métallurgiques contenant du fer à faible teneur, l'extraction s'effectue de façon rationnelle et économique.

Composition Chimique De quelques
Types De minerais.

	Fe	Fe ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄	FeO	MnO	Mn	CaO	MgO	Si ₂ O	Al ₂ O ₃	CuO	Na ₂ O	K ₂ O	P	S	H ₂ O
SUEDE	65,46	1,74	88,81	—	0,11	0,09	1,01	1,01	4,41	0,87	0,01	0,22	0,22	0,079	0,045	—
SUEDE	63,53	87,51	3,21	—	0,13	0,10	0,02	0,02	4,47	1,51	0,02	0,02	0,02	0,081	0,081	—
INDE	64,01	90,66	—	0,77	0,15	0,12	0,10	0,06	2,57	3,25	—	—	—	0,05	0,05	1,69
BRESIL	66,99	95,01	—	0,69	0,15	0,12	0,20	0,02	0,82	0,95	—	—	—	0,04	0,04	1,01
RUSS	63,80	63,12	—	25,22	—	0,09	0,20	0,22	8,54	0,75	—	—	—	—	—	5,00
RUSS	51,40	71,43	—	1,80	—	0,07	0,21	0,23	20,64	2,00	—	—	—	—	—	—
RUSS HEMATITE	50,20	—	—	—	—	—	0,33	0,46	21,49	1,75	—	—	—	—	—	3,99

Tableau N° 1

III - 2 - 3-FONDANTS :

Le rôle des fondants apparaît donc comme une correction de la composition de la gangue leur nature dépend de celle de la gangue-;

cas suivants peuvent se présenter :

- Minerais calcaires - fondants silicieux.
- " silicieux - " calcaires.
- " alumineux - " " et silicieux.

D'une manière générale, il n'est fait appel aux fondants que lorsque toutes les autres méthodes d'élimination de la gangue par voies simples n'ont pu donner de résultats satisfaisants. Ceci situe l'importance des opérations d'enrichissements, deux critères prédomineront quant à leur choix : la composition chimique favorable et la présentation physique adaptée au mode d'intervention. C'est ainsi que lorsqu'on effectue la correction en charge préparée, le fondant sera mélangé à la charge d'agglomération sous forme de fines (1 ÷ 3 mm). Le fondant sera utilisé pour déterminer l'indice de basicité; il existe deux types de fondants :

- Fondant basique
- Fondant acide

comme exemple de fondant basique : la chaux, la dolomie et la soude caustique.

Quant au fondant acide, citons la silice.

III - 2 - 4 - MATIERES COMBUSTIBLES :

Durant les processus d'agglomération, on utilise en général de la poussière de coke en tant que combustible. Il possède une grande résistance à l'écrasement. La composition chimique de cette dernière est donnée par le tableau n°2.

La poussière de coke peut être substituée par de l'Anthracide, ce dernier ne pouvant dépasser la proportion de 20%.

III - 3 - GRILLAGE AGGLOMERANT :

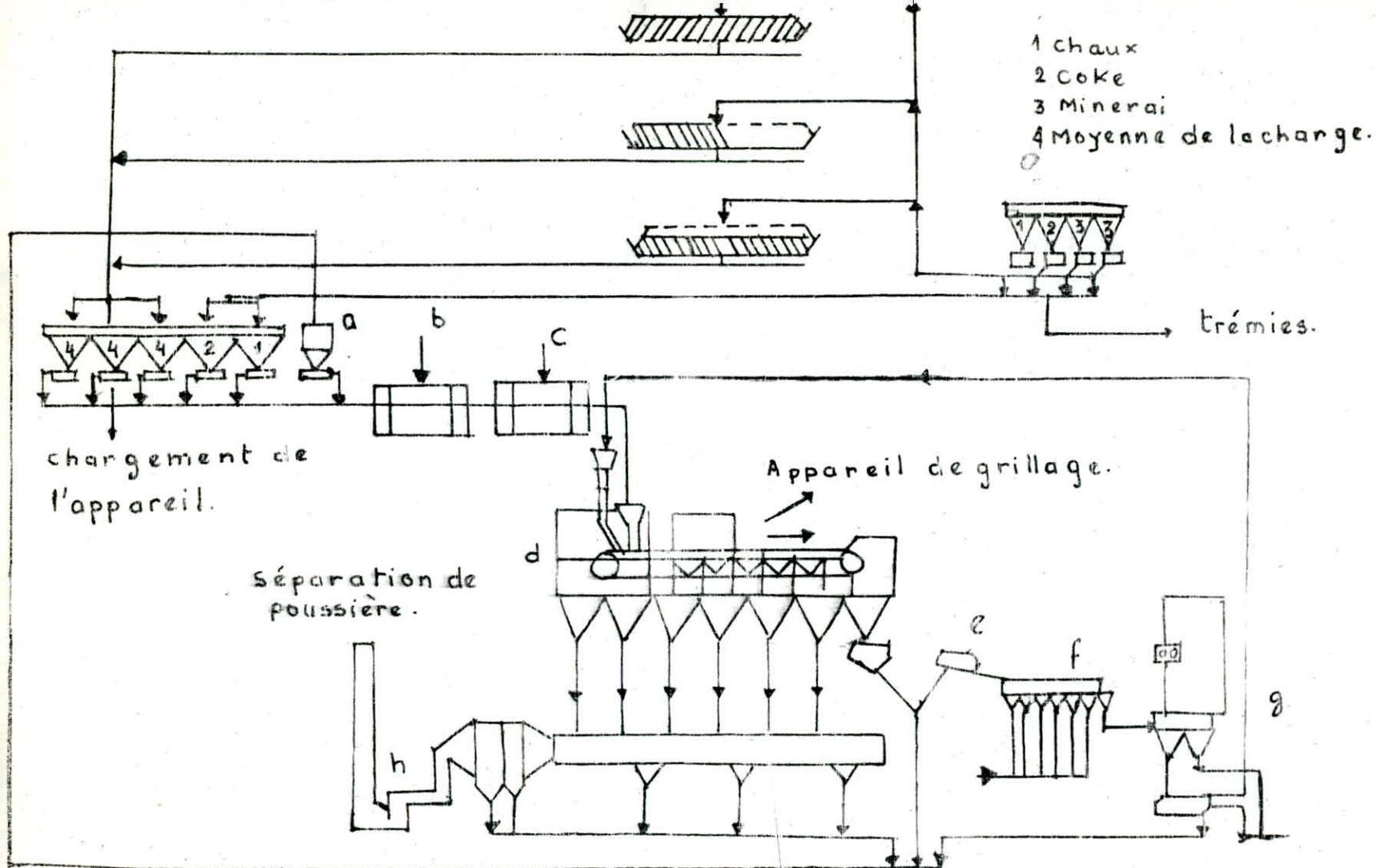
Les constituants fins de concentrés doivent - être agglomérés en gros morceaux afin de permettre le passage du vent insufflé à travers la charge; le soufflé étant à haute température, permettra la fusion de la charge.

Pour réaliser cette agglomération on utilisera le convertisseur de type "DWIGH LLOYD" (bande d'agglomération) le quel sera étudié après. Le schéma d'une usine d'agglomération de minerai est représenté sur la (fig 1).

==000§000== // COMPOSANTS DES // MATIERES // COMBUSTIBLES ==000§000==

// TABLEAU N° (02) //:

LES POUSSIÈRES DES MATIERES COMBUSTIBLES	H ₂ O	CENDRES COMPOSITION LIQUIDE		C.	POUVOIR CALORIQUE EN K.J. /KG . C.
		P. DE MASSE	%		
- COKE	2,0	11,3	2,5	86,8	30.103,09
- ANTHRACITE	6,0	5,0	7,5	80,0	30.982,32
- HOUILLE MAIGRE	7,8	4,9	11,58	83,12	30.304,06
- COKE DE CHARBON FOSSILE	3,2	10,92	3,19	82,69	28.160,42
- PELLETE DE COKE DE CHARBON FOSSILE	2,7	11,5	4,7	81,1	28.486,99
- COKE DE PETROLE	4,1	1,2	7,0	87,7	32.657,04
- COKE P. DE CHARBON U.R.S.S.	10,19	16,84	-	78,90	25.464,10



- a) Charge retournante
- b) Mélangeur.
- c) micro-pellitisation
- d) L'appareil de commande

- g) stabilisation.
- e) Tamisage et criblage.
- f) refroidissement.
- h) exhausteur.

SYSTEME GENERAL DE L'USINE fig ①

III - 3 - 1 - DESCRIPTION DU PROCEDE DE GRILLAGE

En premier lieu, mise au point du mélange constitué des composants suivants :

- Minerai de fer	70 %
- Fondant	20 %
- Coke	15 %
- Eau	5 %

Cette charge est versée dans le four, destinés à brûler les combustibles solides en couche, dans les foyers à grilles mobiles. Dans ce foyers le combustible sur la grille en couche se déplace avec celle - ci.

Un foyer à grille mécanique est schématiquement représenté sur la fig ④ le mélange contenu dans la trémie (T) est amené à la grille mobile (A). L'épaisseur de la couche est réglée par le registre. La grille est constituée des barreaux en fonte et montées sur 2 tambours.

Le tapis sans fin de la grille est mis en mouvement par le moteur électrique.

La grille mécanique admet un réglage efficace obtenu par modification de l'épaisseur de la couche mélange et de la vitesse de translation de la grille. L'épaisseur de la couche et la vitesse de translation de la grille sont modifiées en fonction de la qualité du combustible.

La combustion sur le tapis de la grille s'opère de la façon suivante :

Le mélange de la trémie est déversé sur la grille et se déplace avec celui-ci dans l'enceinte du foyer. Lors du mouvement du mélange, ce dernier s'échauffe d'abord et puis il y a lieu le dégagement des matières volatiles et la combustion du coke formé.

Dans le foyer à grille l'air est amené au combustible suivant les différentes zones de la grille. A cet effet, l'aspirateur est placé sous la bande supérieur de la grille, ayant pour rôle d'aspirer l'air devant traverser la 1^{ere} zone de combustion, cette grille cheminera sur un parcours soumis à l'aspiration de sorte qu'en fin de compte, le minerai sera totalement grillé.

III - 4 - PROCESSUS PARTIEL DU GRILLAGE :

- Productivité moyenne de la charge.
- Préparation du mélange et perméabilité en gaz
- Dimension optimale et grosseur optimale des grains du mélange.
- Humidité optimale du mélange.

4 - 1 - Productivité moyenne de la charge :

Afin d'optimiser et de rentabiliser le grillage, il est intéressant de noter que dans le cas où on affaire à un minerai résultant d'un mélange de minerais de compositions et de teneurs différentes en élément essentiel, il faut en premier lieu étudier les différents rapports pour lesquels on ait un mélange riche en élément utile et de plus une meilleure répartition des charges, il faut veiller à garder constante la composition chimique du mélange; ainsi, lors du grillage de ce minerai, une température constante et un temps judicieux sont utilisés pour toutes les grilles.

III - 4 - 2 - PREPARATION DU MELANGE ET PERMEABILITE

EN GAZ :

4 - 2 - 1 - Signification de perméabilité en gaz :

Le processus de grillage dépend essentiellement de la perméabilité, ainsi que de l'homogénéité du mélange; ces deux caractéristiques déterminent la vitesse de zone de grillage ou la vitesse du grillage.

La quantité d'air ou celle de gaz traversant le mélange peut être déterminée conformément à la relation :

$$V = X_s \cdot \frac{D \cdot P.S}{h \cdot n} \quad [m^3 / s] \quad \text{①}$$

o V : débit d'air $[m^3 / s]$

X_s : Perméabilité spécifique $[m^2]$

DP : La variation de la pression entre les zones de grillage

$[Pa]$

s : Surface du courant de gaz $[m^2]$

h : Epaisseur de la couche $[m]$

n : viscosité dynamique de l'air $[Pa \cdot S]$

La perméabilité spécifique peut donc s'écrire :

$$X_s = \frac{V \cdot h \cdot n}{D.P. \cdot S} \quad [m^2] \quad (2)$$

4 - 2 - 2 La perméabilité du mélange en gaz : est déterminée par la formule suivante :

$$X = \frac{D.P}{h \cdot n} \quad m^3 / m^2 \cdot s = [m / s] \quad (3)$$

où X : perméabilité du mélange en gaz m/s.

En pratique, on ne peut pas avoir une homogénéité rigoureuse pour ce qui a trait à la granulométrie du mélange; BORISZOX ayant étudié ce problème du dimensionnement du grains, a donné une dimension moyenne du grain, de l'ordre 4,5 mm, dans le cas d'un grillage agglomérant.

Si la perméabilité du mélange est grande, la vitesse de rotation de la chaîne augmente; il y a donc une corrélation entre la vitesse de la chaîne et la perméabilité du mélange en gaz. Cette corrélation est déterminée par K L E P P E sous la forme :

$$V_{ch} = 0,7 + 0,084 \cdot X \quad m/min \quad (4)$$

Vch = vitesse de la chaîne (m/min)

X : perméabilité du mélange en gaz.

$1/K_e \approx 0,82$ / c'est le coefficient de corrélation entre
Vch et X.

VANPOULIE a étudié aussi ce problème, donnant les résultats
expérimentaux suivants :

si on peut augmenter (X), la perméabilité du mélange en gaz
de :

(X) 40 m/min 16 min

à

(X)-50 m/min 13 min.

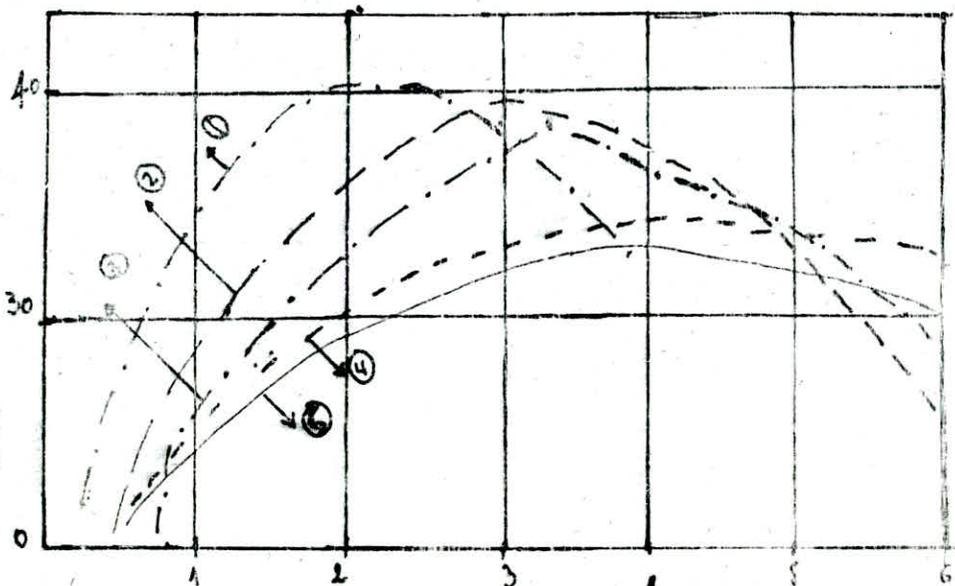
La différence horaire du grillage est de 3 min.

III - 4 - Dimension optimale et grosseur optionale des grains du mélange :

Le mélange étant constitué de minerai et de combustible, il
est intéressant de différencier ces deux produits par la
grosseur des grains.

Pour le minerai en se référant aux différents composés la
grosseur moyenne des grains est de (2 à 3 mm).

Productivité de la chaîne. [t/m².j]



- ① Poussière de coke.
- ② coke de pellette de charbon fossile.
- ③ coke de charbon fossile.
- ④ coke de pétrole.
- ⑤ charbon.

Grosseur des grains de coke en (mm)

Fig. ②.

La détermination de l'humidité est expérimentale en général, elle est de 6 à 10 %. D'après la fig 3

Mr POGGIO a étudié le phénomène de l'influence de l'humidité du mélange sur la perméabilité en gaz du mélange, il en a déduit l'équation suivante :

$$X = 12 + (4,5 A_k - 1,1) \quad (5)$$

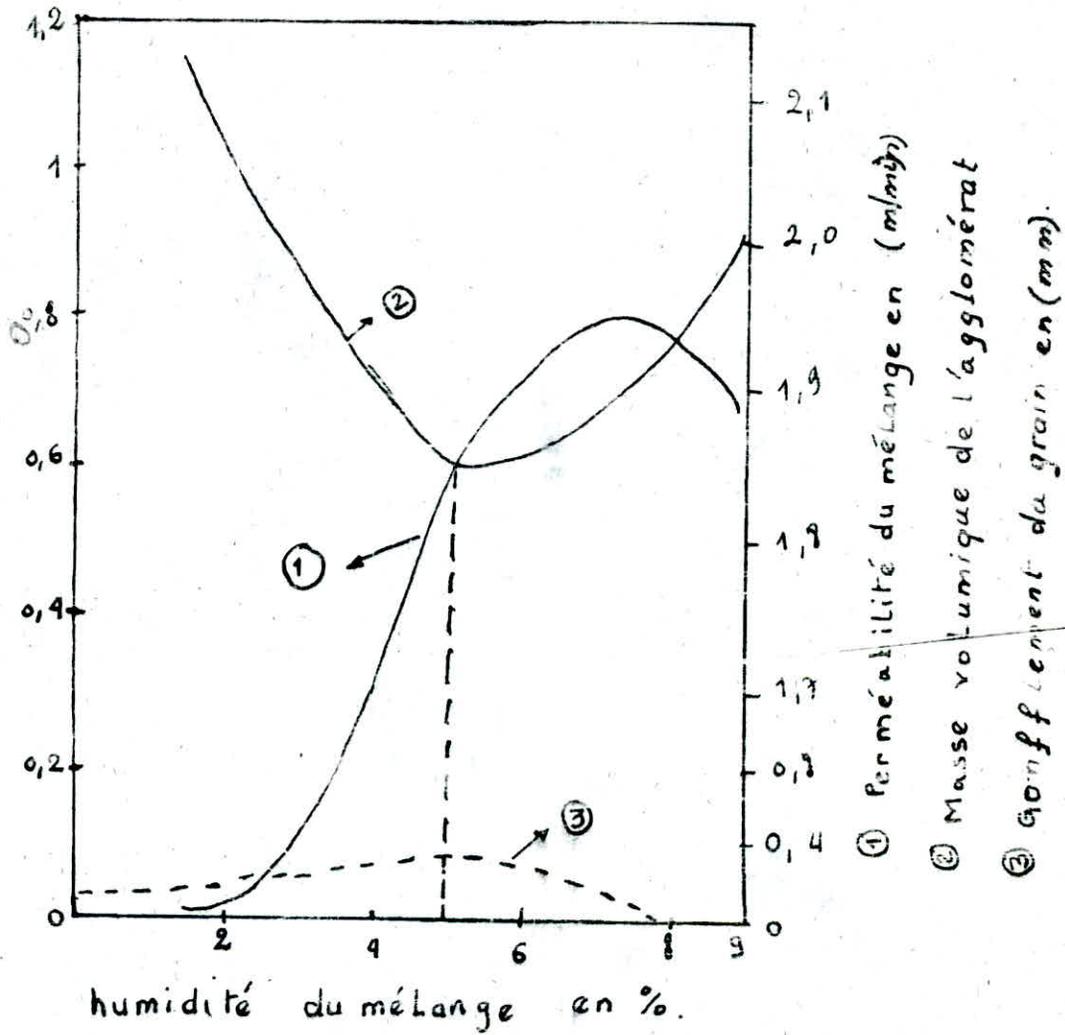
si les dimensions des grains sont $< 0,105$ mm et $K_e = 0,61$

X : la perméabilité du mélange en gaz.

III - 5 - Convertisseur de " DWIGHT - LLOYD "

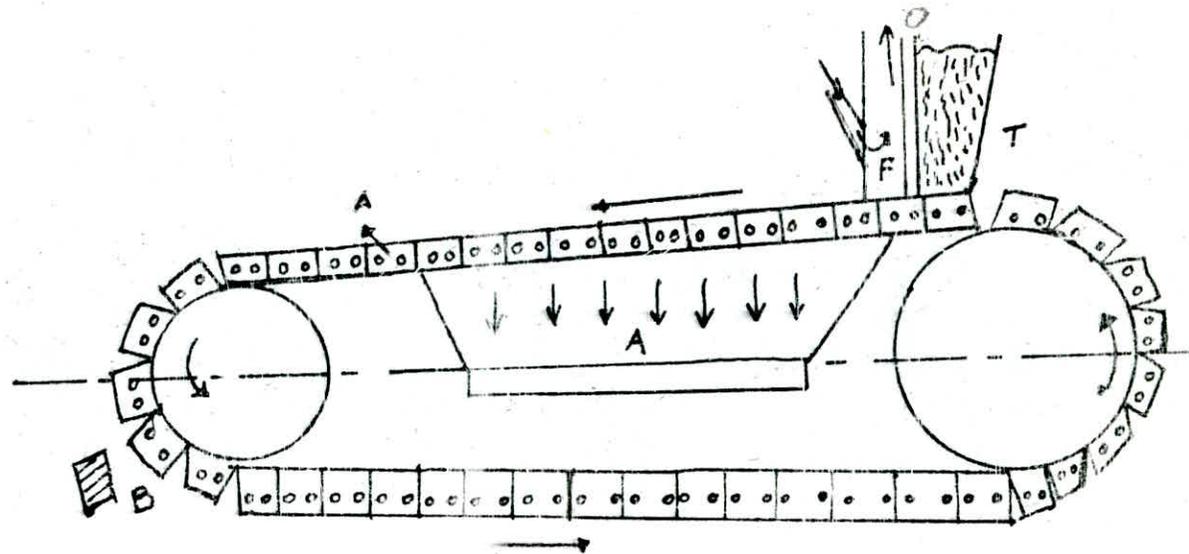
Cet appareil se distingue par la continuité de l'opération, par la faible épaisseur de matière à griller, et surtout parceque l'air est aspiré.

Le type le plus répandu est constitué par une chaîne sans fin s'enroulant sur deux tambours tournants, et portant environ quarante petites auges, dont le fond est une plaque perforée fig 4.



Humidité du mélange optimale.

Fig ③.



F: brûleur à gaz.

A: chambre de l'aspiration.

Convertisseur "Dwight-Lloyd"

fig ④

Le minerai arrive en T, est allumé en F par un brûleur à gaz ou à l'huile, puis il est soumis à l'aspiration qui s'obtient par l'intermédiaire d'une chambre A, et est ensuite dégagé sous forme de briquettes en B. L'air est aspiré sous une dépression de 20 cm d'eau environ, par action d'un ventilateur. La chaîne se déplace à la vitesse de 50 cm/ min. Un appareil de 13 m de long et 1 m de large grille environ 200 tonnes en 24 heures. Les gaz contiennent 5 % de SO_2 , et la teneur en soufre du produit grillé est réduite à 0

III - 5 - 1 ALLUMAGE DU MELANGE :

5 - 1 - 1 : Optimisation du processus de combustion :

Il existe 2 processus partiels de combustion :

a - Préchauffage du mélange jusqu'à la température de combustion.

b - Combustion à l'air, concernant ce processus
Mr CAPPEL et KILAN ont déterminé l'intensité d'allumage en quantité de chaleur.

$$I = \frac{R_F n R Q_F L_{ch}}{V_{ch}} = R_F n P_R Q_f t a \text{ Kj/m}^2 \text{ } 5$$

où I : intensité d'allumage

R_F : quantité maximale de fumée aspirée $m / m^3 \text{ min}^2$

n_R : Rendement fumée.

Q_F : Enthalpie de la fumée Kj / m^2

L_{ch} : longueur de la chaîne en m.

V_{ch} : vitesse de la chaîne en m/s

Posons : $R_F n_F Q_F = Q_k m^3 / m^2 \text{ min} = m/\text{min}$

où

Q_k : Puissance calorifique de l'appareil de
" DWIGHT LLOD ".

on a donc

$$I = Q_k t_{al}$$

avec le t_{ch} : temps d'allumage.

d'où

$$Q_x = \frac{I}{t_{al}} \quad Kj / m^2 \text{ min}$$

6

La détermination de RF (débit maximum de fumée) selon Mr CAPPEL et KILAN s'obtient à l'aide de la formule

$$R_F = 0,37 P \cdot \frac{M_k}{G_g} \text{ m/min}$$

où :

P : Productivité de grillage t (m² min)

M_k : flux de la masse grillée [t/min]

G_g : quantité de la masse grillée en [t/min]

Dans la pratique industrielle, l'intensité d'allumage varie de 52 à 100 mj/m², cette intensité dépend de la qualité du minerai de fer, des combustibles et du type de brûleur; l'intensité d'allumage est généralement de 63 [mj /m²]

III - 5 - 2 - TRAITEMENT THERMIQUE DU MINERAI L'APPAREIL DE TRAITEMENT DU GRILLAGE.

5 - 2 - 1 : Traitement thermique du minerai un gradient important de température existe entre la partie supérieure et la partie inférieure de la charge à griller, le traitement thermique du minerai permet l'homogénéisation de la chaleur et de la température dans la charge à griller.

Le processus de traitement thermique permet :

- La combustion du coke en excès.
- L'augmentation de la résistance de la couche supérieure.
- L'augmentation de la réductibilité du minerai
- Là minimisation de la consommation en coke.
- L'accroissement du rendement de grillage d'après la fig 5

On peut voir le processus de traitement thermique.

La Fig. 6 représente un four combiné avec un four d'allumage pour le traitement thermique des minerais.

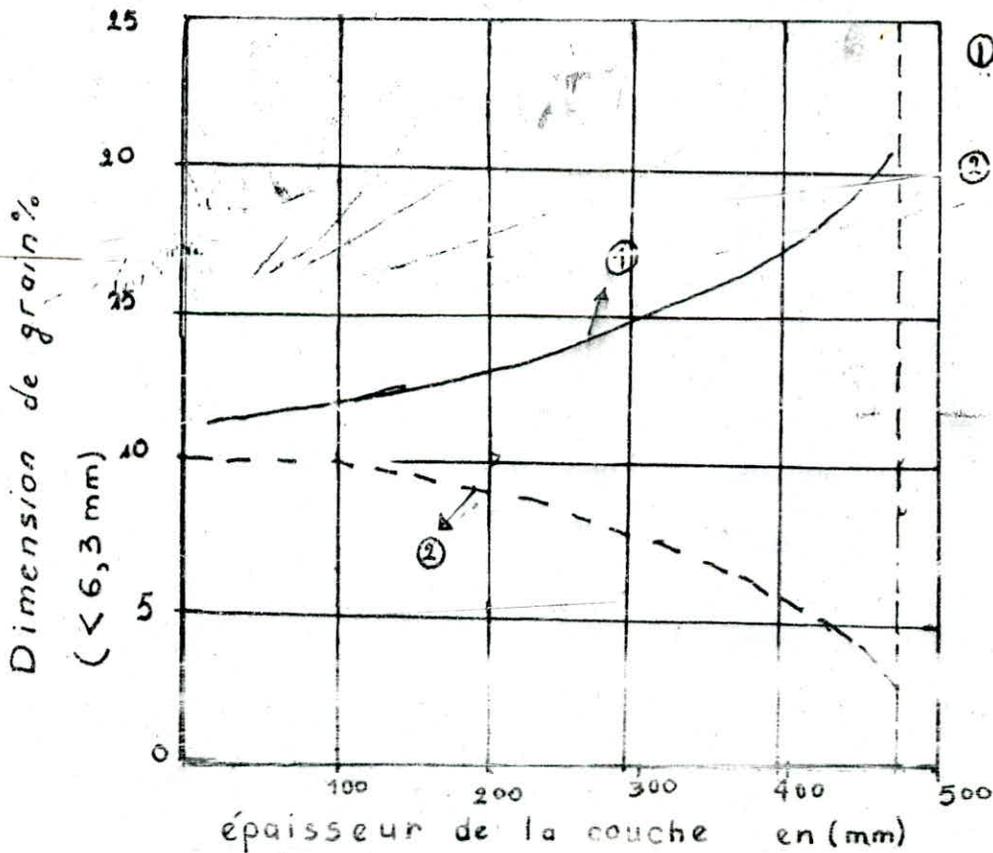
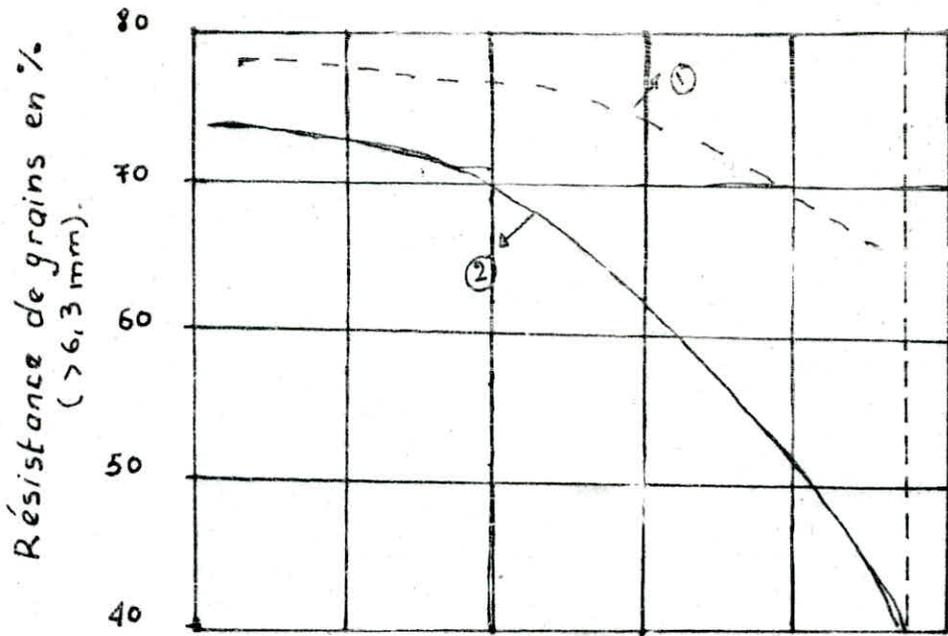
5 - 2 - 2 : Le rapport de pression de processus du grillage.

1 - L'influence de la grandeur d'aspiration; la grandeur d'aspiration dépend de l'épaisseur de la couche, de la perméabilité du mélange et de la puissance du ventilateur.

Actuellement, dans l'industrie, cette aspiration est de 10 à 20 Kpa, si on augmente la grandeur d'aspiration par unité de temps, on peut aspirer une plus grande quantité d'air et d'après la formule 1.

A noter que la quantité d'air aspirée durant un temps t dépend de la grandeur d'aspiration (ΔP) et de la perméabilité du mélange en gaz (X_s).

- ① Avec traitement thermique.
- ② Sans traitement thermique.



Résistance de grillage
fig 5

De plus, si on utilise des grains fins, la durée de la combustion augmente, la pression chute, la vitesse de grillage diminue, ce qui ralentit la vitesse de la chaîne de grillage.

- La variation de la grandeur d'aspiration d'air influe sur la productive de l'appareil, d'autre part la productivité dépend de la qualité du minerai, Mr H - BEER a étudié l'influence de la grandeur d'aspiration d'air, sur la productivité et aboutie à la formule suivante :

$$P = C (D P)^{-\frac{1}{3}} t / m^2 \text{ 24 h} \quad 8$$

d'où

P : Productivité de l'appareil $t / m^2 \text{ 24 h}$

D P : variation de la pression.

C : Constante varie entre $(4,97 - \frac{1}{2} = 2,08)$,

elle dépend de la qualité du minerai si la teneur du fer dans le minerai diminue la constante aussi diminue.

Si on veut augmenter la grandeur d'aspiration (D P) cela impliquerait une augmentation de la productivité et par suite une augmentation de consommation d'électricité, à noter que cette démarche est un peu coûteuse du point de vue frais

d'exploitation; par contre si on procède à l'augmentation de la productivité par agrandissement de la surface de la chaîne (avec le même DP); on pourrait arriver au même résultat avec beaucoup moins de frais, c'est à dire bien sûr que cette dernière éventualité est plus intéressante économiquement.

III - 6 - PROCESSUS DES TECHNIQUES DE COMBUSTION LORS DU GRILLAGE :

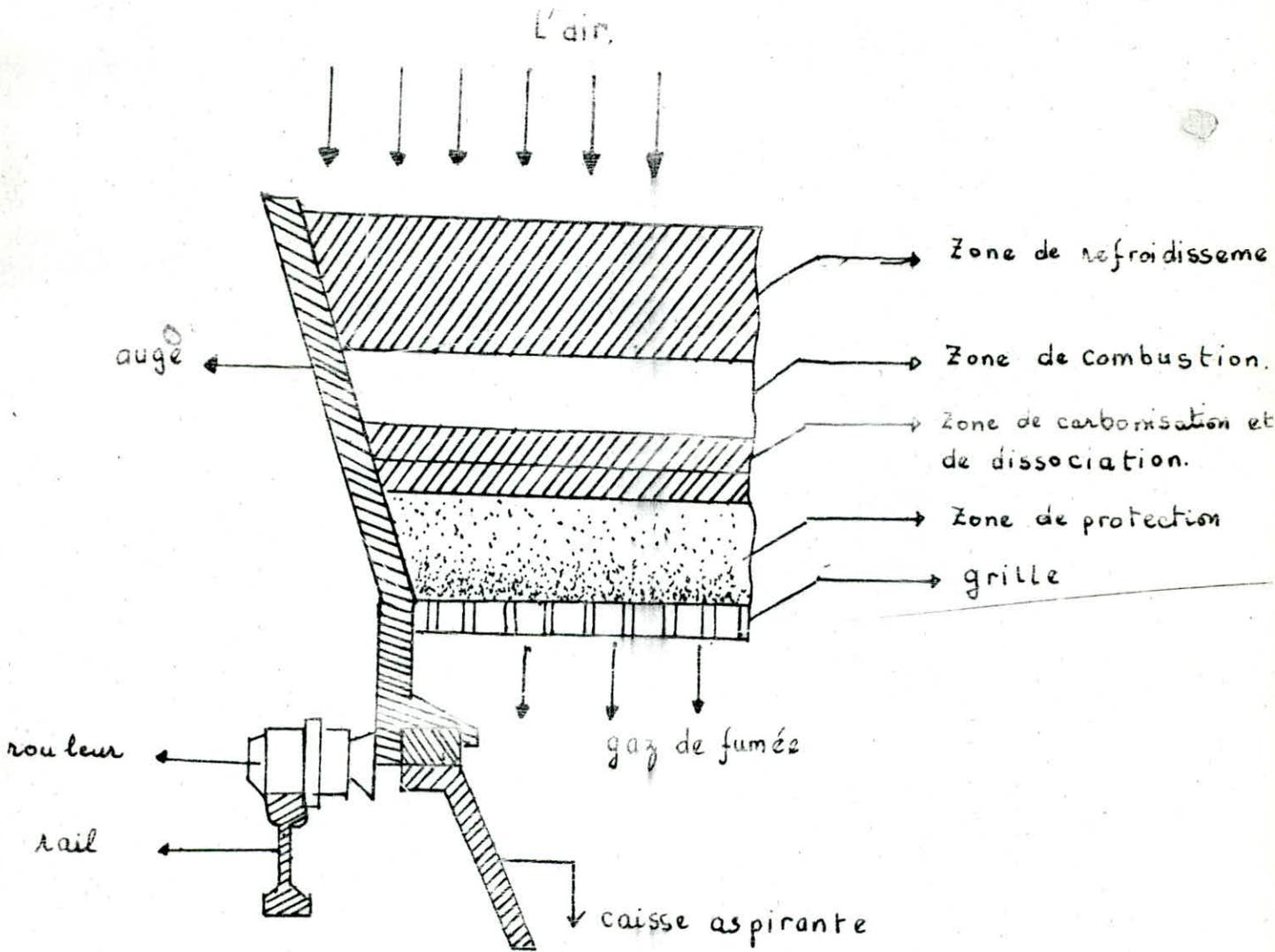
6 - 1 - Production et transfert de chaleur

Durant le processus du grillage; l'ensemble du mélange est réparti en plusieurs zones.

Ces zones ont été représentées par Mr BLOCK sur un schéma simplifié (voir fig 7)

a - Au dessus de la grille on trouve la zone de protection de la grille, après on trouve la zone sèche.

b - Dans la zone sèche on a la décomposition d'hydrate et des carbonates.



Les différentes zones pendant le processus de grillage.

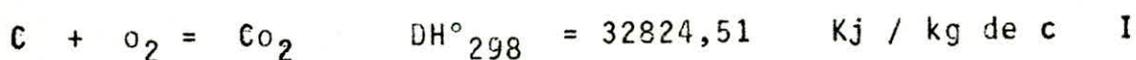
Fig (7)

C - Au dessous de la zone sèche on a la zone de combustion dont la température

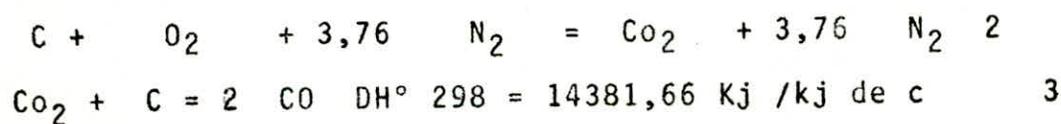
1250 --1350°C

d - En haut c'est la zone de refroidissement.

Dans la zone de combustion se produit les réactions suivantes :



avec l'air on a :



Ces réactions sont endothermiques et la réaction de boudeouard diminue la teneur de CO₂ dans la fumée dégagée et diminue la quantité de chaleur dans la zone de combustion.

TRANSFERT DE CHALEUR ENTRE LE GAZ ET LE MILIEU SOLIDE :

- Evolution du transfert de chaleur pendant la traversée des zones du grillage.

Dans la zone de refroidissement l'air y est aspiré, cela implique une baisse de température du mélange et bien sûr une augmentation de température de l'air arrivé dans la zone

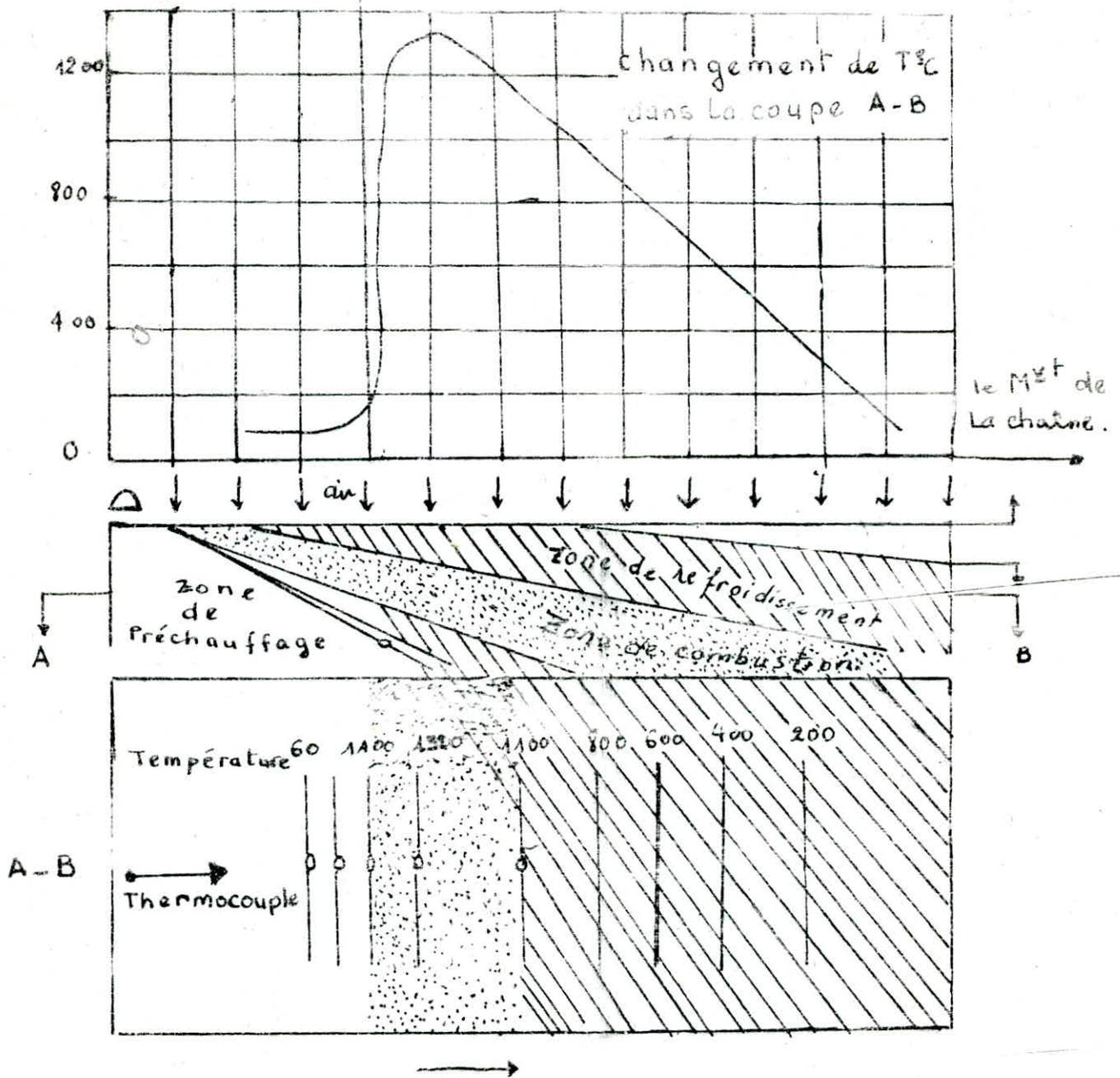
de combustion, l'air augmente de température, si bien que dans la zone dite de préchauffement la température du mélange augmente (causée par l'augmentation de la température de l'air), et à ce moment là, on enregistre une baisse de température des fumées sortantes.

III - 7 - VARIATION DE LA TEMPERATURE DANS LES COUCHES
DU MELANGE PENDANT LE GRILLAGE :

Mrs STEINHAUZER et ZECHEK qui ont étudié le problème de la variation de la température dans les couches de la charge (fig 8).

En ont conclu que la manque de chaleur dans la zone supérieure de la couche affectait la qualité du grillage on peut régler le problème en :

- Appliquant le traitement thermique de la charge sur la chaîne
- Ayant la possibilité de chauffer l'air aspiré.
- Ayant la possibilité d'augmenter le pourcentage d'oxygène dans l'air aspiré.



Changement de T°C dans Les différents zones de la charge pendant le processus de grillage fig ⑧

III - 8 - CONSOMMATION ET REPARTITION DES GAZ ASPIRES

Dans les conditions normales, on aspire (700 - 1100) m³ de gaz par tonne de minerai grillé. Cette quantité se répartie comme suit :

- Pour le brûleur du four en produit de fumée 14 - 56 m²/t
- Dans le mélange ou la vapeur d'eau + CO₂ en produit 42 - 240 m³ / t
- Le gaz de combustion de la matière combustible solide entre 220 - 500 cm³ / t
- L'excès d'air entre 140 - 390 m² / t

Mr BARL D.F qui s'est penché sur ce problème, détermina la quantité moyenne de fumée qu'il évalua à 0,8 m³ / m³. S environ, ainsi que la température de fumée, entre (130 - 190°C).

En général, la composition du gaz aspiré est :

- CO₂ : (4,0 - 4,8) %
- CO : (1,2 - 1,8) %
- SO₂ : (0,08 - 0,12) %

- SO_3 : (0,03 - 0,08) %
- O_2 : (13,0 - 17,5) %
- N_2 : (62,0 - 72,5) %
- H_2O : (10,0 - 14,0) %

Lorsque la température du gaz est maximale, cela indique que le grillage est terminé; cette température peut - être réglée grâce à la vitesse de la chaîne; la fig. 9 représentée par Mr BALL caractérise cette régulation.

III - 9 - DETERMINATION DE LA QUANTITE DU COMBUSTIBLE ET DE CHALEUR

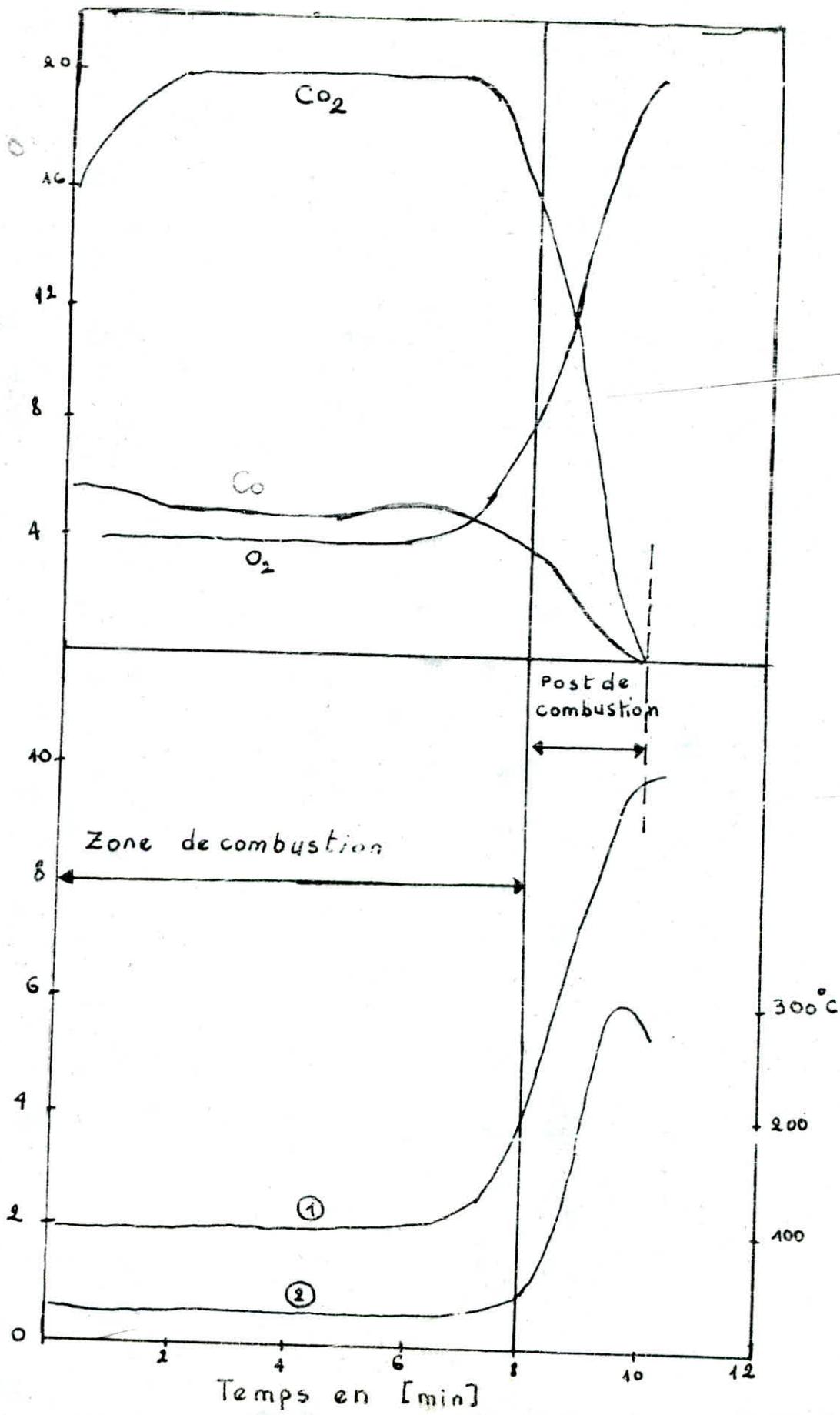
Plusieurs paramètres servent à déterminer la quantité en matière combustible afin que le processus de grillage ait lieu avec le maximum de rendements et les plus importants sont :

- La température de grillage.
- La teneur en carbone de la charge ou l'indice de basicité
- La qualité de la matière combustible.
- La productivité de l'appareil
- La quantité de matière qui retourne
- L'épaisseur. de la couche.

La quantité d'air en l/m³s

② Température de fumée en [°C]

la teneur de / CO₂-CO-O₂ / en %



La quantité de chaleur peut être déterminée en deux parties : l'une est théorique et l'autre pratique théoriquement la quantité de chaleur de décarbonisation.

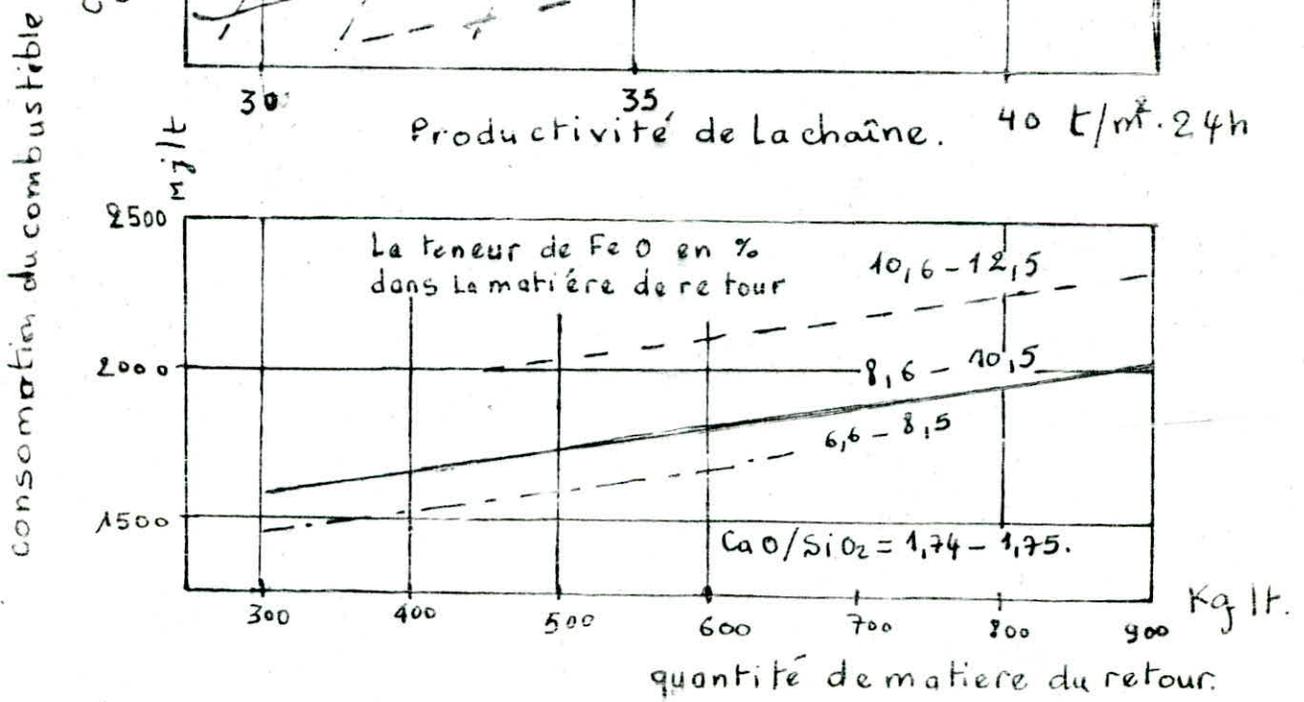
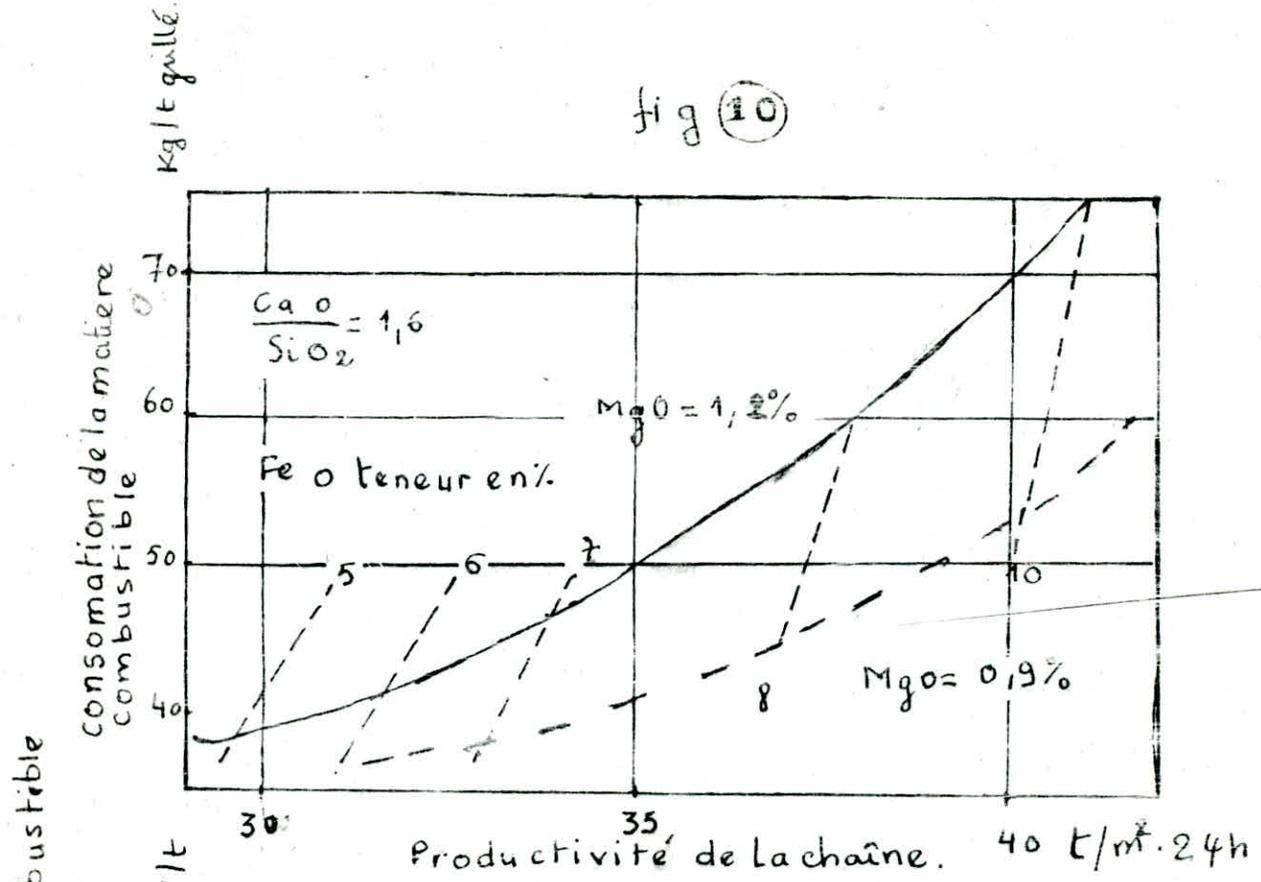
Mr KLEPPE qui a étudié l'augmentation de la production du grillage conclua que pour augmenter la productivité du grillage, il faut augmenter le taux de matière combustible. De ce fait puisque la teneur en dolomie (MgO) augmente dans la charge de 0,9 jusqu'à 1,2 %, il s'ensuit une augmentation en combustible de l'ordre de 10 - 15 kg/t (voir figure 10)

Concernant la quantité de matière de retour, Mr ZIMERMANN K.A représenta les proportions sur la fig. 11.

Si la quantité de matière de retour augmente de 100 kg/t, celle de combustible s'accroît de 62,5 Mj/t environ; à noter que l'accroissement de la quantité de matière combustibles dépend de plus de la teneur en FeO dans les retours.

Par préchauffage du mélange de la charge, on peut réduire la consommation en combustible.

fig (10)



Influence de matière du retour sur la nécessité de matière combustible

fig (11)

III - 10 - BILAN THERMIQUE ET UTILISATION DE L'ENERGIE

En général la majeure partie de l'énergie fournie provient de la chaleur de combustion du coke et la plus grande partie de l'énergie dégagée se trouve sous forme de fumée

D'après l'étude de Mrs WEILLANDT B et LACKMAN, l'utilisation de 1884 Mj/t donne les résultats suivants :

E ₁ : Energie physique et chimique du gaz brûlé	6,5 %
E ₂ : Energie physique de la charge	13,5 %
E ₃ : Chaleur de combustion de la matière combustible	30,0 %

C -----> CO₂ 77%

C -----> CO 3 %

E' ₁ : chaleur physique de la charge grillée	16,8 %
E' ₂ : " " " " " de retour	3,8 %
E' ₃ : quantité d'énergie de vaporisation	18,2 %
E' ₄ : Energie de deshydratation et de decarbonisation	10,6 %
E' ₅ : Energie physique du gaz aspiré	46,7 %
E' ₆ : Autres pertes d'énergie	3,9 %

Selon Mr BALL D.F on peut représenter la répartition de la chaleur du processus de grillage d'après la figure 12

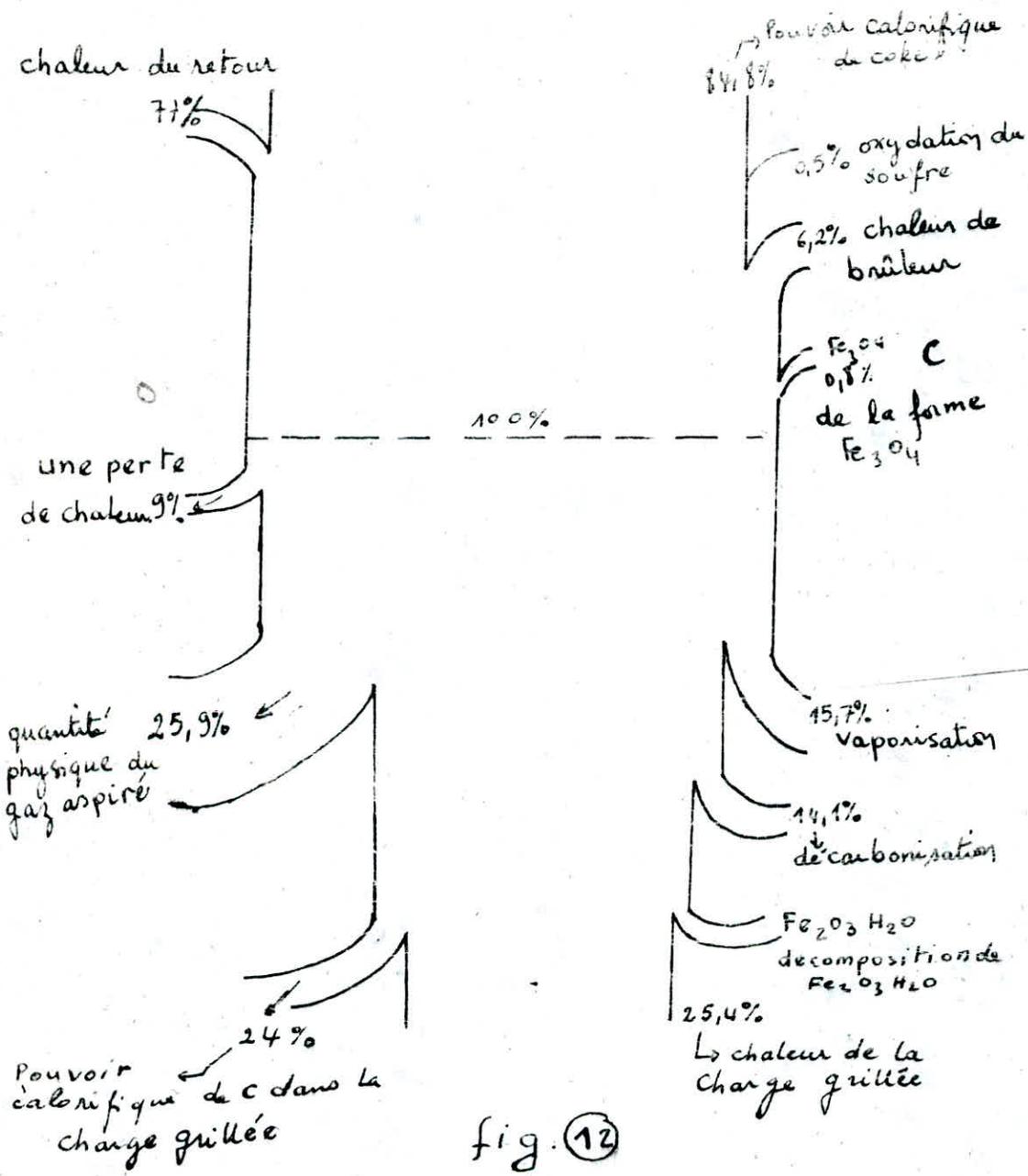


fig. (12)

Répartition de la chaleur du Processus de grillage

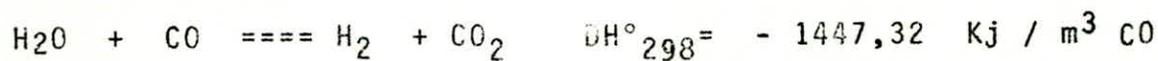
III - PROCESSUS METALLURGIQUES DU GRILLAGE

1 - 1 Processus de dissociation

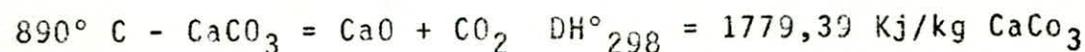
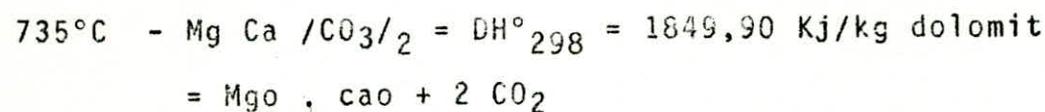
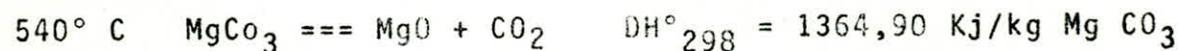
Le processus de dissociation commence à 200° C et se poursuit jusqu'à 400° C dans la zone de prechauffage selon les réactions des différents composants du minerai du mélange

hydrohematite $Fe_2O_3, 0,5 H_2O = Fe_2O_3 + 0,5 H_2O$ 3,38 H_2O
geodite $Fe_2O_3, H_2O = Fe_2O_3 + H_2O$ 10,1 H_2O
limonite $Fe_2O_3, 1,5 H_2O = Fe_2O_3 + 1,5 H_2O$ 14,5 H_2O

si la température est inférieure à 500° C, une partie de l'eau évaporée se combine selon la réaction :



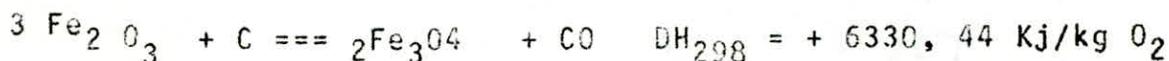
donnant les dissociations des différents carbonates à des températures suivantes :



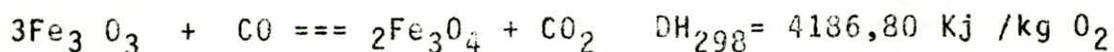
III - 12 - PROCESSUS DE REDUCTION PENDANT LE GRILLAGE :

Dans la zone de combustion commencent les processus de réduction du mélange.

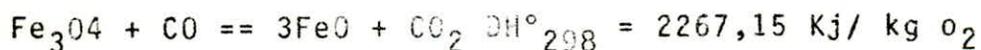
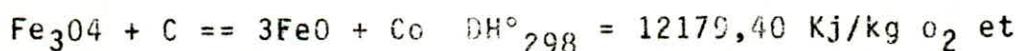
Lorsque le carbone brûle dans la zone dite de combustion, il produit une quantité de chaleur telle que la température environne 1250° - 1350° C. A ces température les processus de réduction commencent..



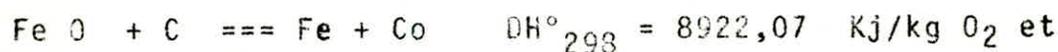
ou avec CO



Dans la zone de combustion, à cause de la température relativement grande, les réactions suivantes se produisent :



A température relativement élevée certaines réactions peuvent avoir lieu durant le processus de grillage, conduisant à la réduction de l'oxyde ferreux en fer brut selon :



III - 13 - Les facteurs de détermination de la teneur FeO
dans le mélange

La qualité du minerai grillé est déterminée selon la teneur en FeO, cette dernière dépend essentiellement de :

- La teneur du carbone dans le mélange
- La basicité du mélange
- La quantité de matière constituant les retours.
- La quantité d'aspiration d'air.

Une formule empirique établie par Mr KLEPPE détermine la teneur en FeO dans le mélange.

$$\text{FeO} = 1,45 + 0,24 C_f - 0,084 \cdot Z - 1,83 b \quad \%$$

où

C_f : représente le carbone équivalent

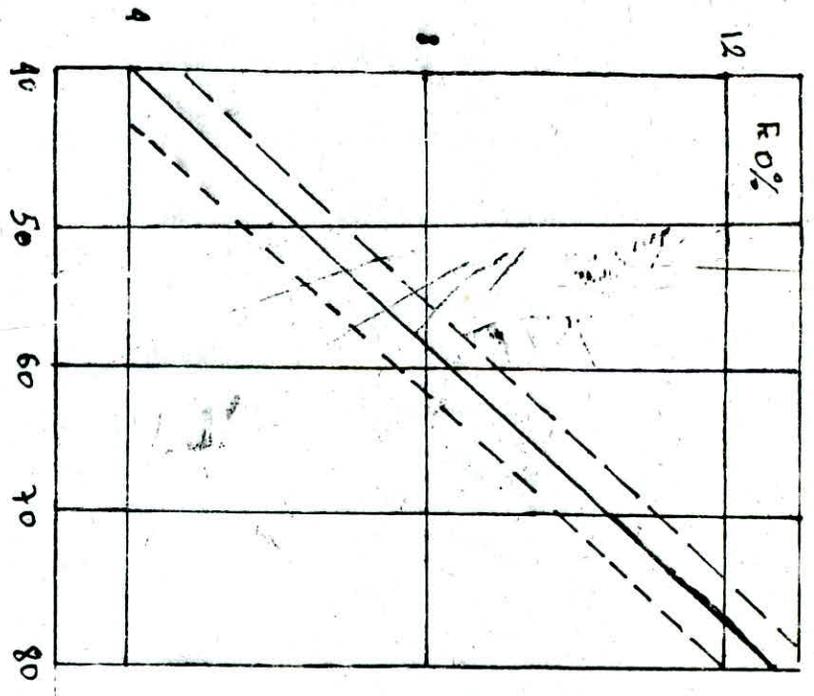
Z : La quantité de matière constituant les retours

b : la basicité du mélange.

Utilisation du combustible grillé Kg/ t : grillé.

La quantité de FeO dans le mélange diminue lorsqu'on augmente la quantité de retour et la basicité du mélange.

Teneur de FeO%



Cf kg/L
fig (13)

si on augmente la quantité d'air aspiré, la quantité de FeO diminue dans le mélange.

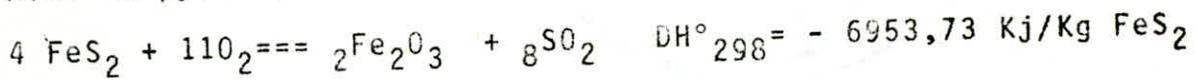
Selon C - PR ICE, si la quantité de MgO augmente, la quantité de FeO diminue.

III - 14 - PROCESSUS DES ELEMENTS ACCOMPAGNATEURS :

Plusieurs corps coexistent dans le mélange, mais, parmi les plus importants nous retiendrons le soufre.

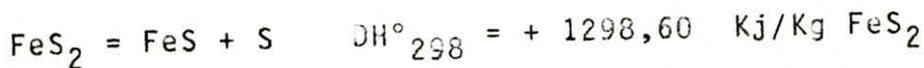
Le soufre peut se rencontrer sous différentes formes : pyrite FeS₂, FeS et caso₄

Avec la pyrite, la réaction est la suivante :

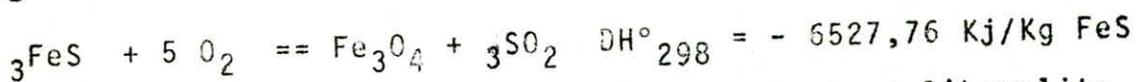
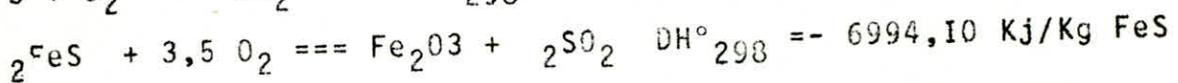
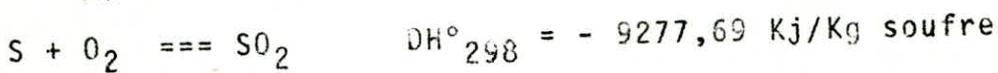


C'est l'oxydation de la pyrite.

Si la température atteint 600 - 650°C et si la pyrite

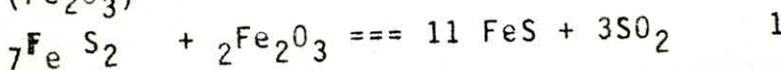


il s'ensuit une réaction des composés de dissociation avec l'oxygène de sorte que :

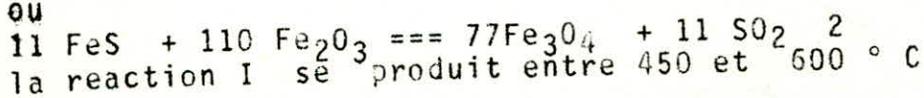


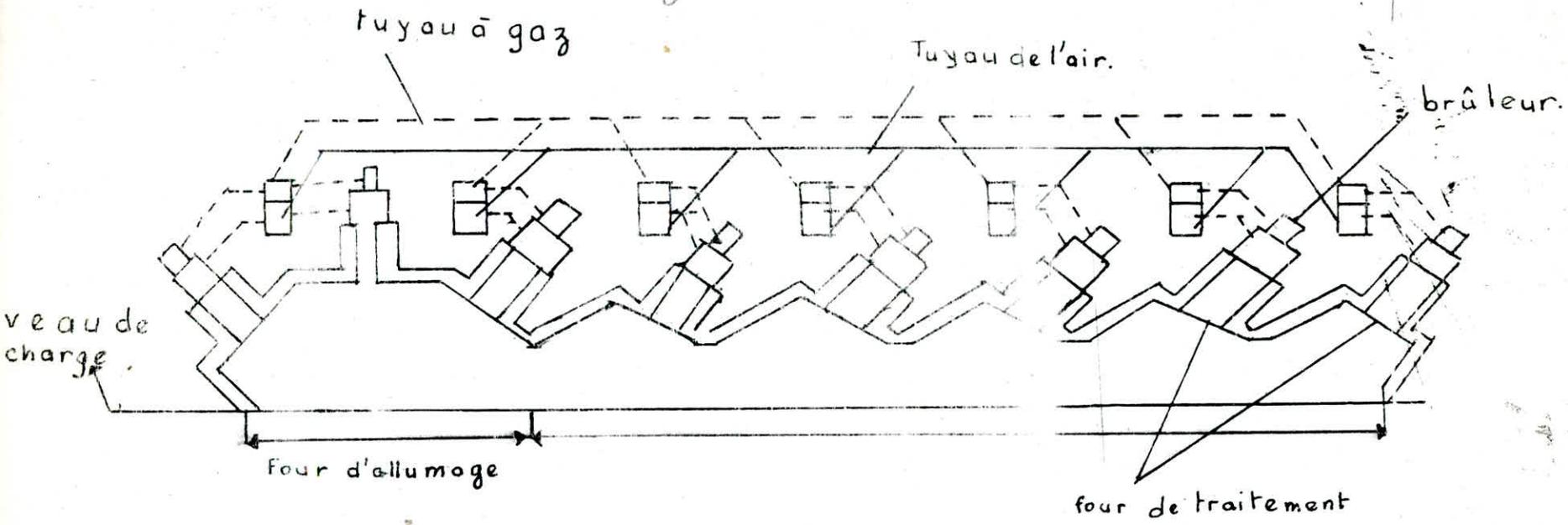
l'oxydation de la pyrite se combine aussi avec l'hématite

(Fe₂O₃)



ou





Four à combiner

Four d'allumage et traitement
thermique de minerai

fig (6)

III - 15 - PRODUCTIVITE DU GRILLAGE

15 - 1 - Calcul de la productivité du grillage.

La productivité d'un appareil de la chaîne de grillage peut être calculée avec $P = h \cdot a \cdot Vch \cdot q \cdot z$ t/min

P : Productivité t/min

h : épaisseur de la couche du mélange m

a : largeur de l'appareil m

Vch : vitesse de la chaîne m/min

q : densité du mélange t/m³

z : coefficient du rendement du minerai

Le coefficient z du rendement est déterminé par la relation établie par Mr ABRAMOV :

$$Z = 100 - Mk - \frac{100 - nk}{100} - \frac{1}{100} - \frac{me - W}{100}$$

ou :

nk = teneur en humidité du mélange brut avant le grillage, en %

Ck = teneur C avant le grillage, en %

Sk = " S du mélange avant le grillage, en %

s = degré de (consommation) du soufre en %
(combustion)

U = pertes de grillage % (d'oxydation)

me = pertes mécaniques %

W = pertes chimiques %

Une autre relation empirique concernant la productivité journalière d'un appareil de grillage a été énoncée par SHIMIZU=

$$P = 24 S_b \cdot h \cdot Pz \cdot I \cdot Y \cdot t_z^{-1} \cdot t / 24 h$$

où

S_b : surface du mélange sur la chaîne

P_z : densité du mélange t/m³

h : épaisseur de la couche du mélange

I : coefficient d'exploitation pendant la durée de marche

Y : coefficient de rendement du grillage achevé.

t_z : la durée du grillage en heures h

Le calcul de la productivité du grillage spécifique, concernant un mètre cube (1m³) de mélange pendant une heure, fût permis grâce à l'étude effectuée par Mr BAZILEVICS, conformément à la formule :

$$P = V_{ch} \frac{hz}{h} P_z \cdot Y \quad t/m^2 h$$

hz : épaisseur de la couche après grillage.

Actuellement, la productivité du grillage spécifique est d'environ 1,5 - 1,6 t/m²h, ce qui nous ramène à une productivité d'environ 36 ÷ 38 t/m² 24 h.

- C H A P I T R E IV -

ETUDE ET REALISATION :

La majeure partie a été réalisée au département mécanique.

Quelques équipements ont été récupérés à partir des ferrailles de l'école.

Dans bien des cas, il faut adapter la conception d'un four à un emplacement particulier et à des besoins spécifiques, en résumé les règles de base à respecter pour la construction des fours sont les suivantes :

- Une forme simple rectangulaire au cylindrique.
- Des brûleurs suffisamment importants ainsi qu'un emplacement réservé à la combustion.
- Une évacuation des gaz brûlés.

I - Conception et construction du four :

Combustibles, brûleurs, combustion :

on utilise comme combustible du four le gaz naturel.

1) - Le gaz naturel : est constitué principalement par des carbures d'hydrogène et surtout par du CH_4 . Il contient également une très faible proportion d'impuretés : gaz carbonique, Azote, acide sulfurique. Le méthane peut atteindre une proportion de 80 à 97 M dans le gaz naturel.

Le pouvoir calorifique inférieur du gaz naturel est - il seulement de 29300 à 35600 kJ/Nm^3 .

Avant d'installer un four à gaz il est sage de se renseigner sur la nature et la pression du gaz.

2) Combustion du combustible est un phénomène physico-chimique complexe où les éléments combustibles et l'oxygène de l'air se combinent ce qui est accompagné d'un dégagement très intense de chaleur et s'effectue à haute température.

2 - 1) Calcul de combustion du combustible :

Pour que la combustion puisse avoir lieu à toutes ses étapes, il est indispensable de fournir au combustible une quantité d'air déterminée. Dans les calculs on compte que l'air sec atmosphérique comporte 21% d'oxygène et 79% d'azote (en unités de volume) donc, le rapport entre les N_2 et O_2 est égal à :

$$K = \frac{\text{N}_2}{\text{O}_2} = 3,762$$

Si l'air est enrichi par l'oxygène, alors la quantité de l'azote dans l'air sera la plus petite.

Le coefficient d'excès d'air est établi par voie expérimentale sa valeurs ($K = 1,0 - 1,2$).

3) - Dispositif pour la combustion du combustible gazeux : pour brûler des gaz combustibles, on emploie des brûleurs à gaz.

Le brûleur utilisé est un brûleur à mélange externe (brûleur enflammé).

4) - Réalisation du brûleur à gaz :

Il se compose de 4 tubes perforés de trous de 1,5 mm environ fermés à chaque bout par des soudures. Chaque tube est relié à un autre tube perpendiculairement cet ensemble est relié par un raccord à son extrémité et relié à un tuyau d'arrivée de gaz (voir fig **A**).

Etant donné que ce type de brûleur nécessite une soufflerie à moteur pour l'alimentation en air.

Les brûleurs de ce genre fonctionnent bien même à bas régime, ce qui assure une meilleure répartition de la chaleur.

5) - La grille :

Cette grille représente une plaque horizontale, formée d'un certain nombre de barreaux placés les uns à côté des autres. Le combustible est étendu sur la grille. L'air de combustion passe par les espaces libres laissés entre les barreaux de la grille et arrive au contact du combustible.

La grandeur de l'espace entre deux barreaux dépend de la grosseur des morceaux du combustible.

L'usage des grilles en acier supportant le combustible.

6) - Mesure et contrôle de la température

La chaleur entraînée par les gaz de la fumée est déduite de la température des gaz, de leur quantité et leur chaleur spécifique.

La température des gaz de la fumée est déterminée à l'aide de thermo couple. Grâce à ce dispositif, on peut étroitement contrôler l'élévation de la température.

II - Disposition du four :

Tout four se compose en général de deux parties, la partie extérieure, qui contient la partie intérieure et qui dans beaucoup de cas doit aussi empêcher les pertes de chaleur.

La partie intérieure se compose de 4 plaques d'acier (XC25) d'épaisseur $e_1 = 3,2$ mm, ces plaques ont été reliées par soudures intérieures et ceci afin de former la partie intérieure.

La partie extérieure se compose de 4 plaques d'acier (X C 25) d'épaisseur $e_2 = 1,8$ mm reliées l'une à l'autre par des soudures montantes extérieures.

La partie extérieure du four dépend essentiellement de sa disposition et de sa forme de la partie intérieure.

La disposition et la forme de la partie intérieure dépend du mode de chauffage des corps dans le four et de la nature particulière de l'opération qui devra y être effectuée.

Les deux parties sont séparées par une matière isolante de la laine de verre, cette matière a été uniformément répartie dans l'espace séparant les deux parties. La quantité de laine utilisée est d'environ $M = 20,00$ kg.

L'ensemble est recouvert à la partie supérieure par un cadre en acier d'épaisseur $e = 1$ mm et à la partie inférieure par un cadre en acier d'épaisseur $e = 1,8$ mm. Ce dernier a été perforé par des trous de $6,00$ mm et ceci afin de pouvoir y relier la boîte à air à l'aide des boulons voir fig. (B).

- REALISATION DE LA BOITE A AIR

La boîte à air a été réalisée à l'aide de 4 plaques d'acier reliées l'une à l'autre par des points de soudures, cette boîte est reliée à un cadre en acier perforé d'épaisseur $e = 1 \text{ mm}$ à l'aide de 4 cornières avec rivetage, et ceci afin de pouvoir fixer cette boîte à la cuve et à la partie inférieure, cette boîte est fermée par un cadre à l'intérieur duquel une partie circulaire a été enlevée et renforcée à la surface afin de pouvoir y relier le tuyau de fumée voir fig(c)
Le tuyau de la fumée assure l'évacuation de l'excès de chaleur produite dans le four et le gaz de la fumée (oxyde de carbone, méthane, hydrogène).

- REALISATION DU COUVERCLE :

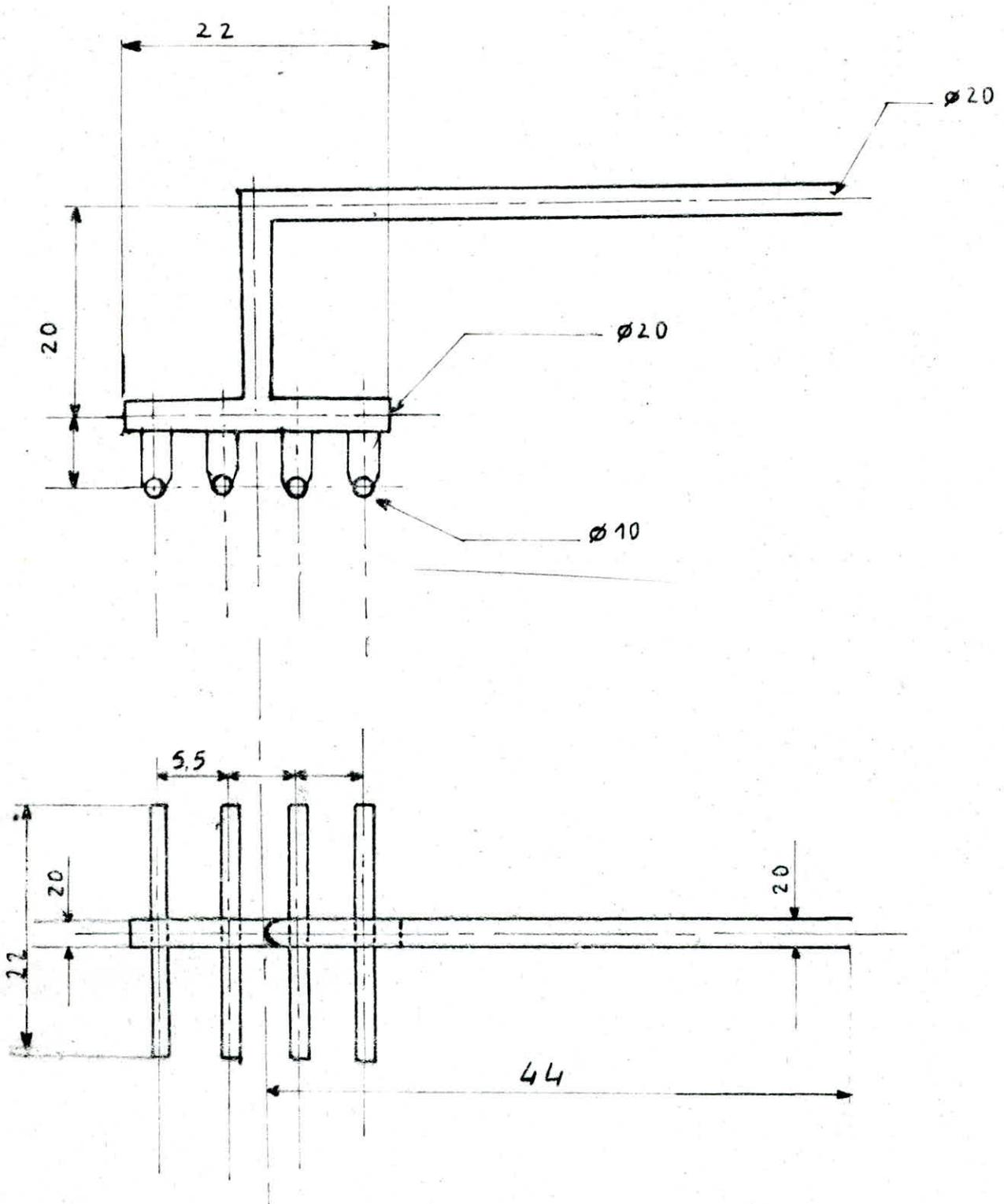
Quatre plaques d'acier d'épaisseur de $e = 1,00 \text{ mm}$ ont été soudées l'une à l'autre par soudure montante extérieure chaque face a été percée par un trou de $\varnothing = 14,5 \text{ mm}$ afin de permettre l'air extérieur entrer directement pour le refroidissement et l'air nécessaire à la combustion.

La partie supérieure de ce couvercle est refermée par une plaque carrée percée à son centre d'un trou de $\varnothing = 14,5 \text{ mm}$ ce qui permet le passage de la conduite de gaz

voir schéma de la fig (D).

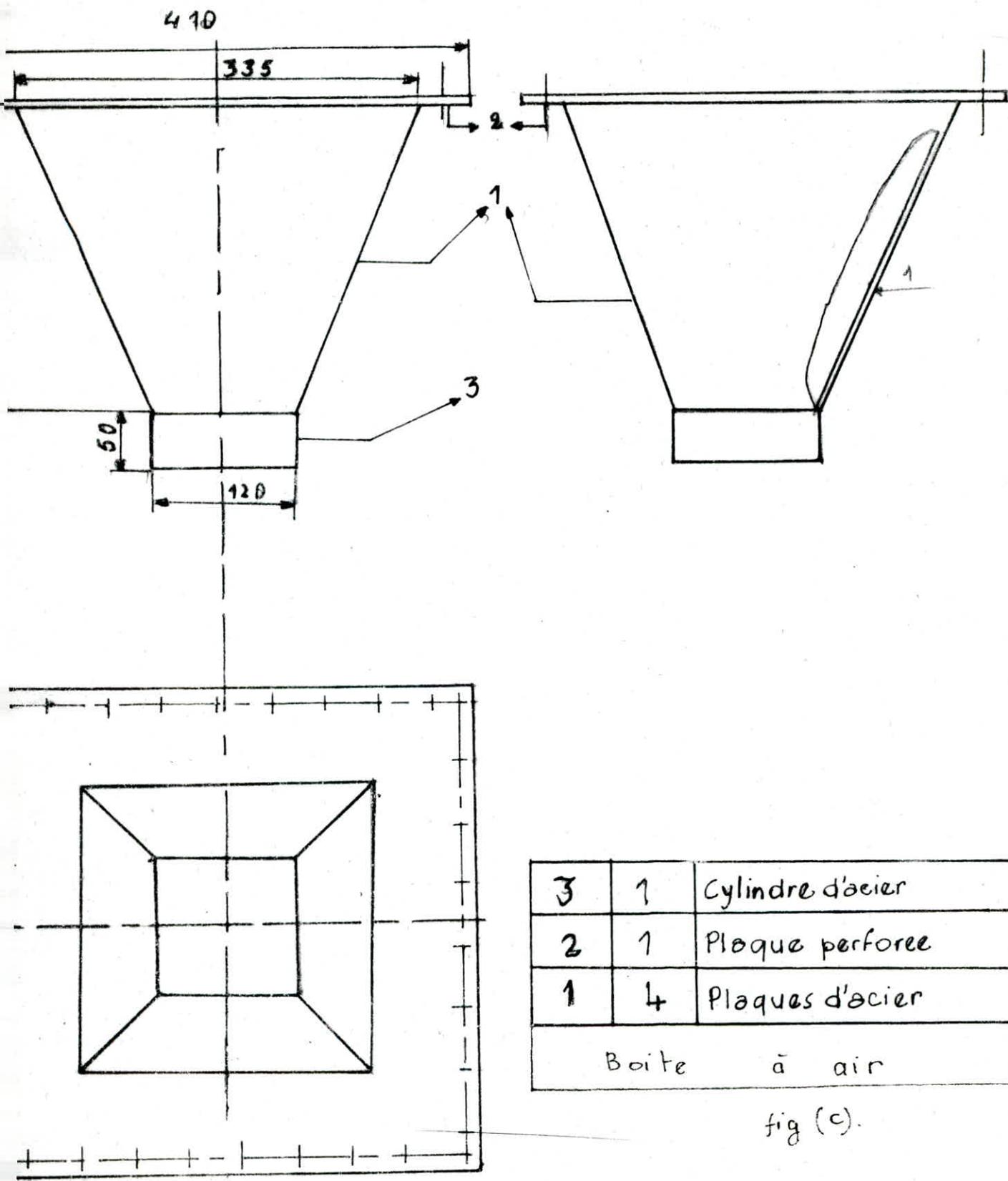
- REALISATION DU SUPPORT :

Le support du four est constitué d'un cadre à l'intérieur duquel se coinse le four. A ce cadre un autre support a été réalisé afin de permettre l'ouverture du four par un mouvement de rotation ayant ce support pour axe de rotation. A chaque angle du cadre on soude une cornière perpendiculairement voir Fig (I).



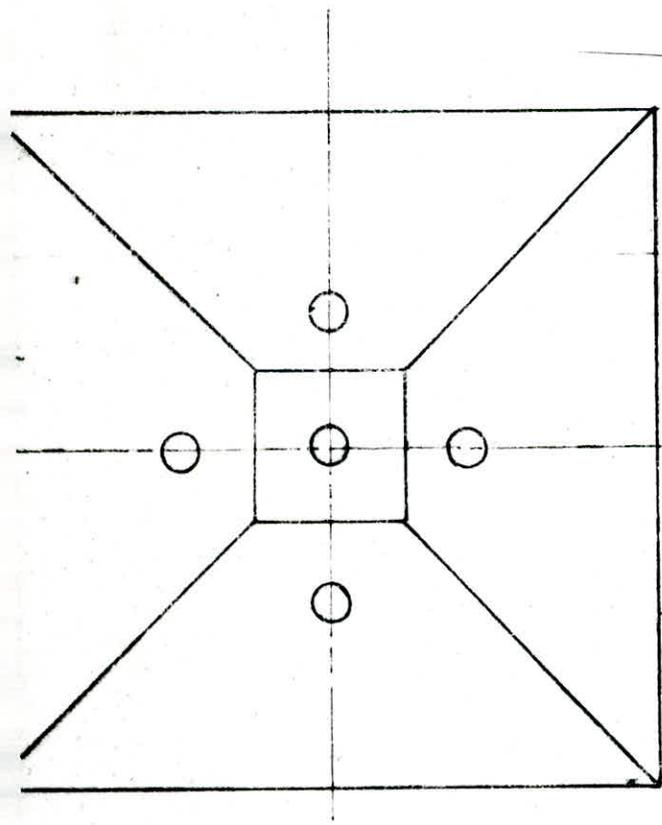
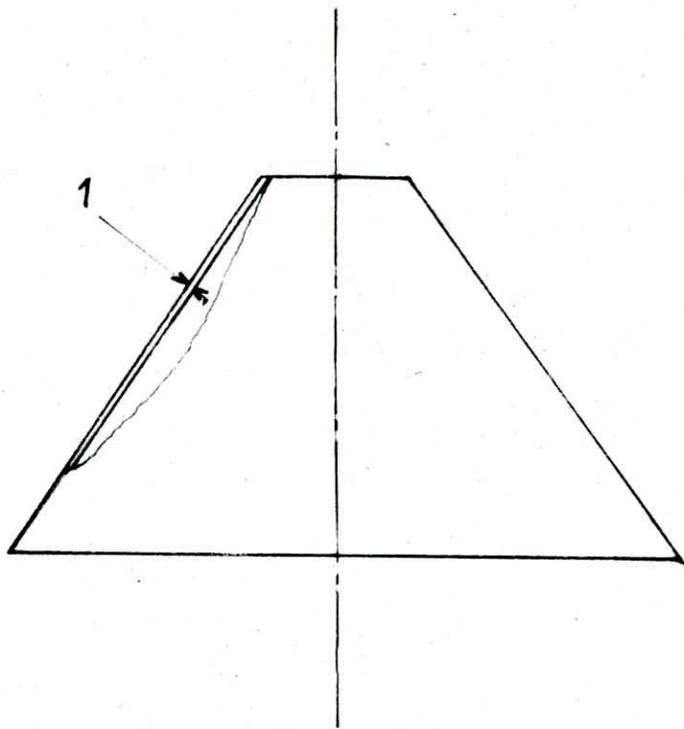
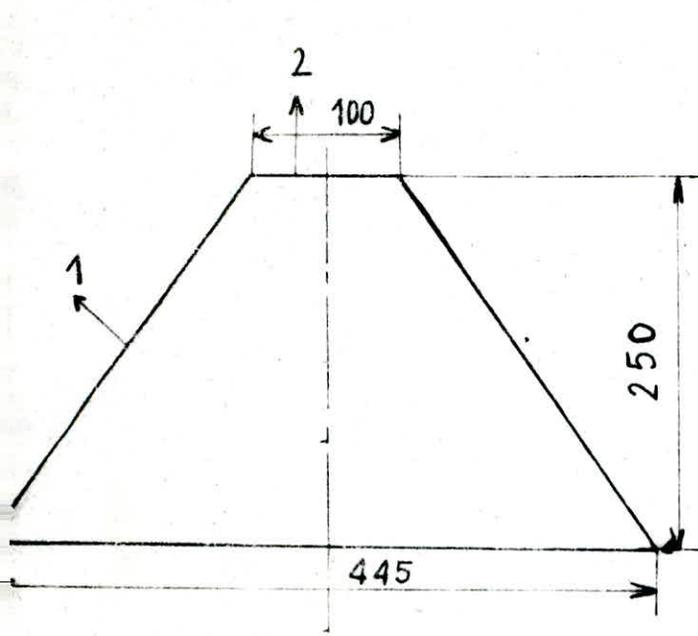
4	1	tube en acier
3	1	tube en acier
2	4	tube en acier
1	4	tube en acier

fig (A).



3	1	Cylindre d'acier
2	1	Plaque perforée
1	4	Plaques d'acier
Boite à air		

fig (c).



2	1	Plaque d'acier
1	4	Plaque d'acier
couverture		

fig(0).

CHAPITRE V

CONCLUSION :

Tout d'abord on tient à signaler l'importance de ce projet ceci dans la mesure où des manipulations ultérieures seraient effectuées au laboratoire. De plus ceci nous a permis d'approfondir nos connaissances en ce qui concerne les fours en général et plus particulièrement les fours de grillage. Dans bien des cas, il faut adapter la conception d'un four à un emplacement particulier et à des besoins spécifiques. Avant d'installer un four à gaz il est sage de se renseigner exactement sur la nature de gaz et sa pression.

Parmi les combustibles de toutes natures, les plus faciles à s'enflammer sont les combustibles gazeux. Actuellement la méthode diffusive du brûlement des combustibles gazeux s'est répandue largement.

Cependant, comme le gaz est encore relativement bon marché et disponible partout, il reste souvent le combustible le plus pratique, ce qui traduit par une économie de combustible. Le gaz donne de bon résultats dans le grillage des minerais et l'entretien du four est plus facile.

- S O M M A I R E -

INTRODUCTION

CHAP - I -

I - 1 - Grillage et frittage

I - 2 - Importance du grillage

2 - 1 - Grillage chlorurant

2 - 2 - Grillage sulfatant

2 - 3 - Grillage oxydant

2 - 4 - Grillage en milieu fluidisant

I - 3 - Energie libre d'oxydation et de dissociation

I - 4 - Evolution des méthodes d'élaboration

4 - 1 - Grillage en tas et en stalles.

4 - 2 - " " fours à cuve

4 - 3 - " " " à reverbère

4 - 4 - " " " " et fours à moufles combinés

4 - 5 - " " " à moufles.

4 - 6 - Convertisseurs.

4 - 7 - Fours rotatifs

CHAPITRE II

REDUCTION DES OXYDES METALLIQUES .

II - I - A - Séparation des métaux des oxydes par voie sèche

a) - réduction des oxydes par chauffage simple

b) - Réduction des oxydes par " avec des
corps réducteurs.

II - 2 - Différents agents de réduction

CHAPITRE - III

AGGLOMERATION DES MINERAIS

III - 1 - Nécessité de l'agglomération.

III - 2 - Matières primaires pour l'agglomération

2 - 1 - Minerais de fer

2 - Sous - Produits métallurgiques

3 - Fondants

4 - Matières combustibles.

III - 3 - Grillage agglomérant

3 - 1 - Description du procédé de grillage

III - 4 - Processus partiel du grillage.

- 4 - 1 - Productivité moyenne de la charge
- 4 - 2 - Préparation du mélange et perméabilité en gaz
- 4 - 3 - Dimension optimale et grosseur optimale des grains du mélange.
- 4 - 4 - Humidité optimale du mélange

III - 5 - CONVERTISSEUR DE " DWIGHT - LLOYD "

- 5 - 1 - Allumage du mélange
- 5 - 2 - Traitement thermique du minerai - l'appareil de traitement du grillage.
 - 5 - 2 - 1 - Traitement thermique du minerai
 - 5 - 2 - 2 - Le rapport de pression du processus du grillage.

III - 6 - PROCESSUS DES TECHNIQUES DE COMBUSTION LORS DU GRILLAGE

- 6 - 1 - Production et transfert de chaleur.

III - 7 - VARIATION DE LA TEMPERATURE DANS LES COUCHES DU MELANGE PENDANT LE GRILLAGE

III - 8 - CONSOMMATION ET PREPARATION DES GAZ ASPIRES

III - 9 - DETERMINATION DE LA QUANTITE DU COMBUSTIBLE ET DE LA CHALEUR

III - 10 - BILAN THERMIQUE ET UTILISATION DE L'ENERGIE.

- III - 11 - Processus métallurgique du grillage
- III - 12 - Processus de réduction pendant le grillage
- III - 13 - Les facteurs de détermination de la teneur de FeO dans le mélange.
- III - 14 - Processus des éléments accompagnateurs.
- III - 15 - Productivité du grillage.

CHAPITRE IV

ETUDE EST REALISATION

- IV - 1 Conception et construction du four
 - 1 - Combustible
 - 2 - Combustion du combustible
 - 3 - Brûleur
 - 4 - Grille
 - 5 - Mesure et contrôle de la température
 - 6 - Dispositifs du four

CHAPITRE V

CONCLUSION.

- BIBLIOGRAPHIE -

- 1) - Métallurgie - Tome II
élaboration des métaux C - chaussin, G.HILLY

- 2) - Généralité, Agglomération des minerais - Technique
de l'ingénieur.

- 3) - Traité de métallurgie Générale - G - SCHNABEL.

- 4) - Aspects physico - chimiques de l'élaboration des
Métaux - HOPKINS.

- 5) - Fours Métallurgiques Tome I Par
T. NADJAFOV et N - NIKOPORETS.

- 6) - Fabrication de la fonte (NYERSVASGYARTA'S)
FARKAS- OTTO

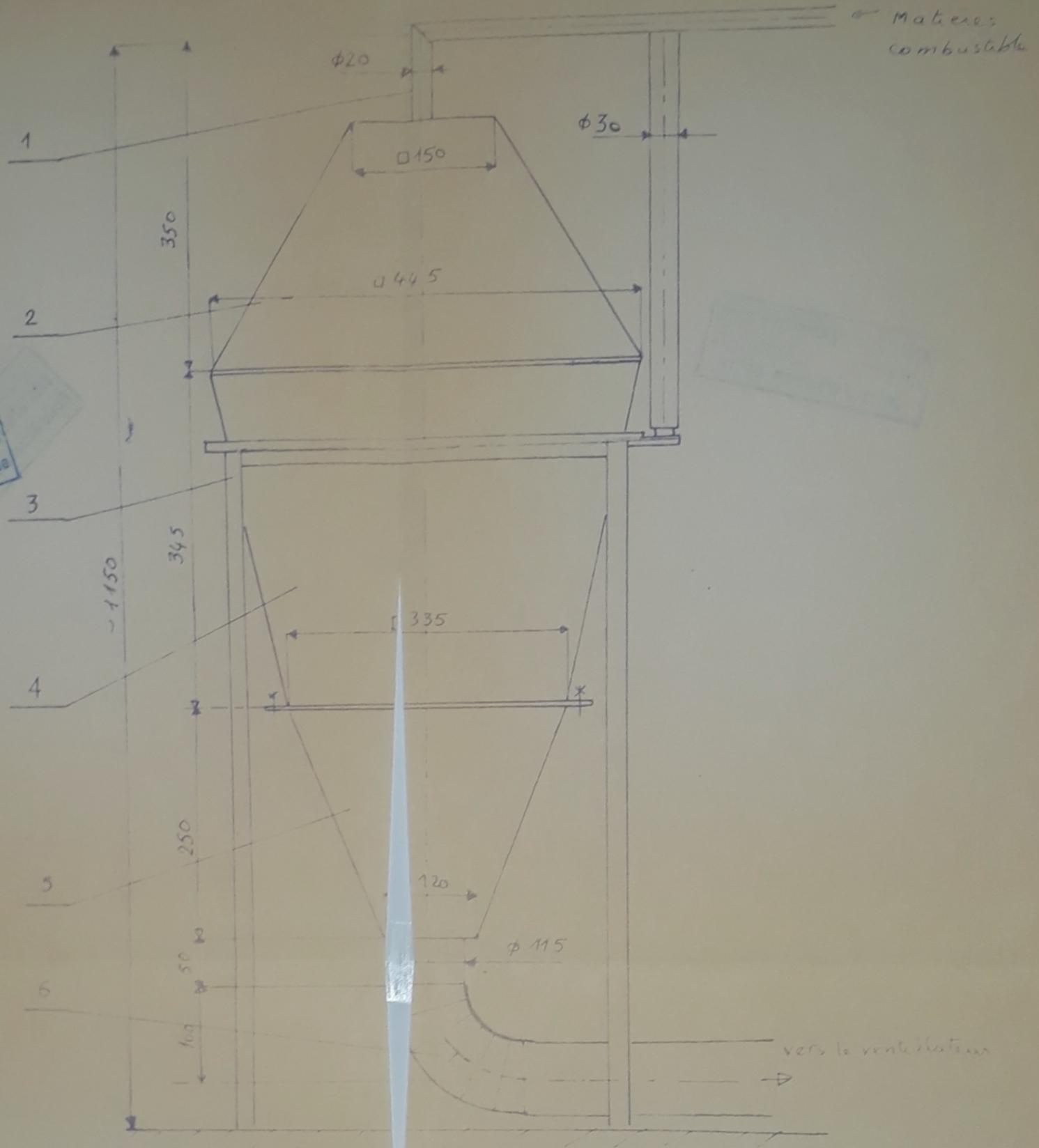
- 7) - Projet de fin d'étude
Etude des transformations des sulfures de cuivre
pendant le grillage oxydant par LAMRI - SAQUEL
Promotion Juin 85.

8) - Projet de fin d'étude :

Sujet choix de la température d'oxydation à mort
du minerai ZU - Pb - Algérien
Monsieur HADDAD A.

9) Cours de Monsieur SAADA.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
 المكتبة - BIBLIOTHEQUE
 Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
 المكتبة - BIBLIOTHEQUE
 Ecole Nationale Polytechnique

Dept. M.M

Etudié par: Ziari. M
 Sellam. K

Janvier 88

1	1	tuyau à gaz
2	1	couverture
3	4	le support
4	1	la cuve du four
5	1	Boite à air
6	1	tuyau de la fumée

Janvier 88

FOUR DE GRILLAGE

PL015 88

Annexe

