



CENTRE TECHNIQUE INTER-UNITÉS

De : **J. PILLARD**

A **S. DEVIZEAU/S. NEZICK**
(CTS)

N/Réf : JPP/AP/YBI405-636/96

St Quentin Fallavier, 11 Janvier 1996

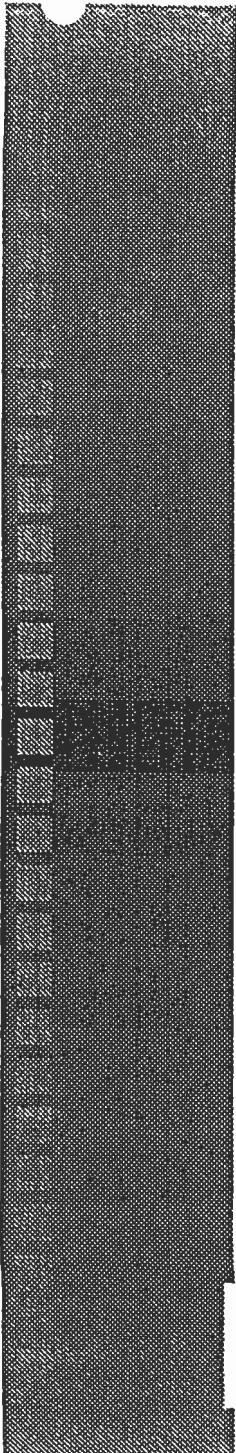
Please find enclosed slides presenting the results of the priority study "Preheater and Precalciner".

Wishing you good receipt

Regards

J.P. Pillard


PJ = 40 pages



Priority study 1993-1995

" Preheaters and Precalciners"

LAFARGE

L AFARGE CTI JP PILLARD

PREHEATERS

- How many stages / what performance
- Design criteria
 - ◆ How many files ?
 - ◆ Cyclone design
 - ◆ Pressure drop / Preheater size / Conclusions
 - ◆ Engineering recommendations

PRECALCINERS

- Study targets
- NOx formation / NOx reduction / Regulations
- The main precalciners
- Process considerations
- Recommendations

PREHEATERS

PREHEATERS						
Stage number / Performance (average values)						
Stage number	Heat consumption without precalciner	Heat consumption with precalciner		Electrical consumption	Raw-mix drying capacity	
	Outlet T°	kcal/kg kk	Outlet T°	kcal/kg kk	kWh/t kk	% H ₂ O
4	330	780	360	770	5,5 to 6	8
5	285	755	310	745	5,5 to 6	6
6	265	745	290	735	6 to 6,5	5

1 : Average values which can be reduced with very low pressure drop cyclones
With precalciners, the electrical consumption is increased a little

2 : The drying capacity can be increased when using cooler air in addition

PREHEATERS

Design criteria

- Number of cyclone lines :
 - ◆ 1 fline up to 3000 t/d, max 4000 t/d, the limit depends on :
 - ♦ seismic conditions : lowering the tower height
 - ♦ for 3600 t/d, for a tower with 2 lines the height is 75% of a 1 line tower
 - ◆ 2 lines between 3000 t/d and 6000 t/d, 3 lines for upper capacities
- The last stage (dedusting) is doubled for large capacities (>2000 t/d for 1 line ap.)

PREHEATERS

Cyclone design for the main manufacturers
(last generation)

- Avoid the horizontal areas (cyclone inlets, and gas ducts)
- Avoid the unuseful pressure drops
 - ◆ cyclone inlet
 - ◆ deep tube location
 - ◆ dimension optimisation

PREHEATERS

Cyclone geometry

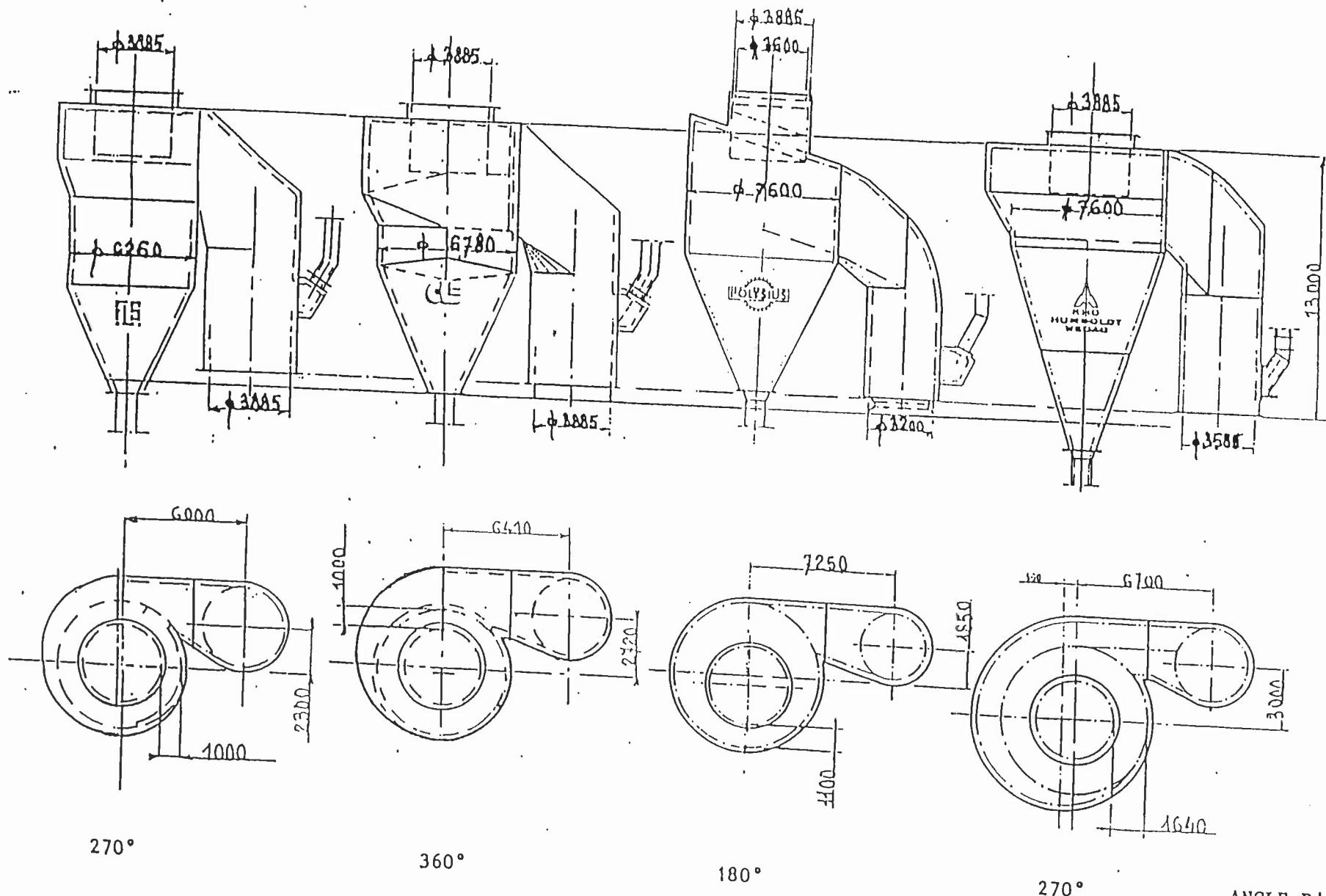
(CLE, FLS, POLYSIUS, KHD)

SCX : without C4 thimble , CS inlet gas temperature
dropped from 900 °C to 885 °C
So the whole temperature profile changed
CS loss : no impact except better SO₂ trapping

2005

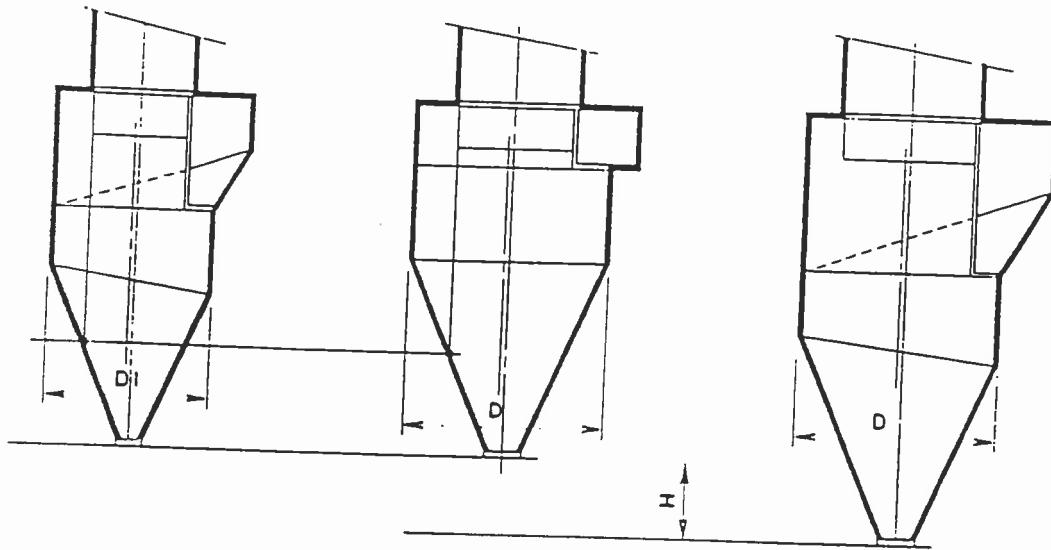
COMPARATIF DIMENSIONNEL DES CYCLONES SR DE CLE PAR RAPPORT A CEUX DE LA CONCURRENCE

COMPARATIF DIMENSIONNEL DES CYCLONES SR DE CLE PAR RAPPORT A CEUX DE LA CONCURRENCE



ANGLE D'ENROULEMENT
DE LA VOLUTE

FIGURE 3



NEW CYCLONE

OUTPUT = 1
 $\Delta p = 55 \text{ MMCE}$
 $D_1 = 0.81D$

CONVENTIONAL CYCLONE

OUTPUT = 1
 $\Delta p = 70 \text{ MMCE}$
 $K = 9$

CONVERSION OF A CONVENTIONAL CYCLONE

OUTPUT = 1×1.45
 $\Delta p = 55 \text{ MMCE}$
 $OUTPUT = 1 \times 1.6$
 $\Delta p = 70 \text{ MMCE}$

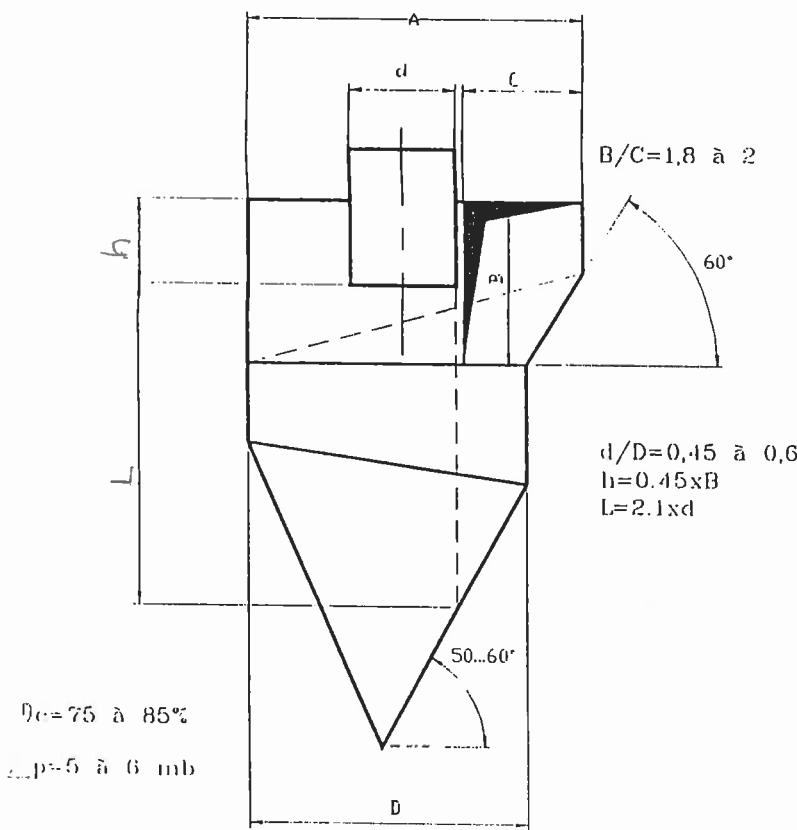
PERFORMANCES OF THE NEW PREHEATERS

TABLE 1

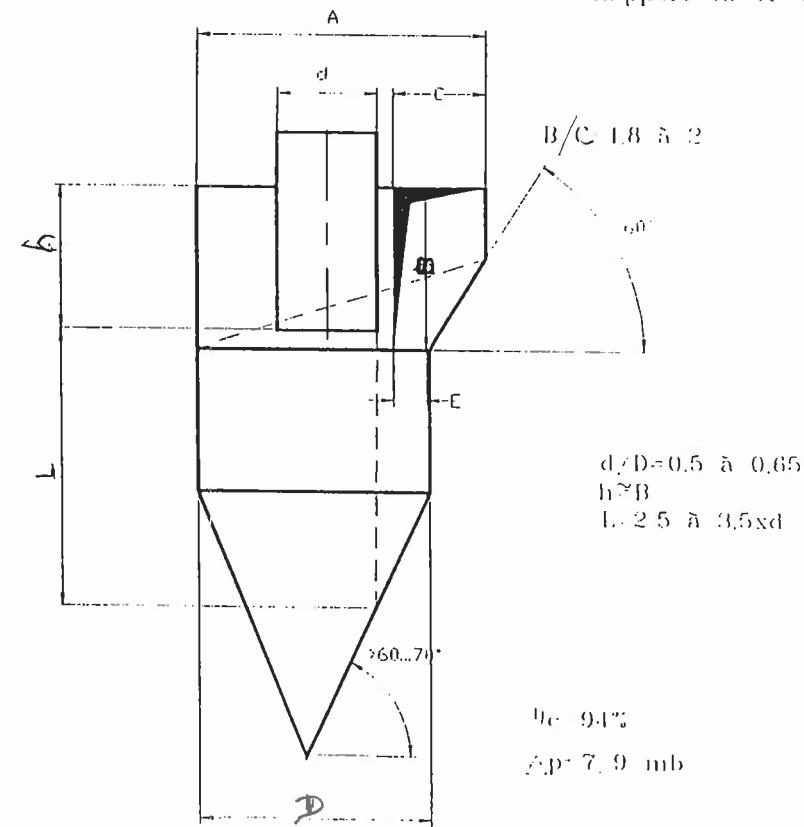
PREHEATER TYPE	4-STAGE	5-STAGE	6-STAGE
BURNING LINE WITHOUT PRECALCINER	-280	- 340	- 400
BURNING LINE WITH AT TYPE CALCINER	- 300	- 360	- 420
BURNING LINE WITH STANDARD RSP	-330	- 390	- 450
BURNING LINE WITH LONG RETENTION TIME RSP	- 350	- 410	- 470

THESE VALUES ARE THE UNDERPRESSURE AT THE TOP OF THE PREHEATER INCLUDING THE KILN AND THE GRATE COOLER.

LOWER STAGES
EFFICIENCY 75...85%



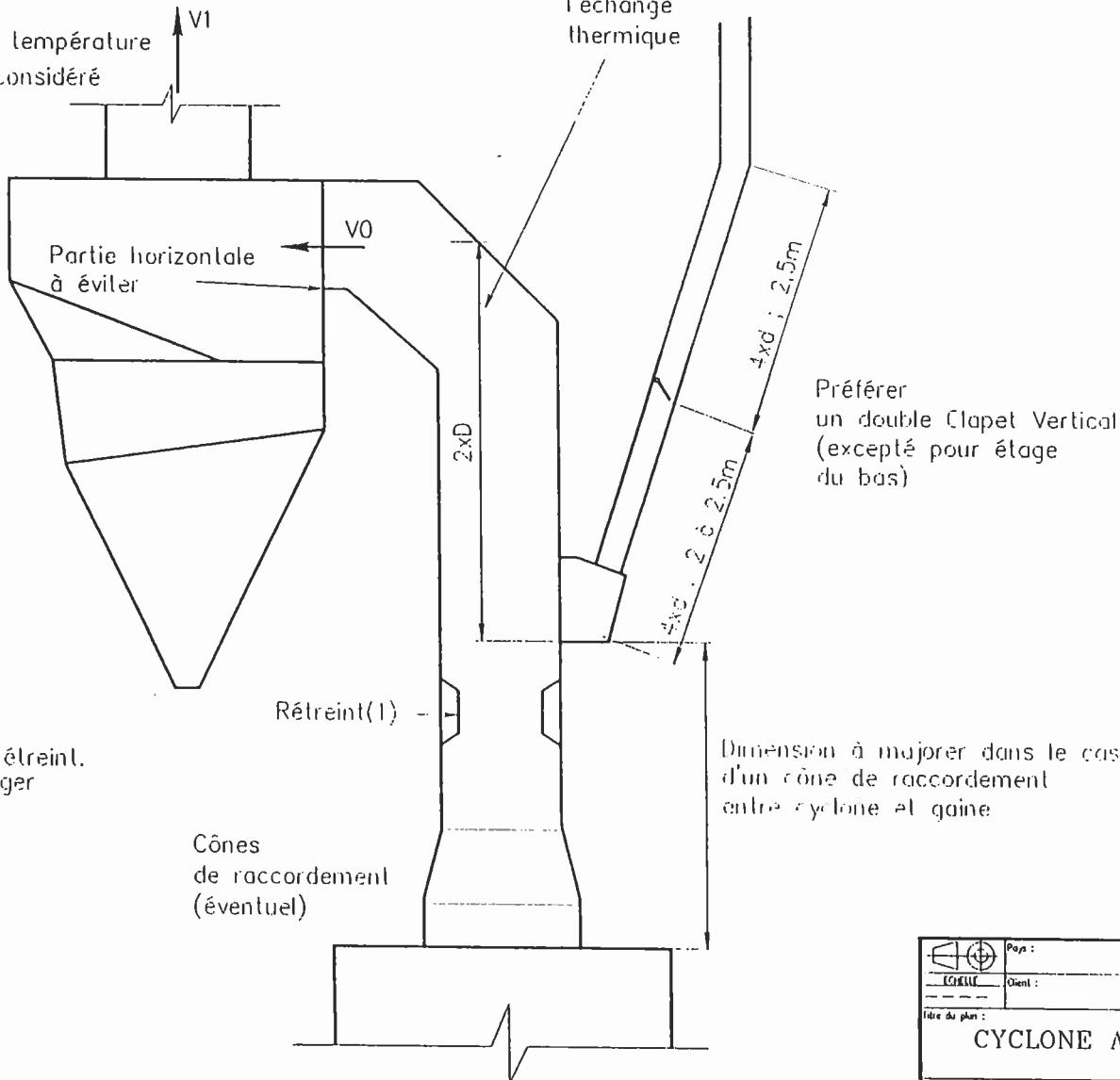
TOP STAGES
EFFICIENCY 94...96%



INFORMATION		LEADER	ADP	APP	CAL	P.L.
	Pays : _____	Site :				
ÉCOLE	Oréal :					
Titre du plan :						
FLOW SHEET CYCLONES AND PREHEATER DESIGN						
DATE :	06/01/95					
Conformément aux lois en vigueur ce plan est notre propriété. Il est soumis à titre confidentiel. Il ne peut être ni copié, ni communiqué à des tiers sans autorisation expresse et écrite.						
FONDATEUR	LAFARGE					
SP 70 St Gervais Fontaine 25250 Le Vergerie Cedex Tel : 74 82 16 16 Fax : 74 91 30 67						
FORMATEUR	N° DU PLAN	A2 STD. 1.32.1.M.11				

Vitesse gaz =
 $v_0/v_1 = 1 \text{ à } 1.3$
 $v_{\max} = 20 \text{ m/s}$
 $v_{\min} = 13 \text{ m/s}$

Fonction de la température
 et de l'étage considéré



	Page :	Date :
Échelle	Orient. :	
Titre du plan :		
FLOW SHEET CYCLONE AND PREHEATER DESIGN		
DATE : 03/01/95		
Conformément aux lois en vigueur ce Plan est notre propriété, il est rendu à titre confidentiel. Il ne peut être ni copié, ni communiqué à des tiers sans autorisation expresse et écrite.		
LAFARGE CENTRE TECHNIQUE INTER-UNITES		BP 70 51 Ozoir-lès-Rupt 76290 Le Val-Saint-Père Tél : 74 81 16 16 Fax : 74 91 39 07
FORMAT	N° DU PLAN STD.1.32.1M.12	

PREHEATERS

Size - Pressure drop

- Pressure drop = material transportation + cyclones and ducts Δp
- Cyclone design : a better design lowers the Δp with the same dedusting efficiency
- $\Delta p = k * (\text{gas flow})^2$ or $(\text{clinker capacity})^2$
- Diameter, height = $k (1/\Delta p)^{0.25}$
- Minimum Δp for :
 - ◆ process cyclones : 50 mm WG (to avoid material by-pass)
 - ◆ dedusting cyclones : 70/80 mm WG (efficiency)

PREHEATERS

Size - Pressure drop

Conclusions :

- ◆ The running costs are lowered with low- Δp cyclones, but
- ◆ The investments costs are increasing (size) with lower- Δp preheater
- ◆ The flexibility (turn down ratio), is depending on :
 - ◆ Δp design for the preheater
 - ◆ Δp minimum acceptable
 - ◆ Exhaust fan capacity

PREHEATERS

Engineering recommendations

- Raw-mix : has to be injected without the transportation air (energy consumption, kiln capacity)
- Cyclones : same rotation of all the cyclones , but for the final stage when using 2 symetrical dedusting cyclones, a gas straightening device has to be foreseen at the cyclone n°2 outlet (the only case)
- Material ducts slope : 55° mini, 60° before the splash box

PREHEATERS

Engineering recommendations

- Location of the valve : 2 / 2.5 m before the splash box
- Material duct : the duct axis between valve and the splash box has to be implemented in a vertical plane (to avoid dissymmetric injection)
- Valves (see examples of easy to maintain valves in the P.Study) :
 - ◆ vertical duct : a double flaps valve
 - ◆ inclined ducts : a simple flap valve

PREHEATERS

Engineering recommendations

- Riser duct : as far as it is possible, foresee a "meal curtain" to avoid the build-ups
- Smoke-chamber :
 - ◆ avoid dead zones
 - ◆ avoid too high velocities which could transport the hot meal towards the 1st cyclone, and lower the heat efficiency

PRECALCINERS

Targets

- Lower the heat load of the sintering zone
(max= 5.5×10^6 kcal/h.m²)
- For a preheater kiln, the precalciner allows a high capacity increase
- The most economic way to meet the NOx regulations, in burning high sulphur fuels in the kiln

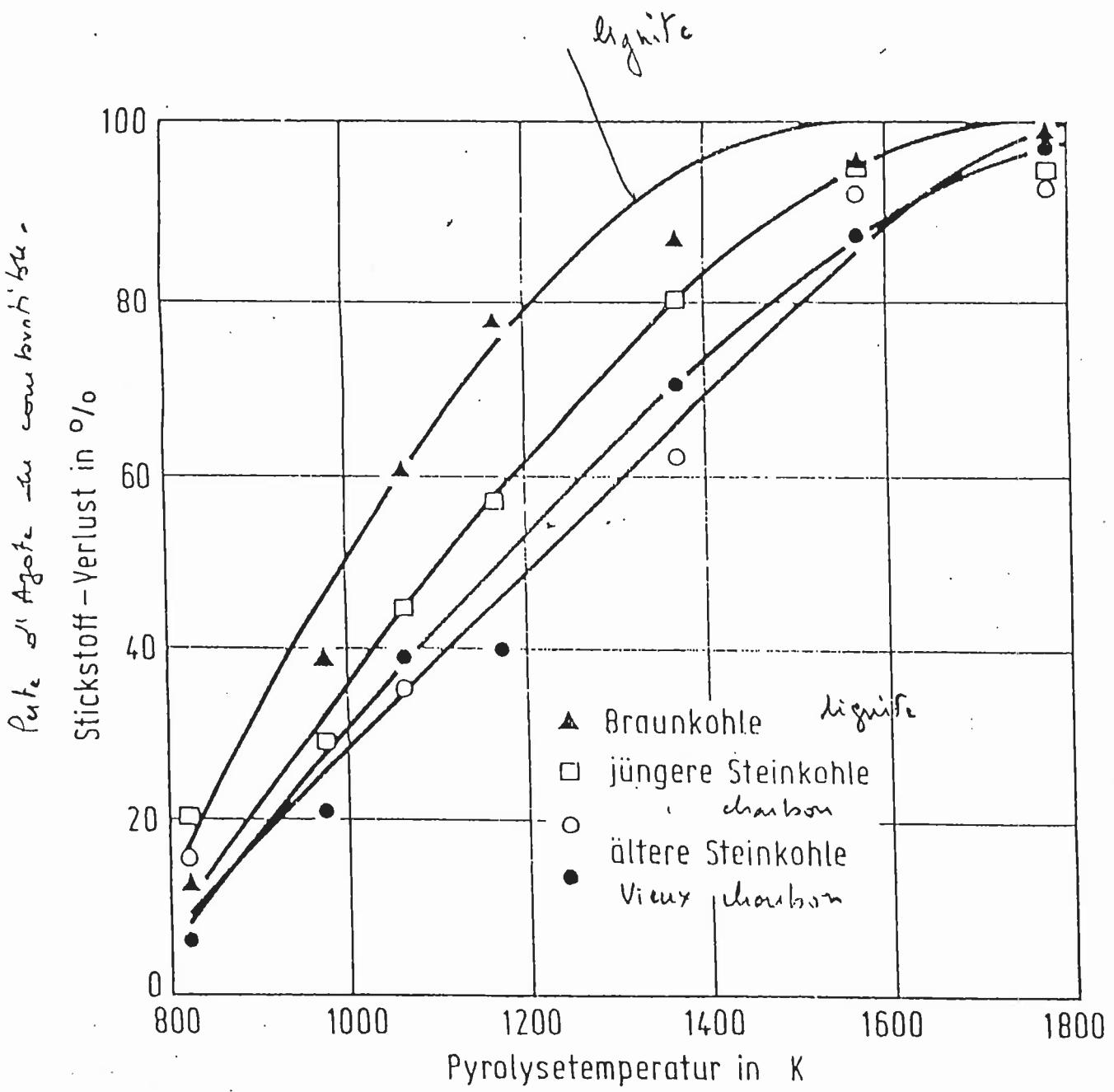
NOx formation in the kiln

- Thermal NOx : in the sintering zone (when $T^{\circ} > 1200^{\circ}\text{C}$) only, depending on :
 - ◆ Burning t°
 - ◆ Combustion air excess (needed for high sulphur fuels)
 - ◆ Primary air level (blower is a good way to minimise it)

NOx formation in the kiln

■ NOX from N_{2fuel} :

- ◆ the NOx formation from N_{2fuel} is negligable in the kiln if the ignition length of the flame is very short:
 N_{2fuel} is mixed with the VC at the first step of the combustion and cannot be oxydised into NOx



Influence of
of coalgrade and
pyrolyse temperature
on escape of nitrogen
coming from chemical
composition of coal
during pyrolyse

Einfluß der
Kohleart und der Pyro-
lysetemperatur auf die
Freisetzung des chemisch
in der Kohle gebundenen
Stickstoffs während der
Vergasung

NOx formation in the precalciner

- the main NOx emission is due to $N_{2\text{fuel}}$

NOx reduction

- *to lower the NOx emission from the precalciner :*
 - ◆ fuel with low $N_{2\text{fuel}}$ content, high VC content
 - ◆ combustion temperature : **a higher t° is better** (to help N₂ fuel volatilisation **with** the VC in a reducing atmosphere)
 - ◆ negative air excess in the precalciner (staged combustion) down to 50% of stoichiometric air

NOx reduction

■ *to break the NOx coming from the kiln :*

- ◆ reducing gases created in the precalciner, are mixed with the kiln gases to reduce the NOx with a sufficient residential time (lyre), and reburned before the cyclone inlet

NOx regulations

- European targets :

- ◆ New kilns : 500 mg eq. NO₂ / Nm³ at 10 % O₂
- ◆ Old kilns : 800 mg eq. NO₂ / Nm³ at 10 % O₂

- What are the traditionnal NOx emissions :

- ◆ 800/1000 ppm of NO at the kiln inlet, which means 1000/1250 mg eq. NO₂ / Nm³ at 10 % O₂

Low-NOx PRECALCINERS

- CLE design (Minox); the "**unofficial**" results in an american plant is 500 mg eq. NO₂ / Nm³ at 10 % O₂, with a mixture of 20% coke / 80% coal to the precalciner

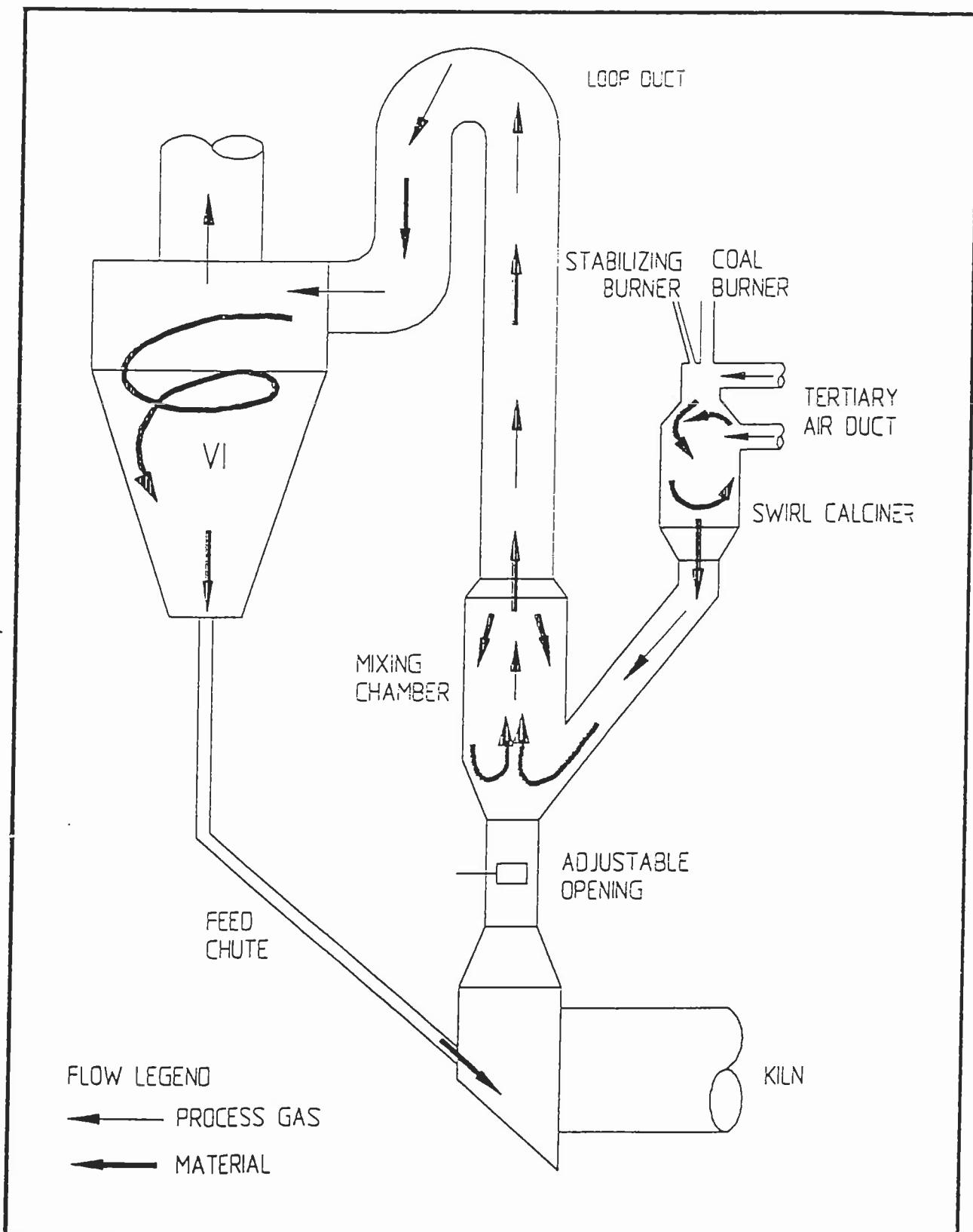


FIGURE III: RSP PRECALCINER PROCESS-CONVENTIONAL COMBUSTION

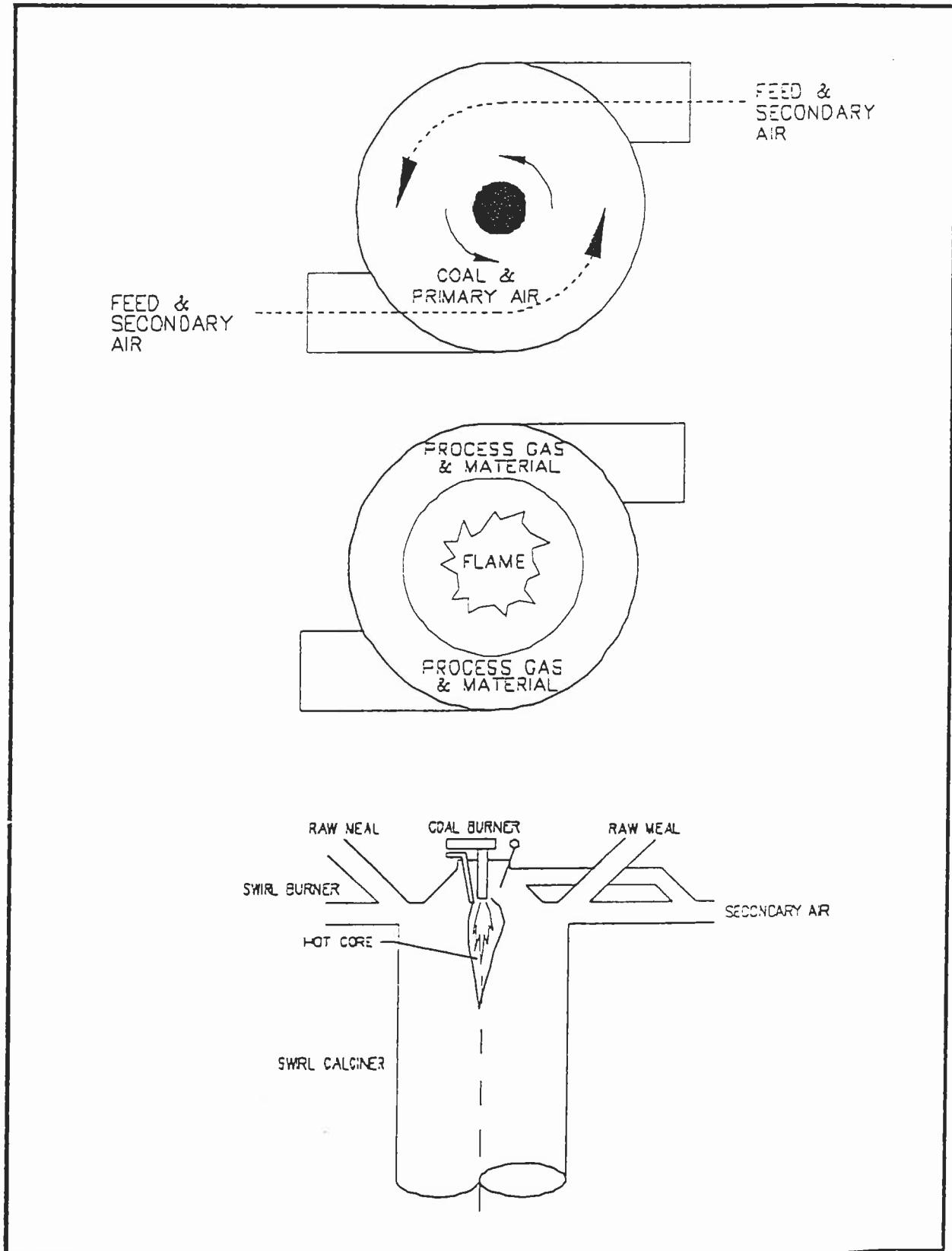


FIGURE IV: IDEALIZED RSP PRECALCINER PROCESS

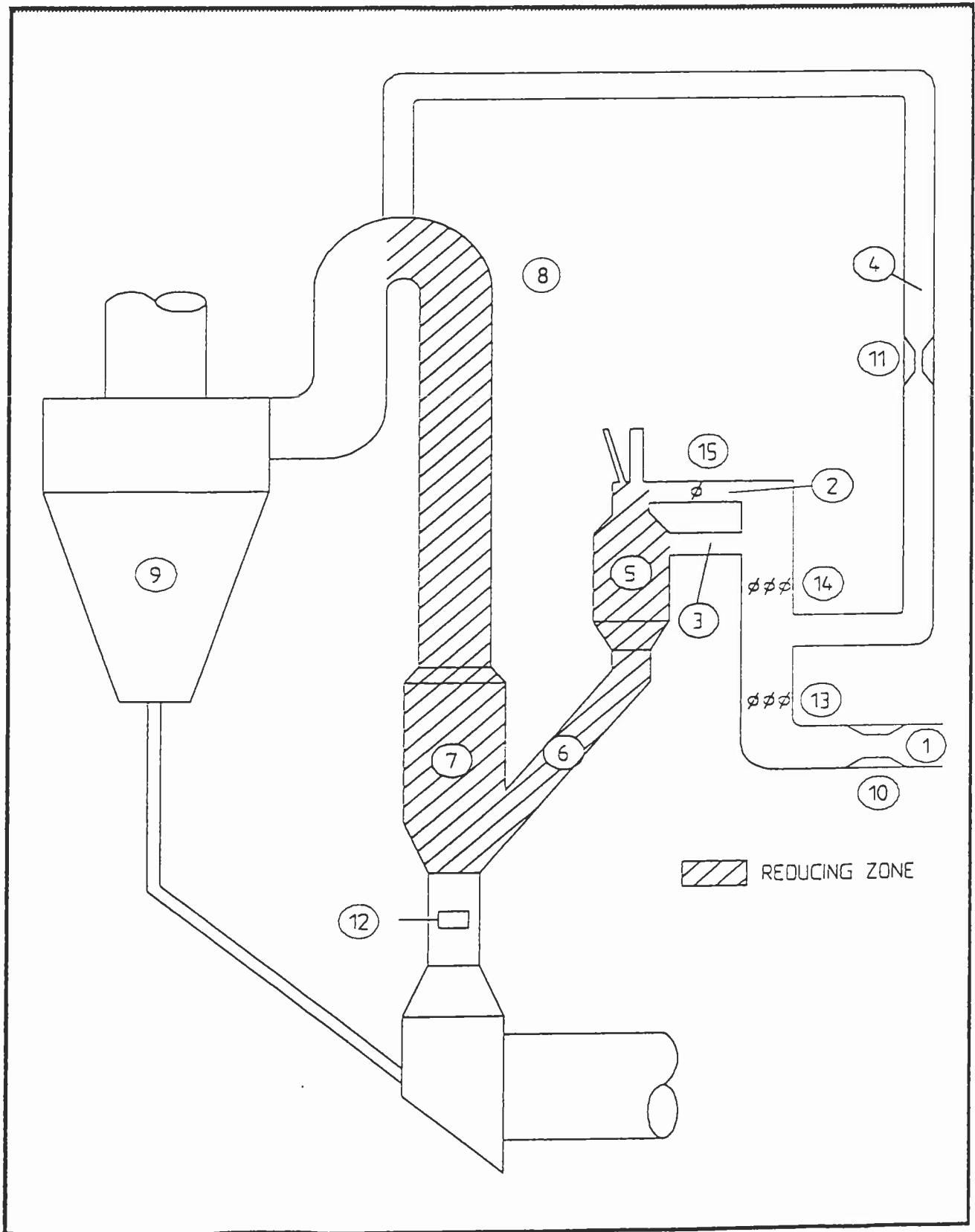


FIGURE VIII: RSP MINOX LOW NO_x PRECALCINER BY TECHNIP-CLE

Low-NOx PRECALCINERS

- POLYSIUS : MSC : the known results are < 800 mg eq. NO₂ / Nm³ at 10 % O₂. With 100% of lignite in BERNBURG plant; they cannot achieve 500 mg eq. NO₂ / Nm³ at 10 % O₂
- POLYSIUS : the AS-CC precalciner could be a good copy of the Minox precalciner

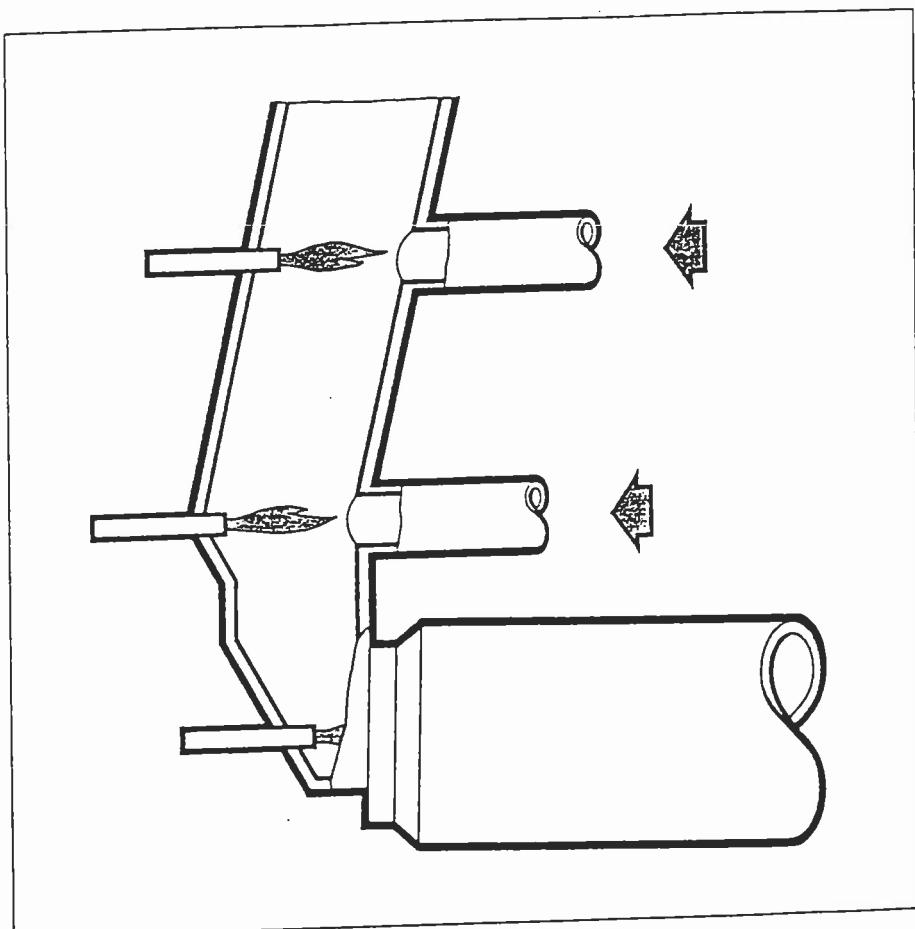
PREPOL®-MSC pour une réduction des émissions d'oxydes d'azote

PREPOL®-MSC

Le procédé de combustion étagée à faible coût d'investissement est particulièrement avantageux. Ce procédé consiste à réduire les oxydes d'azote produits dans la zone de clinkérisation du four par un brûleur installé au niveau de l'entrée du four.

Le combustible est injecté à contre-courant des gaz du four, provoquant une pyrolyse en phase gazeuse. Dans l'atmosphère localement réductrice ainsi créée, les oxydes d'azote sont transformés en azote. Les entrées d'air tertiaire et de combustible dans le précalcinateur sont étagées, afin que dans la zone inférieure du précalcinateur un maximum de combustible soit brûlé sous atmosphère réductrice. Ce procédé permet de minimiser la nouvelle formation de NO_x dans le précalcinateur et de continuer la réduction des oxydes d'azote provenant du four rotatif.

Tous les types de précalcinateurs fonctionnant avec air tertiaire peuvent être équipés a posteriori d'un brûleur à l'entrée du four. Avec le PREPOL®-MSC le taux de NO_x peut être diminué de moitié.



Critères de sélection d'un précalcinateur

Type	PREPOL®-AT	PREPOL®-AS	PREPOL®-AS-CC	PREPOL®-MSC
Caractéristiques du combustible:				
combustible en morceaux	● ●	●	●	●
teneur élevée en cendres	● ●	● ●	● ●	● ●
peu réactif	○	●	● ●	●
souplesse d'utilisation	○	●	● ●	●
Caractéristiques écologiques:				
combustion étagée	-	○	○	● ●
brûleur à l'entrée du four	-	● ●	● ●	● ●
Qualité des produits:				
By-pass anti-concrétions	●	● ●	● ●	● ●
By-pass low-alcali	●	●	●	●
● ● bien adapté	● adapté	○ adapté sous conditions	- non adapté	

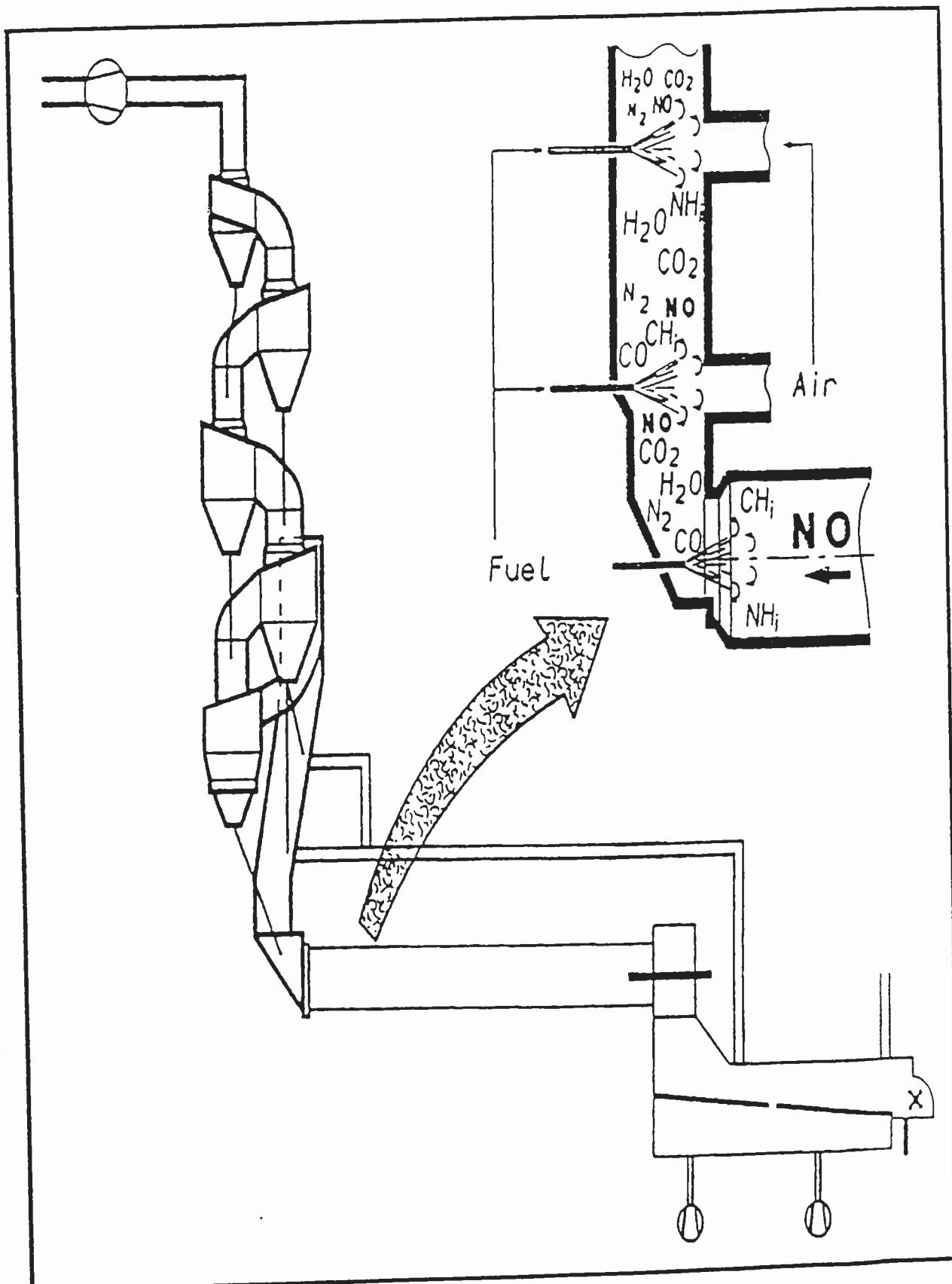
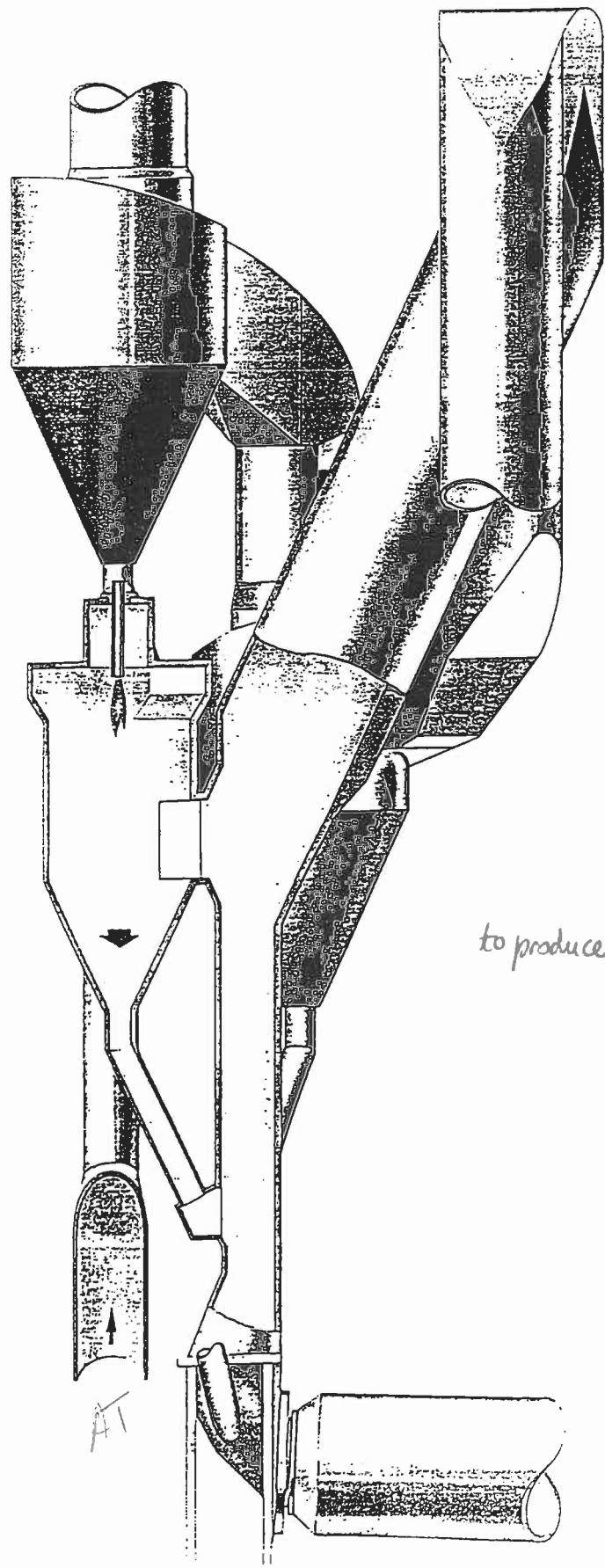


FIGURE VI: MODEL OF STAGED COMBUSTION BY POLYSIUS

PREPOL®-AS-CC pour une utilisation économique de combustibles peu réactifs



PREPOL®-AS-CC

Le système de précalcination PREPOL®- AS-CC (air separate – combustion chamber) a été mis au point par POLYSIUS pour améliorer la combustion des combustibles peu réactifs. Ce type de précalcinateur est particulièrement recommandé

- lorsque des éléments combustibles sont mélangés à la farine crue,
- lorsque, du fait de la composition du combustible ou de la matière première, il faut s'attendre à d'importants circuits internes d'alcalis, qui ralentissent la combustion.

La chambre de précombustion indépendante, reliée à la lyre de précalcination, est caractéristique du système de précalcination PREPOL®-AS-CC.

La combustion démarre dans l'air tertiaire pur, au centre de la chambre de combustion. Dans cette zone à faible concentration de farine se forme un point chaud. Le combustible solide non brûlé quitte la chambre de précombustion avec la farine et est introduit par une goulotte dans le circuit des gaz chauds du four. Intensifiée par l'oxygène résiduel, la combustion se termine dans la lyre qui offre le temps de séjour nécessaire.

La chambre de combustion est équipée de deux arrivées d'air tertiaire, l'une centrale et l'autre tangentielle. La lyre de précalcination reçoit les gaz de sortie du four et les gaz de la chambre de précombustion.

La farine du deuxième étage de cyclones entre dans la chambre de combustion à proximité de l'arrivée tangentielle d'air tertiaire.

Le combustible est injecté au centre de la chambre de combustion. Le nez du brûleur se trouve sous le bord supérieur de l'arrivée tangentielle d'air tertiaire. La possibilité de réglage de la température de combustion garantit le rendement élevé du précalcinateur.

Low-NOx PRECALCINERS

- KHD : the known results are bad
- FLS : they try to meet 800 mg eq. NO₂ / Nm³ at 10 % O₂, with a high T° in the precalciner (split gate), and fuel-oil injection in the raiser duct

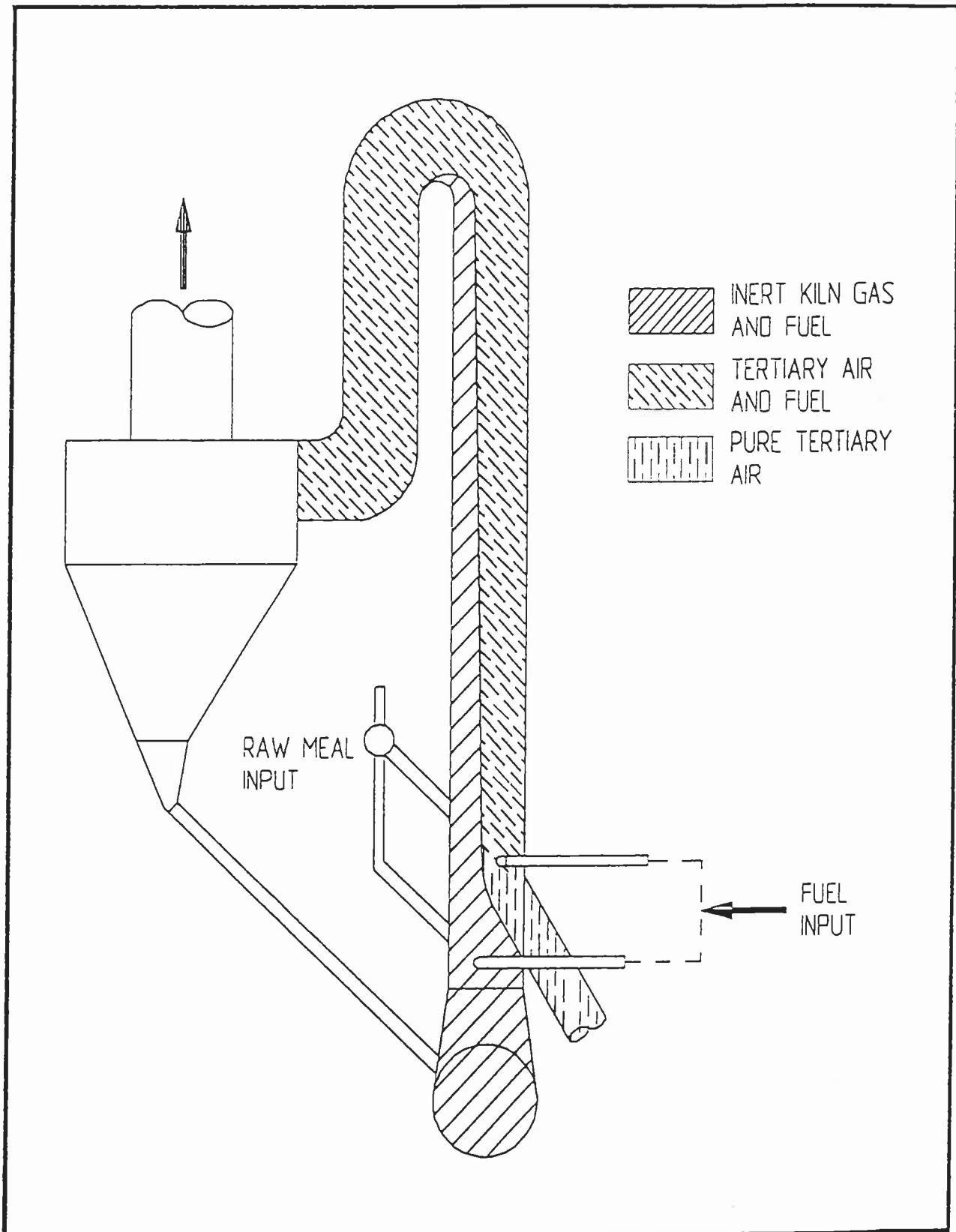
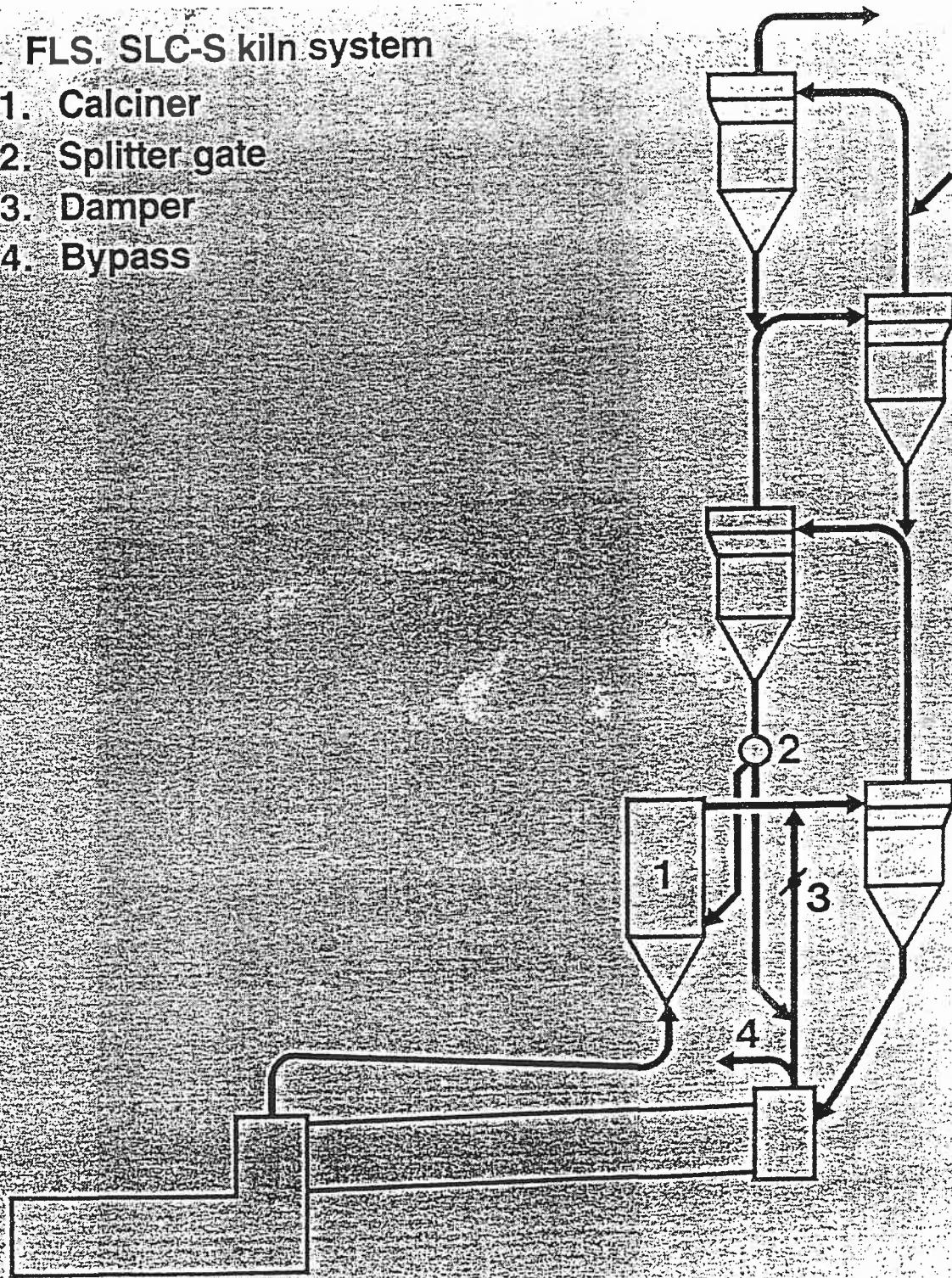
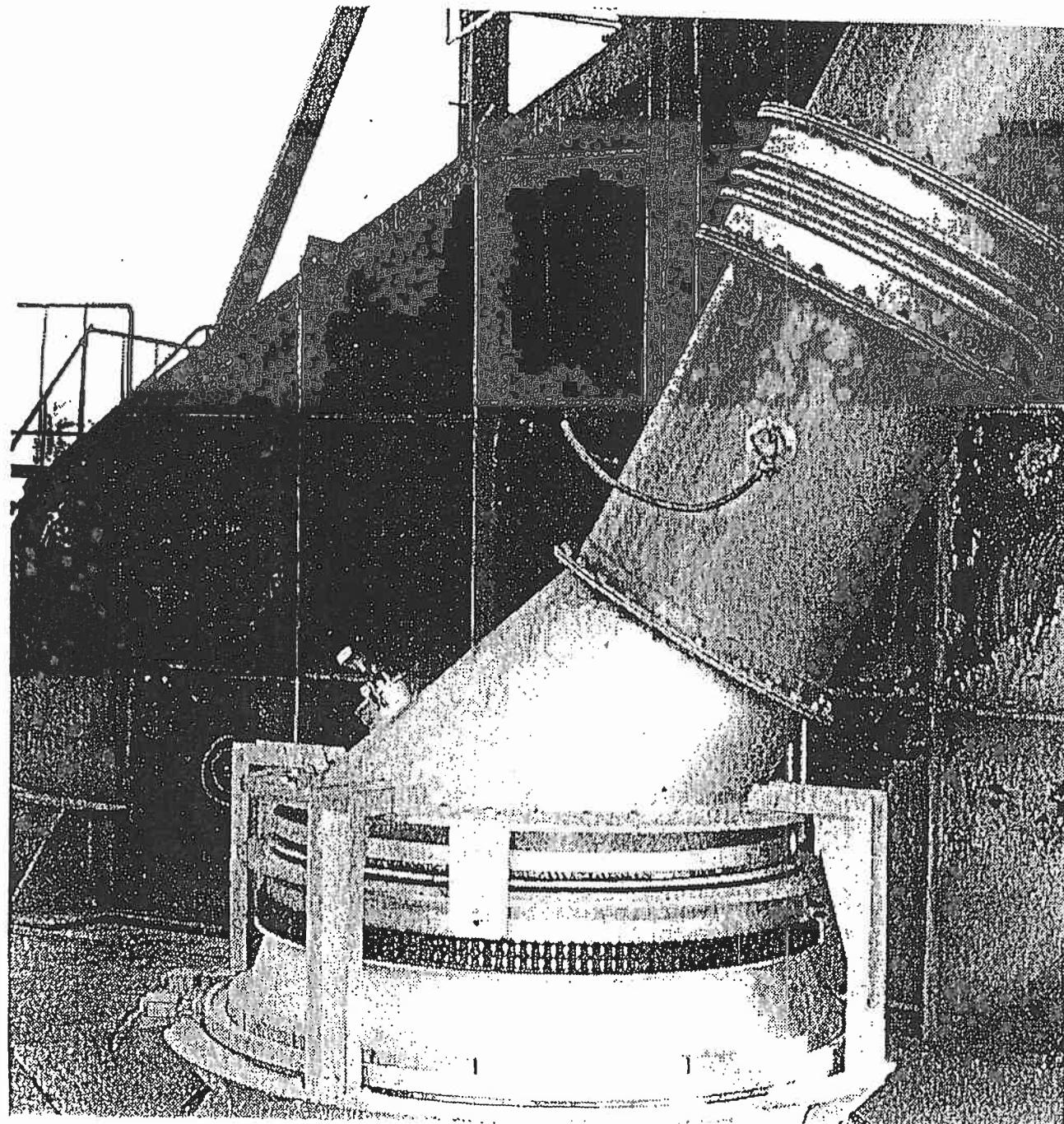


FIGURE V: PYROCLON - RP LOW NO_X PRECALCINER BY KHD

FLS. SLC-S kiln system

1. Calciner
2. Splitter gate
3. Damper
4. Bypass





PROCESS CONCLUSIONS

■ Combustion temperature in the precalciner :

- ◆ a high temperature $> 1000^{\circ}\text{C}$
 - ♦ avoid N₂ fuel transformation into NOx (N₂ volatilisation is increased and mixed in a better way with the VC)
 - ♦ helps the combustion efficiency
- ◆ $< 1200^{\circ}\text{C}$ the thermal NOx formation is very low

PROCESS CONCLUSIONS

- A separated line precalciner is better :
 - ◆ Combustion with the cooler air only, instead of a mixture with the kiln gases (alcali...), is lowering the build-ups risks
- A combustion in reducing condition: lowers the NOx formation in the precalciner and makes available reducing gases to break the kiln gases NOx in the riser duct.

PROCESS CONCLUSIONS

- To obtain a NOx reduction in the Minox process: the residential time in the lyre duct has to be high enough (3 / 3.5s for solid fuels)
- Post combustion :
 - ◆ to burn the reducing gases coming from the precalciner it is necessary to inject hot air at the lyre outlet (tertiary air)

CONCLUSIONS

- Minox design is to-day the best to burn solid fuels
- Polysius has a similar precalciner but no experience in reducing conditions
- FCB has developed recently a similar design without any experience in it
- 500 mg eq. NO₂ / Nm³ at 10 % O₂ is a difficult target and such a level lowers the possibility of using low volatile solid fuels.