

**EP 1**

**ANALYSE, ORGANISATION  
ET COMMUNICATION TECHNOLOGIQUES**

**DUREE : 3h00**

**COEFFICIENT : 4**

**Le sujet comporte 22 pages.**

**Dossier Ressources :**

Description du procédé	3
Schéma du procédé	5
Repérage des appareils	6
Symboles de schématisation	7
Fiche de données de sécurité du magnésium	8

**Dossier Travail :**

1 . Etude du procédé	12
2 . Etude de la sécurité	12
3 . Etude de la fragmentation de la dolomie	14
4 . Etude de la calcination	16
5 . Etude de la réduction	17

**REMARQUES :**

Toutes les parties sont indépendantes.

Tout le dossier travail doit être rendu avec la copie.

L'expression écrite et la présentation seront prises en compte lors de la correction.

Groupement Inter Académique II		Code : 122201	
CAP Industries Chimiques		Analyse Organisation Communication Technologiques	
SESSION 2004	Sujet : EP1		
SUJET	Durée : 3h00	Coef : 4	Page 1/22

- SUJET -

# DOSSIER RESSOURCE

## FABRICATION DU MAGNESIUM

### PROCEDE MAGNETHERM

#### DESCRIPTION DU PROCEDE

La matière première nécessaire à la fabrication de magnésium métallique est un minerai appelé dolomie. Elle est composée d'un mélange de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  (60 % massique) et de carbonate de magnésium ( $\text{MgCO}_3$  40 % massique) que l'on extrait de carrières. Le procédé MAGNETHERM est une réduction aluminosilicothermique sous vide, qui se fait en discontinu. Chaque cycle de 14 heures produit environ 12 tonnes de magnésium en fusion. Une fois affiné, le métal est d'une qualité acceptable pour la plupart des applications autres que les alliages de grande pureté. Les coûts d'opération du procédé MAGNETHERM sont assez élevés en raison de la grande consommation d'électricité et d'une demande élevée en main-d'œuvre.

#### ETAPE 1 : FRAGMENTATION DE LA DOLOMIE

La dolomie est concassée dans un concasseur à cylindres **B2** puis est broyée dans un broyeur **B3** afin d'obtenir une poudre dont la granulométrie est comprise entre 4 mm et 28 mm.

A la sortie du broyeur, la poudre est envoyée sur un crible **S4**, afin de la trier. Les grains de dolomie dont la taille est supérieure à 28 mm sont renvoyés au niveau du broyeur **B3**. Ceux dont la taille est inférieure à 4 mm sont stockés avant d'être utilisés par d'autres industries, notamment dans le secteur des travaux publics.

#### ETAPE 2 : CALCINATION DE LA DOLOMIE

La dolomie dont la granulométrie est comprise entre 4 et 28 mm, est dirigée vers un four de calcination rotatif **F6**, dont la température du brûleur est proche de  $1500^\circ\text{C}$ . Les gaz chauds, issus de la combustion du méthane au brûleur sont produits à la base du four rotatif, et cheminent à contre-courant du solide dans le four rotatif.

Cette calcination permet de former l'oxyde de magnésium  $\text{MgO}$ , nécessaire à la fabrication du magnésium métallique, ainsi que de l'oxyde de calcium  $\text{CaO}$ .

Les réactions de calcination sont les suivantes :



A la sortie du four de calcination, il se dégage des fumées contenant du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  et des poussières (fines).

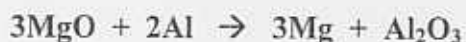
### ETAPE 3 : REDUCTION DE L'OXYDE DE MAGNESIUM

Les oxydes de calcium et de magnésium provenant de la dolomie calcinée, de l'aluminium et du ferrosilicium (mélange de silicium et de fer) sont envoyés vers le four de fabrication du magnésium F10, où a lieu la réduction de l'oxyde de magnésium.

Le four fonctionne en discontinu sous haute température (aux alentours de 1000°C) et à basse pression (80 mmHg absolu). La chaleur est apportée par de l'électricité afin de faire fondre les matières premières et de favoriser la réaction qui se fait en milieu liquide.

La réaction a lieu sur un mélange fondu appelé laitier, composé de CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et MgO n'ayant pas réagi.

L'aluminium permet de diminuer la température de fusion du laitier et il réagit avec l'oxyde de magnésium pour former du magnésium suivant la réaction :



Le ferrosilicium permet d'apporter du silicium dans le four. Le silicium réduit l'oxyde de magnésium et produit du magnésium. Cela se passe suivant la réaction suivante :

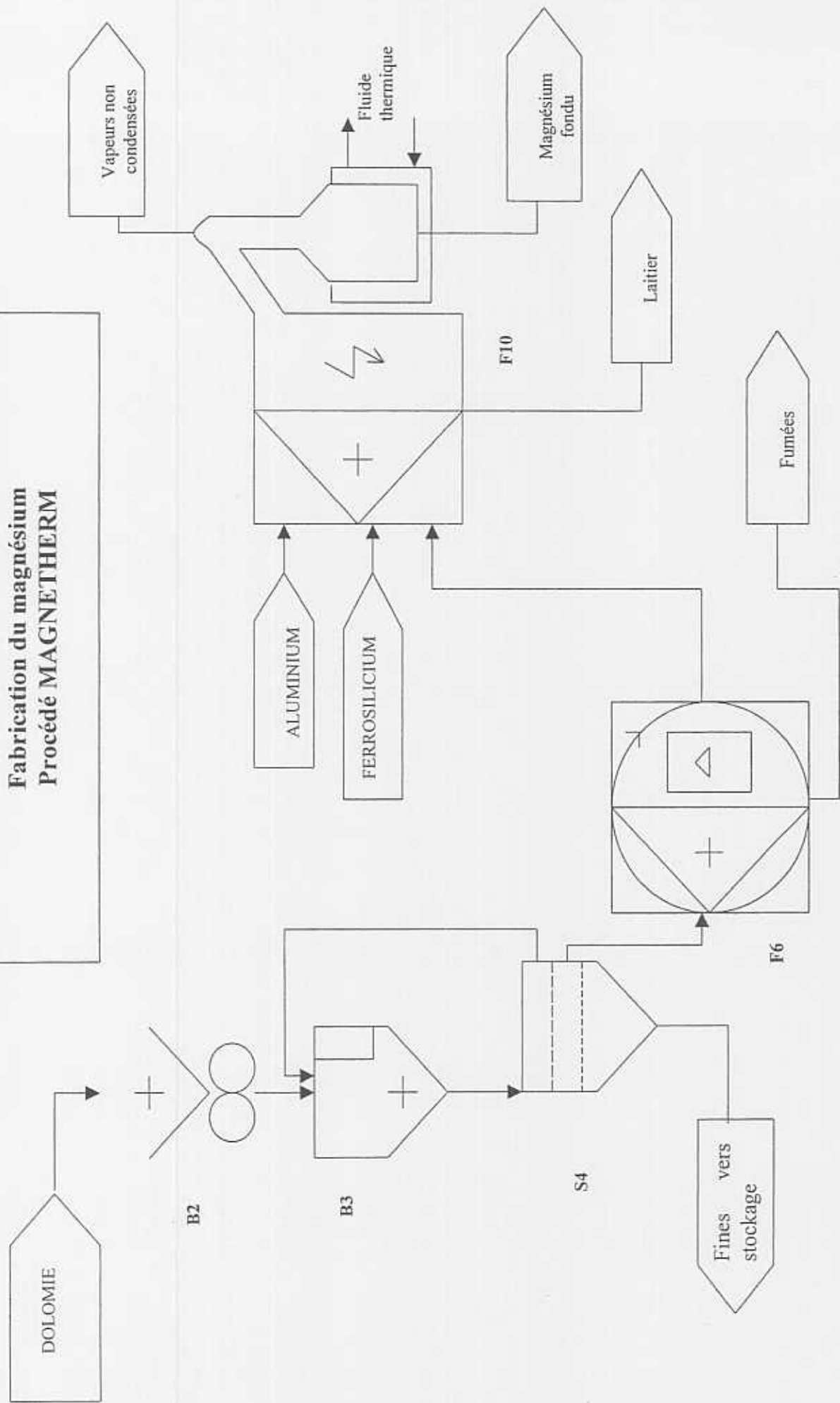


Le magnésium est obtenu sous forme vapeur, il est condensé dans un creuset refroidi par une double enveloppe avec un fluide réfrigérant (eau), avant d'être envoyé vers la fonderie où il sera purifié et mis en forme (barres ou lingots).

Le laitier obtenu dans ce four est lui envoyé vers la zone de granulation où il est granulé avant d'être vendu aux entreprises de travaux publics.

- SUJET -

# Fabrication du magnésium Procédé MAGNETHERM

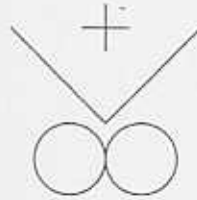


## Repérage des appareils

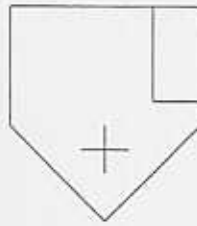
Repère	Type	Appareils
A	AGITATEUR	Agitateur de tous types pour homogénéiser des phases liquides.
B	BROYEUR	Concasseurs, Broyeurs, Pulvérisateurs, Cribles.
C	COMPRESSEUR	Compresseurs, Ventilateurs, Pompes à vide.
D	COLONNE TOUR	Colonnes et tours de : Extraction, Rectification, Lavage, Absorption.
E	ECHANGEUR	Bouilleurs, Evaporateurs, Economiseur, Surchauffeurs, Réfrigérant, Aéroréfrigérant, Condenseur...
F	FOUR	Fours de fusion, Grillage, Cuisson, Haut fourneaux, Sécheur.
M	MELANGEUR	Agitateur de tous types pour homogénéiser des phases semi-fluides et solides.
P	POMPE	Pompe de tous types.
R	RESERVOIR RECIPIENT	Bac, Réservoirs, Ballons, Gazomètres, Silos, Trémies....
S	SEPARATEUR FILTRE	Crible, Décanteurs, Filtres, Essoreuses, Dépoussiéreurs, Centrifugeuses...
T	TRANSPORTEUR	Transporteurs, Convoyeurs, Elévateurs, Grues, Portiques...
V	CHAUDIERE A VAPEUR	Chaudière à vapeur Chaudière à fluide caloporteur Fours tubulaires.

## Schématisation

- Concasseur à cylindre



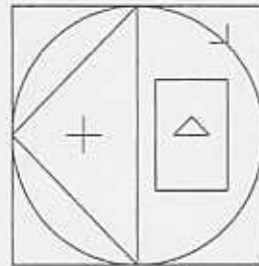
- Broyeur



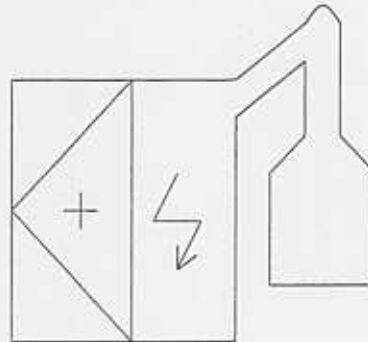
- Crible



- Four à calcination rotatif



- Four de réduction



# Fiche de données de sécurité du magnésium

---

## 1. Identification du produit

---

### \* Identification du produit

Nom du produit: **MAGNESIUM**

---

## 2. Composition/informations sur les composants

---

Numéro CAS: 7439-95-4 Index CE: 012-001-00-3

Masse molaire: 24,31 EINECS: 231-104-6

Formule brute: **Mg**

---

## 3. Identification des dangers

---

Au contact de l'eau, dégage des gaz extrêmement inflammables (risque d'explosion). Spontanément inflammable à l'air.

---

## 4. Premiers secours

---

En cas d'inhalation : faire respirer de l'air frais.

En cas de contact avec la peau : laver abondamment à l'eau. Enlever les vêtements souillés.

En cas de contact avec les yeux : rincer abondamment à l'eau, en maintenant les paupières écartées. Le cas échéant, consulter un ophtalmologiste.

En cas d'ingestion: Boire beaucoup d'eau. Consulter un médecin.

---

## 5. Mesures de lutte contre l'incendie

---

Moyens d'extinction appropriés: poudre pour les feux de métaux. Couvrir avec du sable sec ou du ciment.

Moyens d'extinction à ne pas utiliser: eau, mousse.

Risques particuliers: Combustible. En cas d'incendie, risque de formation de gaz de combustion ou de vapeurs dangereuses.

Danger d'explosion de la poussière.

---

## 6. Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle

---

Mesures de précaution des personnes :

Eviter la formation de poussière; ne pas inhaler les poussières.

Eviter le contact avec la substance.

Procédure de nettoyage / absorption : Récupérer à l'état sec. Acheminer vers l'élimination. Nettoyer.

---

## 7. Manipulation et stockage

---

Manipulation: Pas d'autres exigences.

Stockage: Bien fermé. A l'abri de l'humidité. A l'écart des sources de chaleur et d'ignition.

Températures de stockages: sans limites.

---



---

## 8. Contrôle de l'exposition/protection individuelle

---

Equipements de protection individuelle:

Protection respiratoire: nécessaire en cas de formation de poussières.

Protection des yeux: nécessaire

Protection des mains: nécessaire

Choisir les moyens de protection individuelle en raison de la concentration et de la quantité des substances dangereuses et du lieu de travail.

S'informer auprès du fournisseur sur la résistance chimique des moyens de protection.

Mesures d'hygiène:

Enlever immédiatement tout vêtement souillé. Protection préventive de la peau.

Se laver les mains et le visage après le travail.

---

## 9. Propriétés physiques et chimiques

---

Forme: solide

Couleur: gris clair

Odeur: inodore

pH non disponible

Point de fusion 649 °C

Point d'ébullition 1090 °C

Température d'inflammation > 500 °C

Point d'éclair non disponible

Limites d'explosivité inférieure non disponible  
supérieure non disponible

Densité de vapeur relative non disponible

Densité ( 20 °C) 1.74 g/cm<sup>3</sup>

Solubilité dans eau ( 20 °C) (décomposition lente) Granulométrie env. 0.1 - 0.3 mm

---

## 10. Stabilité et réactivité

---

Conditions à éviter

Chauffage.

Matières à éviter

eau, acides, bases, oxydant; hydrocarbures halogénés, oxydes de métaux,  
peroxydes,

nitrate, perchlorate, cyanure, halogènes, oxydes non métalliques, non-métaux,  
alcools, sels alcalins, sulfates, fluor, hydracides halogénés, hydroxydes  
alcalins.

Produits de décomposition dangereux

Après réaction: hydrogène (danger d'explosion !)

Autres données avec eau danger d'explosion; Danger d'explosion de la poussière.

---

## 11. Informations toxicologiques

---

Nous ne disposons pas de données quantitatives concernant la toxicité de ce produit.

## - SUJET -

### Autres informations toxicologiques

En cas d'inhalation de poussière: Irritations des voies respiratoires.

En cas de contact avec la peau: En cas de contact avec des plaies, tendance à mauvaise cicatrisation.

L'ingestion peut provoquer: troubles gastro-intestinaux, inappétence, perte de poids.

Autres indications:

Il ne ressort aucun effet dangereux de notre expérience avec le produit.

### Autres données

Manipuler ce produit avec les précautions d'usage pour un produit chimique.

---

## 12. Informations écologiques

---

Effets écotoxiques:

Effets biologiques:

Après réaction: Effet toxique sur les poissons. Effet nocif dans les organismes aquatiques. Effet nocif par modification du pH.

Autres indications concernant l'écologie :

Concerne les composés du magnésium en général: létal pour poissons à partir de 100 -400 mg/l.

Ne pas évacuer dans les eaux naturelles, les eaux d'égout ou le sol !

---

## 13. Considérations relatives à l'élimination

---

Produit: Il n'y a pas de réglementation uniforme concernant l'élimination des produits chimiques et de leurs résidus au sein de l'Union Européenne. Les produits chimiques et leurs résidus doivent être considérés comme des déchets spéciaux. Leur élimination est réglementée par chaque état membre. Nous vous recommandons de contacter les autorités compétentes ou les sociétés spécialisées dans l'élimination des déchets qui sauront vous renseigner sur les moyens d'éliminer les déchets spéciaux.

Emballage: Elimination conformément à la législation en vigueur. Les récipients contaminés doivent être traités de la même façon que le produit chimique respectif. Sauf réglementation spécifique les récipients non contaminés peuvent être éliminés comme déchets ménagers ou bien être recyclés.

---

## 14. Informations réglementaires

---

Etiquetage selon les directives CEE

Symboles: F Facilement inflammable

Phrases R: 15-17 Au contact de l'eau, dégage des gaz extrêmement inflammables. Spontanément inflammable à l'air.

Phrases S: 7/8-43 Conserver le récipient bien fermé et à l'abri de l'humidité. En cas d'incendie utiliser du sable ne jamais utiliser d'eau.

CE No.: 231-104-6 Etiquetage CE

Réglementations allemandes

Cl. de pollution d. eaux (RFA) 0 (substances généralement non polluantes)

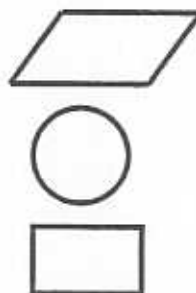
- SUJET -

# DOSSIER TRAVAIL

## 1 ETUDE DU PROCEDE (26 points)

1-1 A l'aide du descriptif du procédé, compléter le schéma de procédé (page 19) en y portant :

- les températures
- les pressions
- les tailles de grains de Dolomie



1-2 Compléter le schéma de principe (page 20).

1-3 Compléter la nomenclature du schéma de procédé (page 21).

1-4 Quelles sont les espèces chimiques présentes dans le laitier ?

1-5 Quelle est le rôle de la double enveloppe située autour du creuset, en aval du four de réduction ?

## 2 ETUDE DE LA SECURITE (12 points)

A l'aide de la fiche de données de sécurité du magnésium (Dossier Ressources), répondre aux questions suivantes :

2-1 Cocher la case correspondante :

A 720°C à la pression atmosphérique le magnésium pur est un produit à l'état :

- Solide
- Liquide
- Gazeux

- SUJET -

A 1400°C et à la pression atmosphérique, le magnésium pur est un produit à l'état :

- Solide
- Liquide
- Gazeux

A 1090°C et à la pression atmosphérique, le magnésium change d'état, il se :

- sublime
- liquéfie
- vaporise

2-2 Indiquer les protections individuelles nécessaires lors de la manipulation de magnésium à l'état solide.

2-3 Quel symbole doit figurer sur les récipients de stockage contenant du magnésium à l'état solide ?

2-4 Quelles sont les conséquences sur l'homme en cas d'inhalation de poussières ?

**3 ETUDE DE LA FRAGMENTATION DE LA DOLOMIE (18 points)**

Le minerai de dolomie est concassé puis broyé pour l'amener à une granulométrie comprise entre 4 et 28 mm

3-1 Citer trois facteurs qui ont une influence sur la fragmentation ?

3-2 Une partie du broyage du minerai s'effectue dans un broyeur à boulets B3.

3-2-1 Compléter la nomenclature du broyeur en page 22.

3-2-2 Calculer la vitesse réelle du broyeur à partir des données suivantes :

Vitesse critique :  $N_c = \frac{29,91}{\sqrt{R}}$  (en tours/minute), avec R, rayon en mètre du broyeur

Vitesse réelle :  $N = 0,76 \times N_c$  (en tours/minute)

Le diamètre du broyeur est de 3,8 m.

- SUJET -

3-3 On réalise en sortie des broyeurs une analyse granulométrique (rendement de 100 %) sur un échantillon de 250 g.

Les résultats du contrôle sont les suivants :

Numéro du tamis	Ouverture (mm)	Refus (g)	Refus (%)
Tamis 1	28	30	
Tamis 2	25	10	
Tamis 3	22	15	
Tamis 4	20	15	
Tamis 5	15	45	
Tamis 6	10	60	
Tamis 7	8	40	
Tamis 8	4	15	
Receveur	-----	20	

3-3-1 Déterminer le pourcentage de refus de chaque tamis, ainsi que du receveur. Donner en exemple, le calcul pour le tamis 6.

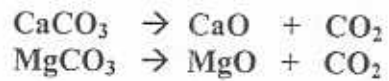
3-3-2 Sachant qu'au cours d'un cycle de production on travaille avec un débit massique d'alimentation en dolomie de 15600 kg/h, calculer le débit massique de poudre de dolomie recyclée vers le broyeur (particules supérieures à 28 mm), ainsi que le débit massique de fines dirigées vers la zone de stockage (particules inférieures à 4 mm).

#### 4 ETUDE DE LA CALCINATION (12 points)

La calcination de la dolomie consiste à la soumettre à une haute température. La dolomie est composée de deux carbonates :

- Le carbonate de calcium (60 % massique)
- Le carbonate de magnésium (40% massique)

Après la calcination, il se forme des oxydes de calcium et de magnésium.



On alimente le four de calcination à un débit massique de 12400 kg/h.

4-1 Calculer le débit massique de  $\text{MgCO}_3$  noté  $q_{\text{MgCO}_3}$  qui est introduit dans le four.



- SUJET -

4-2 Calculer le débit massique de  $\text{CO}_2$  formé par la calcination du carbonate de magnésium, sachant qu'il se forme 2004 kg/h de  $\text{MgO}$ .  
(masses molaires données page 18)

## 5 ETUDE DE LA REDUCTION (12 points)

L'oxyde de magnésium réagit avec l'aluminium pour former du magnésium et de l'alumine suivant la réaction :



Cette réaction est supposée totale (rendement de 100 %).

Dans le four de réduction, on introduit 1200 kg d'oxyde de magnésium.

5-1 Calculer le nombre de moles d'oxyde de magnésium introduit.

5-2 Calculer la masse d'aluminium à introduire dans le four de réduction.

5-3 Calculer la masse de magnésium produite dans ce four.

Données :

*Masses molaires*

$$M_C = 12 \text{ g/mol}$$

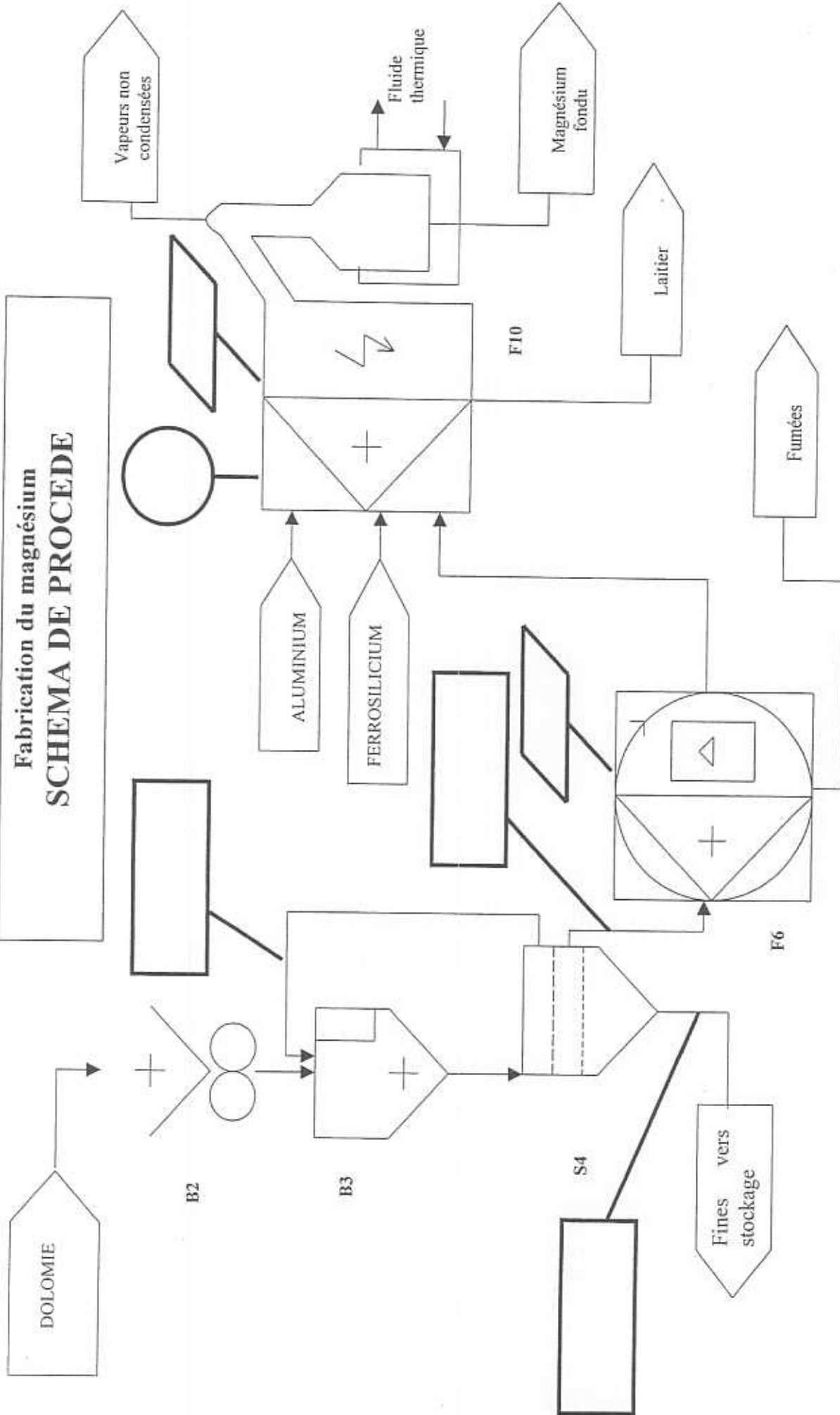
$$M_{Mg} = 24,3 \text{ g/mol}$$

$$M_O = 16 \text{ g/mol}$$

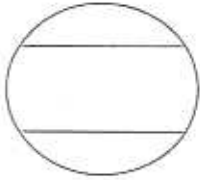
$$M_{Ca} = 40,1 \text{ g/mol}$$

$$M_{Al} = 27 \text{ g/mol}$$

# Fabrication du magnésium SCHEMA DE PROCEDE

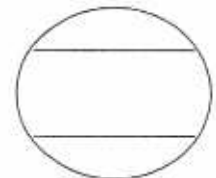


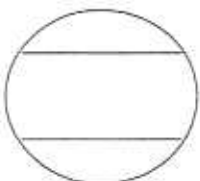
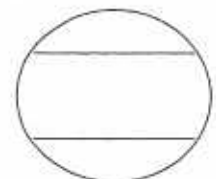
# SCHEMA DE PRINCIPE



B2	CONCASSAGE

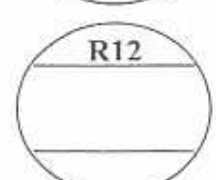
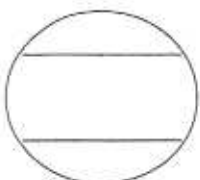







R11



R12



R13

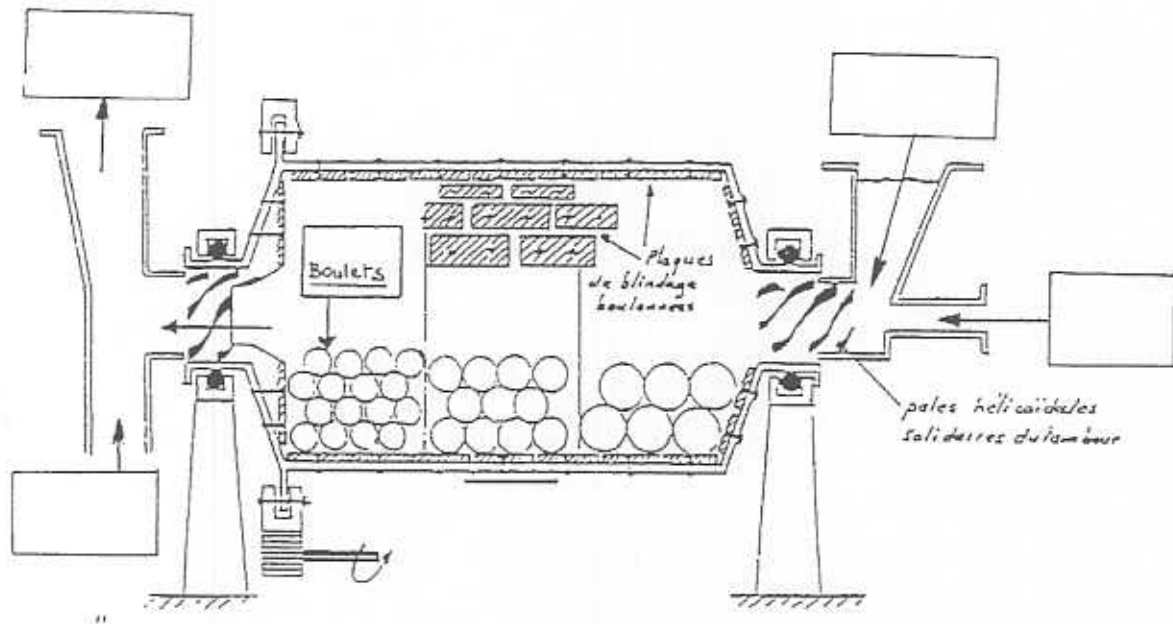
- SUJET -

## NOMENCLATURE

Repère	Nom	Fonction
B3		
S4		
F 6		
F 10		

## BROYEUR A BOULETS

- SUJET -



Nomenclature des éléments :

- Air d'entraînement
- Air sec et chaud
- Solide broyé
- Alimentation en solide