



**THESE DE DOCTORAT
DE L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN**

Présentée par

Monsieur Oumar SYLLA

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN

**SCIENCES DE L'EDUCATION
Didactique des sciences physiques**

Mémoire de thèse :

**« ESSAI DE CONSTRUCTION D'UN RÉFÉRENT
POUR L'APPRENTISSAGE DE LA THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE »**

ANNEXES

Thèse présentée et soutenue à Cachan le 16 septembre 2005 devant le jury composé de :

**ALAIN DUMON
ODILE GALLAIS**

**CLAUDINE LARCHER
ANNE-MARIE HUYNEN**

**Professeur des Universités
Maître de conférences D^r d'Etat
Professeur des Universités
Professeur des Universités**

**Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Directeur de thèse**

**Unité Mixte de Recherche Science Technologie Éducation Formation
ENS CACHAN - INRP
61, avenue du Président Wilson - 94235 CACHAN CEDEX, France**

ANNEXES

Liste des schémas et des tableaux

Tableau 1 : Analyse des réponses sur la facilité d'enseignement de la thermodynamique chimique au premier cycle universitaire

Tableau 2 : Analyse des réponses sur l'adaptation des programmes de thermodynamique chimique à la filière d'enseignement

Tableau 3 : Analyse des réponses sur les objectifs des enseignements

Tableau 4 : Analyse des réponses sur le partenariat entre industrie locale en Guinée et l'université pour l'enseignement de la thermodynamique au premier cycle universitaire

Tableau 5 : Catégorisation des réponses des enseignants

Tableau 8 : Les températures

Tableau 9 : Les pressions

Tableau 10 : Masses entrantes

Tableau 11: Masses sortantes

Tableau 12 : Quantités de chaleur fournies au système

Tableau 13 : Quantités de chaleur utilisées et rejetées par le système

Tableau 14 : Valeurs standards des entropies molaires (S°), des chaleurs de formation (ΔH_f°) et des énergie libres de Gibbs de formation à 25°C et 1atm.

Tableau 15 : Capacités calorifiques molaires sous pression constante à 25°C

Tableau 16 : Chaleurs spécifiques isobares de l'air et des constituants des gaz de combustion, valable de 0 à 1200°C

Schéma 1: Brûleur et chambre de combustion par l'expert

Schéma 2 : Explication échange de chaleur par l'expert

Schéma 3 : Les brûleurs

Schéma 4 : La chambre de combustion

Schéma 5 : La cheminée

Schéma 6 : Par les étudiants du groupe 1

Schéma 7 : Par les étudiants du groupe 2

Schéma 8 : Par les étudiants du groupe 3

ANNEXE 1 : LES ENQUETES

A - Enquête auprès des enseignants

A - 1- Fiche questionnaire enseignant

Enseignant :	Centre :
Enseignement	Niveau d'enseignement
Filière	Faculté
Question 1 : Que pensez vous de l'enseignement de la thermodynamique chimique au premier cycle universitaire en Guinée ?	
<input type="checkbox"/> Facile	<input type="checkbox"/> Difficile
Justifier votre réponse	
.....	
Question 2 : Les programmes de thermodynamique chimique sont-ils adaptés à la filière de formation des étudiants ?	
<input type="checkbox"/> Adaptés	<input type="checkbox"/> Non adaptés
Justifier votre réponse	
.....	
Question 3 : Quels sont les objectifs que vous souhaiteriez atteindre, qui sont (ou ne sont pas) pris en compte par les programmes ?	
.....	
.....	
Ces objectifs sont-ils	
<input type="checkbox"/> Difficiles à atteindre ?	<input type="checkbox"/> Faciles à atteindre ?
Justifier votre réponse	
.....	
Question 4 : Que pensez vous du partenariat entre industries locales en Guinée et université pour l'enseignement de la thermodynamique au premier cycle universitaire ?	
<input type="checkbox"/> Souhaitable	<input type="checkbox"/> Non souhaitable
Justifiez votre réponse	
.....	

A - 2 - Les réponses des enseignants

Enseignant : P1

Centre : université de Conakry

Faculté : des sciences

Cours : CT

Q1 : difficile

Justification : les étudiants ne comprennent pas les mathématiques

Q2 : adapté

Justification : Le cours de thermodynamique chimique est essentiel pour la formation attendu et les programmes sont adaptés

Q3 : savoir théorique et esprit d'analyse

Objectif Facile

Justification : le cours de chimie physique est facile à enseigner tout est prévu dans les programmes

Q4 : non souhaitable

Justification : Nos étudiants n'ont pas de niveau au secondaire, même avec tout l'équipement au monde, si la formation de base n'est pas renforcée, les étudiants ne comprendront rien. Surtout en mathématiques et en physique.

Enseignant : P2

Centre : université de Conakry

Faculté : des sciences

Cours : CT

Q1 : difficile

Justification : Le cours de thermodynamique est très théorique au premier cycle universitaire, nos labos ne fonctionnent pas.

Q2 : adapté

Justification : Je crois que ces programmes sont établis par des cadres avertis qui connaissent les besoins en formation de nos étudiants. Le problème ne réside pas dans les programmes mais dans les conditions d'exécution de ces programmes

Q3 : Savoir-faire

Objectif difficile à atteindre

Justification : Manque de laboratoire

Q4 : souhaitable

Justification : (sans justification)

Enseignant : P3

Centre : université de Conakry

Faculté : des sciences

Cours : CT

Q1 : difficile

Justification : Beaucoup d'abstraction et pas assez de pratiques

Q2 : adapté

Justification : Les programmes de thermodynamique que nous utilisons actuellement renferment l'essentiel pour la formation de base. C'est une matière de spécialité pour nos étudiants.

Q3 : objectifs pratiques

Objectif Difficile à atteindre

Justification : il y a manque d'application

Q4 : souhaitable

Justification :

Enseignant : P 4

Centre : université de Conakry

Faculté : des sciences

Cours : TP

Q1 : difficile

Justification : Manque de réactif

Q2 : adaptés

Justification : Ces programmes sont établis par des soviétiques et tous les meilleurs cadres guinéens sont formés par les russes. Il n'y a donc pas de problème avec les programmes.

Q3 : compétences pratiques

Objectif difficile à atteindre

Justification : Absence d'expérimentation au laboratoire

Q4 : souhaitable

Justification : Indispensable pour une formation complète

Enseignant : P5

Centre : université de Conakry

Faculté : des sciences

Cours : TP

Q1 : difficile

Justification : Manque de travaux pratiques

Q2 : non adaptés

Justification : Les programmes actuels ne tiennent pas compte des réalités guinéennes. On ne dispose de rien pour les réaliser

Q3 : la maîtrise de la chimie

Objectif difficile à atteindre

Justification : La maîtrise de la chimie sera difficile avec un manque de travaux pratiques

Q4 : non souhaitable

Justification : Financièrement c'est souhaitable, mais pas remplacer les TP, nous ne faisons pas la même chose

Enseignant : P6

Centre : université de Conakry

Faculté : Génie chimique

Cours : CT

Q1 : difficile

Justification : Manque de laboratoires appropriés

Q2 : adaptés

Justification : Le but des programmes n'est pas la professionnalisation, mais de développer chez l'étudiant quelques habiletés à associer les mathématiques et la physique à des problèmes de chimie et les programmes dans ce cadre sont adaptés.

Q3 : esprit de recherche, la transformation du milieu à des fins utiles

Objectif difficile à atteindre

Justification : Problème de labo et de manque d'informations scientifiques pour nos étudiants

Q4 : non souhaitable

Justification : C'est un peu trop tôt pour des étudiants de première année d'aller dans les usines pour faire la thermodynamique

Enseignant : P7

Centre : université de Conakry

Faculté des sciences

Cours : CT

Q1 : difficile

Justification : Les étudiants n'ont pas de niveau

Q2 : adaptés

Justification : Je n'ai aucun problème pour enseigner ces programmes. Seulement les étudiants n'ont pas les connaissances de base nécessaires pour comprendre le cours

Q3 : développement des connaissances scientifiques

Objectif facile à atteindre

Justification : Le développement des connaissances scientifiques est facile à atteindre avec les programmes actuels

Q4 : non souhaitable

Justification : On ne forme pas des ingénieurs, nous avons plutôt besoin des équipements de laboratoire

Enseignant : P8

Centre : université de Conakry

Faculté des sciences

Cours : TP

Q1 : difficile

Justification : Les programmes ne sont pas réalisables en Guinée par manque d'infrastructure et d'équipement pour les TP. Tant que dureront ces conditions, les étudiants ne verront jamais dans la pratique ce qu'on leur enseigne en classe.

Q2 : adaptés

Justification : Même si les programmes sont adaptés, ils ne sont pas réalisables en Guinée et cela pour toutes les options. Le contenu de nos programmes est réellement bon, il tient compte de tout les aspects importants de la thermodynamique au niveau DEUG

Q3 : l'expérimentation et le savoir-faire pratique.

Objectif difficile à atteindre

Justification : Il n'y a pas rien dans les laboratoires

Q4 : non souhaitable

Justification : On ne peut pas remplacer les T.P de laboratoire par des stages dans les industries à ce niveau d'enseignement. Ce n'est pas normal.

Enseignant : P9

Centre : université de Conakry

Faculté des sciences

Cours : TP

Q1 : difficile

Justification : Manque de documents et de matériel de laboratoire.

Q2 : non adaptés

Justification : Le manque de laboratoire et d'équipement font que les programmes n'aident pas beaucoup nos étudiants. Ils leur faut la pratique pour bien comprendre les cours de thermodynamique.

Q3 : conception et analyse

Objectif difficile à atteindre

Justification : La conception et l'analyse par les étudiants sont des objectifs difficiles à atteindre par manque de laboratoire pour la recherche fondamentale qui se fait dans toutes les universités

Q4 : souhaitable

Justification : Moi, je veux bien une collaboration avec les unités industrielles pour renforcer la formation. Mais nous ne pouvons pas accepter qu'elles s'impliquent dans nos programmes. Et surtout qu'elles exigent de faire des programmes en fonction de ce qu'ils font. En thermodynamique par exemple c'est impossible, nous ne sommes pas une école professionnelle.

Enseignant : P10

Centre : université de Conakry

Faculté des sciences

Cours : CT

Q1 : facile

Justification : C'est facile avec des étudiants qui ont maîtrisé les cours de mathématique, physique et chimie au secondaire

Q2 : non adaptés

Justification : Nos programmes sont dépassés, il suffit de se rendre dans les autres pays pour se rendre compte des insuffisances. Les programmes sont longs et on ne peut pas les finir même en deux ans

Q3 : formation scientifique et esprit d'analyse

Objectif facile à atteindre

Justification : La formation scientifique et l'esprit d'analyse sont possibles dans d'autres conditions mais pas avec ce dont nous disposons. Nous n'avons pas de nouveaux documents, ni de revues de publications scientifiques récentes qui sont très importants pour l'enseignement

Q4 : souhaitable

Justification : C'est souhaitable de faire visiter aux étudiants les laboratoires d'analyse très équipés qui se trouvent dans les usines, mais pas pour apprendre le fonctionnement des machines qui n'ont rien de commun avec ce que nous faisons.

Enseignant : P11

Centre université de Conakry

Faculté de génie civil

Cours : TP

Q1 : facile

Justification : C'est une question de volonté pour les étudiants. Mais le plus souvent ils ne s'intéressent pas aux cours de physique et même dans d'autres disciplines, nous avons le même problème de motivation des étudiants.

Q2 : adaptés

Justification : Les concepts tels que température, pression, énergie ou chaleur sont très importants pour notre filière et nous obtenons de bons résultats avec ces programmes pour les étudiants qui suivent tous les cours

Q3 : conception, réalisation de projet

Objectif :

Justification :

Q4 : souhaitable

Justification : C'est indispensable. Pour les étudiants futurs ingénieurs il est important de se familiariser avec le milieu de travail, qu'il soit industriel ou pas.

Enseignant : P12

Centre : université de Conakry

Faculté génie chimique

Cours : CT

Q1 : facile

Justification : Ce n'est pas compliqué, c'est à cause des mathématiques que certains étudiants pensent que ce n'est pas de la chimie

Q2 : non adaptés

Justification : la thermodynamique chimique est une matière de tronc commun pour toutes les options en formation de base et donc ne tient pas compte spécifiquement d'une filière donnée

Q3 : application de la théorie

Objectif difficile à atteindre

Justification : Nous n'arrivons pas à mettre en pratique ce que nous enseignons. Il est prévu dans les programmes des séances de travaux pratiques qu'on arrive pas à faire. C'est donc un problème pour les étudiants.

Q4 : souhaitable

Justification : c'est bon pour voir quels appareils de mesure et d'autres applications de la chimie. Ça ne correspond pas toujours à ce que nous enseignons.

Enseignant : P13

Centre : université de Conakry

Faculté des sciences

Cours : CT

Q1 : facile

Justification : Pour les étudiants qui comprennent la chimie, c'est simple, il suffit de savoir calculer, mais nos étudiants ne connaissent pas les calculs différentiels par exemple

Q2 : non adaptés

Justification : L'exécution de ces programmes est difficile dans les universités guinéennes.

Q3 : maîtrise de la chimie

Objectif difficile à atteindre

Justification : Manque de travaux pratiques

Q4 : souhaitable

Justification : Ce problème de partenariat entre l'université et les unités industrielles se pose souvent, mais ce que ces unités nous recommandent pour les programmes ne peut être appliqué au premier cycle, les étudiants ne sont pas des spécialistes.

Enseignant : P14

Centre : université de Conakry

Faculté des sciences

Cours : CT

Q1 : difficile

Justification : (sans)

Q2 : non adaptés

Justification : Les programmes ne sont pas adaptés, il y a trop de théorie

Q3 : Savoir-faire

Objectif difficile à atteindre

Justification : Absence de laboratoire

Q4 : souhaitable

Justification : (sans)

Enseignant : P15

Centre : université de Conakry

Faculté des sciences

Cours : CT

Q1 : facile

Justification :

Q2 : adaptés

Justification : Ce sont des programmes utilisés dans plusieurs pays de la « sous région ». Ce n'est donc pas un problème de contenu des programmes, car les autres s'en sortent bien avec ces programmes. Il faut reconnaître que nous ne disposons pas suffisamment d'équipements dans nos laboratoires.

Q3 : Savoir-faire

Objectif facile à atteindre

Justification : Les travaux dirigés et les travaux pratiques aident l'étudiant à mieux comprendre le cours

Q4 : souhaitable

Justification : (sans)

Enseignant : P16

Centre : université de Conakry

Faculté : technologie organique Cours : CT

Q1 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q2 : adaptés

Justification : La partie thermodynamique des programmes de chimie physique est bien élaborée. Ces programmes sont bons pour notre option, mais nous n'avons pas ce qu'il faut pour leur exécution.

Q3 : conception expérimentation

Objectif difficile à atteindre

Justification : Pas de produits chimiques

Q4 : souhaitable

Justification : (sans)

Enseignant : P17

Centre : université de Conakry

Faculté : bio médicale

Cours : TP

Q1 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q2 : non adapté

Justification : Plusieurs parties des programmes sont inutiles pour les étudiants

Q3 : connaissances scientifiques de base

Objectif difficile à atteindre

Justification : Insuffisance des expériences

Q4 : souhaitable

Justification : Pour les étudiants de la faculté biomédicale, les stages se font dans les hôpitaux.

Enseignant : P18

Centre : université de Conakry

Faculté bio médicale

Cours : TP

Q1 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q2 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q3 : esprit de recherche

Objectif difficile à atteindre

Justification : Pas de laboratoire avec un nombre important d'étudiants en classe

Q4 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Enseignant : P19

Centre : université de Conakry

Faculté : technologie organique Cours : CT

Q1 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q2 : non adaptés

Justification : Il faut reformer ces programmes, il existe beaucoup de parties inutiles dans ces programmes qui n'intéressent pas la filière de notre enseignement.

Q3 : connaissances théoriques

Objectif : difficiles à atteindre

Justification : Le contenu des programmes n'est pas conforme à la formation attendue

Q4 (sans réponse)

Justification : (sans)

Enseignant : P20

Centre : université de Conakry

Faculté : technologie organique Cours : CT

Q1 : difficile

Justification : Manque de bibliothèque, manque de stage de formation pour les enseignants.

Q2 : non adaptés

Justification : Seul les étudiants en chimie inorganique ou en génie chimique font des expériences de laboratoire.. Les autres ne font que de la théorie. Cette situation n'aide pas beaucoup les étudiants.

Q3 : représentation chimique

Objectif :

Justification : (sans)

Q4 : souhaitable

Justification : (sans)

Enseignant : P21

Centre : lycée Kipé

Enseignement secondaire

Cours : CT

Q1 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q2 : non adapté

Justification : On ne peut pas se passer des cours de thermodynamique chimique dans notre option, mais les programmes sont mal établis.

Q3 : analyse expérimentation

Objectif : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q4 : souhaitable

Justification : Souhaitable pour quelques règles de conduite. Les entreprises industrielles sont des employeurs. C'est donc normal de créer des habitudes chez les étudiants

Enseignant : P22

Centre : université de Conakry

Faculté des sciences

Cours : TP

Q1 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q2 non adaptés

Justification : Nos laboratoire ne sont pas appropriés pour les programmes de thermodynamique chimique en vigueur par manque d'équipement.

Q3 : esprit de recherche

Objectif : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q4 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Enseignant : P23

Centre : université de Conakry

Faculté génie chimique

Cours : CT

Q1 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q2 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q3 : conception analyse

Objectif difficile à atteindre

Justification : Aucune référence de base, pas d'Internet, pas d'ouvrages scientifiques, les cours sont dictés dans beaucoup de classe comme par le passé

Q4 : souhaitable

Justification : Les unités industrielles nous assistent souvent pour les stages des étudiants ou même pour le personnel enseignant. Certains de nos professeurs sont des extra-muros.

Enseignant : P24

Centre : université de Conakry

Faculté génie chimique

Cours : CT

Q1 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q2 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q3 : expérimentation

Objectif difficile à atteindre

Justification : Pas suffisamment de pratique dans les laboratoires

Q4 : souhaitable

Justification : C'est indispensable

Enseignant : P25

Centre : université de Conakry

Faculté génie chimique

Cours : TP

Q1 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q2 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q3 : expérimentation

Objectif facile à atteindre

Justification : Malgré nos faible moyens, nous effectuons certaines expériences prévues par les programmes.

C'est surtout le problème de produits chimiques et nous avons trop d'étudiants pour quelques places seulement au labo

Q4 : souhaitable

Justification : Pour des stages à la fin du cycle

Enseignant : P26

Centre : lycée Kipé

Enseignement secondaire

Cours : CT

Q1 : facile

Justification : Le cours de thermochimie porte sur les calculs des chaleurs de réaction et comme vous le savez les élèves n'aiment pas les calculs

Q2 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Q3 : (sans réponse)

Objectif :

Justification : Nous ne faisons pas de pratique, il n'y a même pas de locaux prévus pour des expériences en chimie

Q4 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Enseignant : P27

Centre : lycée Kipé

Enseignement secondaire

Cours : CT

Q1 : facile

Justification : Le cours n'est pas difficile, mais très peu d'élèves s'intéressent à ce chapitre.

Q2 : adaptés

Justification : Pour les classes de terminale, les programmes nous ont permis d'avoir de bons résultats au bac

Q3 : TP

Objectif difficile à atteindre

Justification : Aucun lycée ou collège ne dispose de laboratoire et pourtant c'est nécessaire. Il n'y pas d'épreuves de travaux pratiques au bac, même pour les élèves inscrits en sciences expérimentales.

Q4 : (sans réponse)

Justification : (sans)

Enseignant : P28

Centre : lycée Kipé

Enseignement secondaire

Cours : CT

Q1 : difficile

Justification : Le nombre d'élèves en classe est très élevé, le travail est difficile dans ces conditions.

Q2 non adaptés

Justification : Il n'est pas prévu dans les programmes au secondaire de réaliser des expériences en chimie

Q3 : faire des expériences aux lycée

Objectif difficile à atteindre

Justification : Il faut un miracle pour atteindre des objectifs réels en chimie sans les travaux de laboratoire

Q4 : (sans réponse)

Justification : (sans)

A - 3 - Analyse des réponses des enseignants

Pour chaque faculté repérée en colonne 1, deux lignes : la première colonne correspond aux professeurs qui donnent les cours théoriques (CT), la deuxième colonne correspond aux professeurs des travaux pratiques (TP). Le type de réponse est rappelé en tête de colonne

F : facile, D : difficile ; SR : sans réponse pour le tableau 1 ;

A : adaptés, NA : non adaptés , pour le tableau 2;

FA : facile à atteindre ; DA : difficile à atteindre, pour le tableau 3;

S : souhaitable ; NS : non souhaitable, pour le tableau 4.

Tableau 1 : Analyse des réponses sur la facilité d'enseignement de la thermodynamique chimique au premier cycle universitaire

Faculté	Facile		Difficile		SR	Nombre d'enseignants
	CT	TP	CT	TP		
Faculté des sciences	P10, P13, P15		P1, P2, P3, P7, P14	P4, P5, P8 P9	P22	13
	3		5	4	1	
Génie chimique	P12		P6		P24, P23, P25	5
	1		1		3	
Génie civil	P11					1
	1					
Bio médicale					P18, P17	2
					2	
Technologie Chimie organique			P20		P16 P19	3
			1		2	
Secondaire			P21, P26 P27, P28			4
			4			
S/T	5	0	11	4	8	28
T	5		15		8	

Tableau 2 : Analyse des réponses sur l'adaptation des programmes de thermodynamique chimique à la filière d'enseignement

Faculté	Adapté		Non adapté		SR	Nombre d'enseignants
	CT	TP	CT	TP		
Faculté des sciences	P1 P2 P3 P7 P15	P4 P8	P10 P13 P14	P5 P9 P22		13
	5	2	3	3		
Génie chimique	P6		P12		P23 P24 P25	5
	1		1		3	
Génie civil	P11					1
	1					
Bio médicale			P17		P18	2
			1		1	
Technologie Chimie organique	P16 P19		P20			3
	2		1			
Secondaire					P21 P26 P27 P28	4
					4	
S/T	9	2	6	3	8	28
Total	11		9		8	

Tableau 3 : Analyse des réponses sur les objectifs des enseignements

Facultés	Faciles à atteindre		Difficiles à atteindre		SR	Nombre d'enseignants
	CT	TP	CT	TP		
Faculté des sciences	P1 P7 P10 P15		P2 P3 P9 P13 P14	P4 P5 P8	P22	13
	4		5	3	1	
Génie chimique			P6 P12 P23 P24		P25	5
			4		1	
Génie civil					P11	1
					1	
Bio médicale			P17	P18		2
			1	1		
Technologie Chimie organique	P16		P19		P20	3
	1		1		1	
Secondaire			P27 P28		P21 P26	4
			2		2	
S/T	5	0	13	4	6	28
T	5		17		6	

Tableau 4 : Analyse des avis sur un partenariat entre industrie locale en Guinée et l'université pour l'enseignement de la thermodynamique au premier cycle universitaire

Faculté	Souhaitable		Non souhaitable		SR	Nombre de prof
	CT	TP	CT	TP		
Faculté des sciences	P2 P3 P9 P14	P13 P4 P10 P15	P1 P7	P5 P8	P22	13
	8		2	2	1	
Génie chimique	P12 P23 P24	P25	P6			5
	3	1	1			
Génie civil	P11					1
	1					
Bio médicale	P17				P18	2
	1				1	
Technologie Chimie organique	P16 P20				P19	3
	2				1	
Secondaire	P21				P26 P27 P28	4
	1				3	
S/T	16	1	3	2	6	28
T	17		5		6	

Tableau 5 : Catégorisation des réponses des enseignants

Prof.	Enseignement de la thermodynamique	Programmes adaptés ?	Objectifs souhaités	Partenariat avec des industries ?	Type de justification
P1	Difficile Les étudiants ne comprennent pas les mathématiques	Adapté Le cours de thermodynamique est essentiel pour la formation attendue et les programmes sont adaptés	Facile à atteindre Savoir théorique et esprit d'analyse Le cours de chimie physique est facile à enseigner	Non souhaitable Nos étudiants n'ont pas de niveau au secondaire, même avec tout l'équipement au monde si la formation de base n'est pas renforcée, les étudiants ne comprendront rien. Surtout en mathématiques et en physique	Mathématiques
P2	Difficile Le cours de thermodynamique est très théorique au premier cycle universitaire, nos labos ne fonctionnent pas	Adapté Je crois que ces programmes sont établis par des cadres avertis qui connaissent les besoins en formation de nos étudiants. Le problème ne réside pas dans les programmes mais dans les conditions d'exécution de ces programmes.	Difficile à atteindre Savoir-faire difficile à atteindre Manque de laboratoire	Souhaitable	Labo
P3	Difficile Beaucoup d'abstraction, pas assez de pratique	Adaptés Les programmes de thermodynamique que nous utilisons actuellement renferment l'essentiel pour la formation de base. C'est une matière de spécialité pour nos étudiants.	Difficile à atteindre Objectifs pratique Il manque d'application	Souhaitable	Labo
P4	Difficile Manque de réactifs	Adaptés Ces programmes sont établis par des soviétiques et tous les meilleurs cadres guinéens dans notre option sont formés par les Russes. Il n'y a donc pas de problème avec les programmes	Difficile à atteindre Compétence pratique Absence d'expérimentation au laboratoire	Souhaitable indispensable pour une formation complète	Labo

P5	Difficile Manque de travaux pratiques	Non adaptés Ces programmes ne tiennent pas compte des réalités guinéennes. On ne dispose de rien pour les réaliser	Difficile à atteindre La maîtrise de la chimie sera difficile avec un manque de travaux pratiques	Non souhaitable Financièrement souhaitable mais pas pour les TP, nous ne faisons pas les mêmes choses	Labo
P6	Difficile Manque de laboratoires appropriés	Adaptés Le but des programmes n'est pas la professionnalisation mais c'est développer chez les étudiants quelques habiletés à associer les mathématiques et la physique à des problèmes de chimie et ces programmes dans ce cadre sont très adaptés	Difficile à atteindre Esprit de recherche, transformation du milieu à des fins utiles difficiles à atteindre Problème de labo et manque d'informations scientifiques pour nos étudiants.	Non souhaitable C'est un peu trop tôt pour les étudiants de première année d'aller dans les usines pour faire la thermodynamique	Mathématique Labo
P7	Difficile Les étudiants n'ont pas de niveau	Adaptés Je n'ai aucun problème pour enseigner ces programmes, seulement, les étudiants n'ont pas les connaissances de base nécessaires pour comprendre le cours	Facile à atteindre Le développement des connaissances scientifiques est facile à atteindre avec les programmes actuels	Non souhaitable On ne forme pas des ingénieurs, nous avons plutôt besoin des équipements de laboratoire	Manque de base Labo
P8	Difficile Les programmes ne sont pas réalisables en Guinée par manque d'infrastructure et d'équipement pour les TP. Tant que dureront ces conditions, les étudiants ne verront jamais dans la pratique ce qu'on leur enseigne en classe.	Adaptés Même si les programmes sont adaptés, ils ne sont pas faciles à exécuter en Guinée et cela pour toutes les options. Le contenu de nos programmes est réellement bon, il tient compte de tous les aspects importants de la thermodynamique au niveau du DEUG	Difficile à atteindre L'expérimentation et le savoir-faire pratique Il n'y a rien dans les labos	Non souhaitable On ne peut pas remplacer les TP de labo par des stages dans les industries à ce niveau de l'enseignement. Ce n'est pas normal	Labo
P9	Difficile Manque de documents et de matériel de laboratoire	Non adapté Le manque de laboratoire et d'équipement fait que ces programmes n'aident pas beaucoup nos étudiants. Il leur faut la pratique pour	Difficile à atteindre La conception et l'analyse par les étudiants sont des objectifs difficiles à atteindre par manque de labo pour la recherche	Souhaitable Moi je veux bien une collaboration avec les unités industrielles pour renforcer la formation. Mais nous ne pouvons pas	Labo Liaison théorie pratique

		bien comprendre les cours de thermodynamique	fondamentale qui se fait dans toutes les universités	accepter qu'elles s'impliquent dans nos programmes. Et surtout qu'elles nous exigent de faire des programmes en fonction de ce qu'ils font. En thermodynamique par exemple, c'est impossible Nous ne sommes pas une école professionnelle.	
P10	Facile C'est facile avec des étudiants qui ont maîtrisé les cours de mathématique physique et chimie au secondaire	Non adaptés Nos programmes sont dépassés, il suffit de se rendre dans les autres pays pour se rendre compte des insuffisances. Les programmes sont longs et on ne peut pas les finir même en deux ans	Facile à atteindre Formation scientifique et esprit d'analyse sont possibles dans d'autres conditions mais pas avec ce que nous disposons. Nous n'avons pas de nouveaux documents ni de revue de publications scientifiques récentes qui sont très importants pour l'enseignement	Souhaitable C'est souhaitable de faire visiter aux étudiants les laboratoires d'analyse très équipés qui se trouvent dans les usines, mais pas pour apprendre le fonctionnement des machines qui n'ont rien de commun avec ce que nous faisons ici.	Théorie
P11	Facile C'est une question de volonté pour les étudiants mais le plus souvent, ils ne s'intéressent aux cours de physiques et même dans d'autres disciplines, nous avons le même problème de motivation des étudiants.	Non adaptés Les concepts tels que température, pression, énergie ou chaleur sont importante pour notre filière et nous obtenons de bons résultats avec ces programmes pour les étudiants qui suivent tous les cours.	Difficile à atteindre Conception, réalisation de projets	Souhaitable Indispensable Pour les étudiants futurs ingénieur, il est important de se familiariser avec le milieu de travail, qu'il soit industriel ou pas.	Motivation des apprenants
P12	Facile Ce n'est pas compliqué, à cause des mathématiques certains étudiants pensent que ce n'est pas de la chimie	Non adaptés La thermodynamique chimique est une matière de tronc commun pour toutes les options en formation de base et donc ne tient pas compte spécifiquement d'une filière donnée.	Difficile à atteindre Application de la théorie Nous n'arrivons pas à mettre en pratique ce que nous enseignons. Il est prévu dans les programmes des séances de travaux pratiques qu'on n'arrive pas à faire.	Souhaitable C'est bon pour voir quelques appareils de mesure et d'autres applications de la chimie, ça ne correspond pas toujours à ce qu'on enseigne ici	Mathématiques Liaison théorie pratique

			C'est donc un problème pour les étudiants		
P13	Facile Pour les étudiants qui comprennent la chimie, C'est simple, il suffit de savoir calculer, mais nos étudiants ne connaissent pas les calculs différentiels	Non adapté L'exécution de ces programmes est difficile dans les universités guinéennes.	Difficile à atteindre Maîtrise de la chimie Manque de travaux pratiques	Souhaitable Ce problème de partenariat entre l'université et les unités industrielles se pose souvent, mais ce que ces unités nous recommandent pour les programmes ne peut être appliqué au premier cycle, les étudiants ne sont pas des spécialistes.	mathématiques labo
P14	Difficile	Non adapté Les programmes ne sont pas adaptés, il y a trop de théorie	Difficile à atteindre Savoir-faire Absence de laboratoire	Souhaitable	Théorie Labo
P15	Facile	Adaptés Ce sont des programmes utilisés dans plusieurs pays de la sous-région. Ce n'est donc pas un problème de contenu des programmes, car les autres s'en sortent bien avec ces programmes. Il faut reconnaître que nous ne disposons pas suffisamment d'équipement dans nos laboratoires	Facile à atteindre Savoir-faire Les Travaux dirigés et les travaux pratiques aident l'étudiant à mieux comprendre le cours	Souhaitable	Labo Liaison théorie pratique
P16		Adaptés La partie thermodynamique des programmes de chimie physique est bien élaborée, ces programmes sont bons pour notre option, mais nous n'avons pas ce qu'il faut pour leur exécution	Difficile à atteindre Conception, expérimentation	Souhaitable	Labo
P17		Non adaptés Plusieurs parties de programmes sont inutiles pour les étudiants	Difficile à atteindre Connaissances scientifiques de base Insuffisance des expériences	Souhaitable Pour les étudiants de la faculté bio médicale, les stages se font dans les hôpitaux	Labo

P18			Difficile à atteindre Esprit de recherche Pas de laboratoire avec un nombre important d'étudiants en classe.		Labo
P19		Non adaptés Il faut reformer ces programmes, il existe beaucoup de parties inutiles dans ces programmes qui n'intéressent pas la filière de notre enseignement.	Difficile à atteindre Connaissance théorique Le contenu des programmes n'est pas conforme à la formation attendue		Trop de théorie
P20	Difficile Manque de bibliothèque, manque de stage de formation pour les enseignants	Non adaptés Seuls les étudiants en chimie inorganique ou en génie chimique font quelques expériences de laboratoire, les autres ne font que de la théorie. Cette situation n'aide pas beaucoup les étudiants.	Représentation chimique	Souhaitable	Trop de théorie
P21		Non adaptés On ne peut pas se passer des cours de thermodynamique chimique dans notre option, mais les programmes sont mal établis.	Analyse et expérimentation	Souhaitable Souhaitable pour quelques règles de conduite, les entreprises sont les employeurs. C'est donc normal de créer des habitudes chez les étudiants	Programme
P22		Non adaptés Nos laboratoires ne sont pas appropriés pour les programmes de thermodynamique chimique	Esprit de recherche		Labo
P23			Difficile à atteindre Conception Analyse Aucune référence de base Pas d'Internet, pas d'ouvrages scientifiques, les cours sont dictés dans beaucoup de classe comme dans le passé.	Souhaitable Les unités industrielles nous assistent souvent pour le stage des étudiants ou même pour le personnel enseignant. Certains de nos profs sont des extra-muros	Manque de bases

P24			Difficile à atteindre Expérimentation Pas suffisamment de pratique dans les laboratoires	Souhaitable C'est indispensable	Labo
P25			Facile à atteindre Expérimentation Malgré nos faibles moyens, nous effectuons certaines expériences prévues par les programmes. C'est surtout le problème des produits chimiques et nous avons trop d'étudiants pour quelques places seulement au labo	Souhaitable Pour les stages à la fin du cycle	Labo
P26	Facile Le cours de thermochimie porte sur le calcul des chaleurs de réaction et comme vous le savez les élèves n'aiment pas les calculs.		Nous ne faisons pas de pratiques, il n'y a même pas de locaux prévus pour des expériences en chimie.		Labo
P27	Facile Le cours n'est pas difficile, mais très peu d'élèves s'intéressent à ce chapitre	Adaptés Pour les classes de terminale, les programmes nous ont permis d'avoir de bons résultats au bac	Difficile à atteindre Aucun lycée ou collège ne dispose de laboratoire et pourtant c'est nécessaire. Il n'y a pas d'épreuve de TP au bac même pour les élèves inscrits en sciences expérimentales.		Motivation des apprenants et Labo
P28	Difficile Le nombre d'élèves en classe est très élevé, le travail est difficile dans ces conditions.	Non adaptés Il n'est pas prévu dans les programmes au secondaire de réaliser des expériences en chimie	Difficile à atteindre Il faut un miracle pour atteindre des objectifs réels en chimie sans les travaux de laboratoire.		Liaison théorie pratique

B - Enquête auprès des étudiants

B - 1 - Enoncés

Que pensez vous du cours de thermodynamique chimique ?

Difficile à comprendre

Facile à comprendre

Justifier votre réponse

.....

B - 2 - Réponses des étudiants

Etudiant	Réponse	justifications
E1	<i>Difficile</i>	Parce que les phénomènes sont difficiles, mais aussi leur fonctionnement pose de sérieux problèmes pour les interpréter
E2	<i>Difficile</i>	Parce que purement expérimentale et les expériences ne se font pas
E3	<i>Difficile</i>	Parce qu'il y a beaucoup de phénomènes physiques et chimiques à expliquer
E4	<i>Difficile</i>	Parce qu'il étudie les corps en interaction et qu'on ne peut les séparer de leur milieu ambiant que par la pensée. C'est un cours pratiquement de l'imaginaire
E5	<i>Difficile</i>	parce qu'on ne fait pas des expériences pratiques liées aux cours théoriques
E6	<i>Facile</i>	Un peu facile puisqu'il faut comprendre les phénomènes pour pouvoir les analyser et les étudier
E7	<i>Difficile</i>	Dans la mesure où les phénomènes thermodynamiques sont parfois idéal et demandent assez de réflexion
E8	<i>Difficile</i>	Le cours est difficile parce que lié à des faits mathématiques et des expériences

E9	<i>Difficile</i>	Le cours de thermodynamique chimique est difficile parce que donné de façon trop théorique, le cas échéant c'est facile
E10	<i>Difficile</i>	Parce qu'il faut connaître beaucoup de phénomènes
E11	<i>Difficile</i>	Parce que je ne fais pas de pratique et que je ne constate pas les faits au laboratoire si tous ces problèmes sont arrangés, c'est facile
E12	<i>Facile</i>	Le cours est facile si nous avons tous les moyens attribués à cette matière, à savoir les expériences et les outils
E13	<i>Difficile</i>	C'est difficile parce qu'il y a un peu d'imaginaire ; en prenant par exemple les gaz parfaits ou bien le deuxième principe de thermodynamique
E14	<i>Facile</i>	Parce que c'est concret
E15	<i>Facile</i>	Facile parce qu'à travers la thermodynamique on donne des notions de base liées à la pratique mais elles sont aussi très mesquines
E16	<i>Facile</i>	Facile parce qu'elle nous permet de lier les faits à la réalité c'est à dire de la chimie on se trouve dans l'industrie, car on ne peut parler de l'industrie sans la chimie
E17	<i>Difficile</i>	Difficile parce que les phénomènes physiques sont trop complexes à interpréter
E18	<i>Difficile</i>	Difficile parce qu'il y a trop de relations et aussi les liens de ces relations qui me paraissent difficiles et trop de paramètres
E19	<i>Difficile</i>	Tout dépend des explications du professeur, mais le plus souvent on ne comprend rien
E20	<i>Difficile</i>	Sans
E21	<i>Difficile</i>	Sans
E22	<i>Difficile</i>	Sans
E23	<i>Facile</i>	Sans
E24	<i>Difficile</i>	Sans
E25	<i>Facile</i>	Sans
E26	<i>Difficile</i>	Sans
E27	<i>Difficile</i>	Sans
E28	<i>Difficile</i>	Sans
E29	<i>Difficile</i>	Sans

E30	<i>Sans</i>	Sans
E31	<i>Difficile</i>	Sans
E32	<i>Difficile</i>	Sans
E33	<i>Sans</i>	Sans
E34	<i>Sans</i>	Sans
E35	<i>Sans</i>	Sans

ANNEXE 2 : Les programmes de thermodynamique

A - Programmes de thermodynamique chimique au premier cycle universitaire (République de Guinée)

Le programme prévoit 120 heures de cours, 120 heures de travaux dirigés et 60 heures de travaux pratiques qui abordent les points suivants :

- Définition des concepts de système, milieu ambiant, fonctions d'état, processus, travail de détente.
- Enoncé du premier principe, introduction des concepts d'énergie interne, d'enthalpie
- Application de la loi de Hess et ses conséquences.
- Relation entre capacité calorifique à pression constante (C_p) et capacité calorifique à volume constant (C_v).
- Influence de la température sur l'effet thermique d'une réaction (équation de Kirchhoff). Relation entre quantité de chaleur à pression constante (Q_p) et chaleur à volume constant (Q_v).
- Enoncé du deuxième principe de la thermodynamique, processus réversible et irréversible.
- Etude de l'entropie, des dérivées de l'entropie, calcul des entropies absolues et détermination du sens d'un processus.
- Calcul des potentiels thermodynamiques. Détermination des conditions d'équilibre et d'évolution spontanée d'un processus. Dépendance des potentiels thermodynamiques avec les paramètres d'un système : volume (V), pression (P) et température (T).
- Etude de l'équilibre chimique : notion de fugacité et d'activité, équation de l'isotherme d'une réaction chimique, constante d'équilibre : pression constante (K_p), concentration constante (K_c) et relation entre les constantes K_p et K_c .
- Application de l'équation de l'isobare et de l'isochore d'une réaction chimique, principe de Le Chatelier, calcul des constantes d'équilibre à partir des données standard.
- Etude des solutions : Grandeurs molaires partielles, potentiel chimique, équation de Gibbs Duhem.

- Etude des propriétés des solutions : pression de vapeur au-dessus d'une solution, abaissement du point de cristallisation, élévation du point d'ébullition, pression osmotique, solubilité. Distribution, d'un soluté entre deux solvants non miscibles.
- Etude de la distillation fractionnée : lois de Konovalov, propriétés colligatives
- Etude des solutions idéales : lois de Raoult., lois de Henry. Cryoscopie, ébullioscopie.
- Equilibre des phases : notion de phase, de nombre de composants indépendants, de nombre de degrés de liberté, de phase simple et mixte, de système homogène et hétérogène, classification des systèmes et application de la règles des phases de Gibbs.
- Etude des systèmes unitaires : équilibre de deux phases, équation de Clausius Clapeyron pour les processus de fusion, d'ébullition et de sublimation. Construction des diagrammes d'équilibre de l'eau.
- Etude des systèmes binaires : analyse thermique, Liquidus, solidus, courbes de refroidissement.
- Détermination des compositions des phases dans les zones mono, bi et triphasés.
- Etude des diagrammes des systèmes avec formation d'un composé à fusion congruente ou à fusion non congruente, recherche du point eutectique.
- Etude des diagrammes des systèmes avec formation de solution solide en toutes proportions ou avec une certaine solubilité réciproque : solutions solides de substitution et d'insertion. Diagramme des systèmes avec une solubilité réciproque limitée dans la phase liquide, températures critiques de dissolutions inférieures et supérieures, courbes de démixtion.
- Approche des systèmes ternaires : triangle de Gibbs et de Roozeboom, diagramme d'équilibre des systèmes à point eutectique ternaire, diagramme d'équilibre avec une solubilité délimitée dans la phase liquide et application de la règle de Tarassenkov
- Etude des solutions d'électrolytes : théories d'Arrhenius et de Debye-Hückel, force ionique d'une solution, coefficient d'activité, vitesse d'ions, nombres de transport, mobilité d'ions, conductibilité électrique spécifique et équivalente. Application des Lois de Kohlrausch.

B - Trame de cours et objectifs au premier cycle (DEUG)

quelle que soit la filière

CONTENU	TRAVAUX DIRIGES	TP proposés	Référence
<p>Système</p> <p>Milieu ambiant</p> <p>Fonction d'état</p> <p>Processus</p> <p>Travail de détente</p>	<p>Calculer le travail fourni par la détente d'un gaz</p> <p>Equation d'état des gaz parfait $PV=nRT$</p> <p>Dessiner un diagramme d'état</p> <p>Décrire les transformations qui se produisent lors du déplacement d'un point à un autre dans un diagramme d'état (à T ou P constant)</p> <p>Calculer les effets</p>		<p>Evocation d'exemples d'objets ou phénomènes pris dans l'environnement</p>
<p>Energie interne</p> <p>Enthalpie</p> <p>Lois de Hess</p> <p>Capacité calorifique</p> <p>Relation $C_p C_v$</p> <p>Influence température sur l'effet thermique d'une réaction (équation de Kirchhoff)</p> <p>Relation $Q_p Q_v$</p> <p>Système de référence</p>	<p>Echange d'énergie $U= Q + W$</p> <p>Condition monotherme isochore</p> <p>Condition monotherme isobare</p> <p>Système siège d'une réaction chimique totale</p>	<p>constante du calorimètre</p> <p>détermination de l'enthalpie de dissolution d'un composé</p>	<p>Approche expérimentale effective à partir du matériel de laboratoire et des échantillons : calorimètre, thermomètre, échantillon de réactifs et de produits formés</p>
<p>Relation $d(U) /dT = C_v$</p> <p>$d(H) / dT= C_p$</p>	<p>Disposant de tables contenant les données nécessaires, calculer les enthalpies de liaison et de réaction. Calculer une enthalpie de réaction à une température donnée</p>	<p>détermination de la masse moléculaire d'une substance dissoute par la méthode de cryoscopie</p>	<p>approche expérimentale à partir du laboratoire tableau des grandeurs thermodynamiques</p>
<p>Processus réversibles et irréversibles</p> <p>Entropie et dérivés de l'entropie</p> <p>Calcul des entropies</p>	<p>- $dS= d_1S +d_2S$</p> <p>- $S_1>0$ transformation réversible</p> <p>$d_2S=dQ/ T$</p>		<p>exemples, situations, phénomènes pris dans l'environnement</p>

Condition d'équilibre et évolution spontanée d'un processus dépendance des potentiels thermodynamiques avec les paramètres d'un système(V, P, T)	<p>Calculer dG à l'aide des tables thermodynamiques usuelles pour une transformation physique simple (changement d'état, dissolution) ou pour une réaction chimique</p> <p>Discuter des possibilités de transformation spontanée ou équilibres en fonction de la température.</p> <p>Equation de l'isotherme, de l'isochore et de l'isobare d'une réaction chimique</p> <p>Reconnaître si un système est à l'équilibre et prévoir son évolution</p> <p>Expliquer l'établissement de l'état d'équilibre stationnaire pour les réactions inversibles. Appliquer la loi de Le Châtelier, expliquer si, à la suite de la modification d'une variable, le système doit évoluer, et dans quel sens. Calculer les quantités de chaque constituant à l'équilibre, connaissant la stœchiométrie de la réaction, les quantités initiales et la constante d'équilibre à la température considérée.</p> <p>Appliquer la loi des équilibres à une réaction homogène ou hétérogène, et calculer la constante d'équilibre. Appliquer la loi de van t' Hoff</p>		
<p>Grandeurs molaires partielles</p> <p>Potentiel chimique</p> <p>Equation Gibbs-Duhem</p> <p>Equilibre en solution</p>	<p>Calcul des pressions de vapeur saturante, cryoscopie, ébullioscopie, distillation fractionnée</p> <p>Prévoir s'il se produit une dissolution ou une précipitation dans les conditions données</p> <p>Ecrire la définition du produit de solubilité d'un composé ionique connaissant le bilan de sa dissociation en solution. Calculer la solubilité connaissant le produit de solubilité, et inversement.</p> <p>Déterminer la solubilité en présence d'un autre soluté possédant un ion commun Différentielle de l'enthalpie libre et la variation du potentiel chimique</p>	<p>- grandeur molaire partielle</p> <p>- détermination du coefficient de distribution de l'acide acétique entre le benzène et l'eau</p>	approche expérimentale à partir du matériel de laboratoire
<p>Classification des systèmes</p> <p>Règle des phases de Gibbs</p>	<p>Analyse thermique</p> <p>Diagramme des phases.</p>	<p>Construction du diagramme d'équilibre à point eutectique par la méthode d'analyse thermique</p> <p>construction du diagramme d'un système ternaire à miscibilité limitée à l'état liquide</p>	
Les solutions	<p>A partir de données :</p> <ul style="list-style-type: none"> - déterminer les variations de la chaleur différentielle de dissolution et de dilution avec la température - calculer la quantité pondérale de chaque constituant d'une solution. 		

ANNEXE 3 : Recueil de données dans l'usine de Kamsar

A - Entretien avec un expert technique

Q : Décrivez-nous dans vos termes, quelques phénomènes chimiques et physico-chimiques qui se déroulent dans votre système d'exploitation.

R : On peut schématiquement résumer les différents processus de la manière suivante :

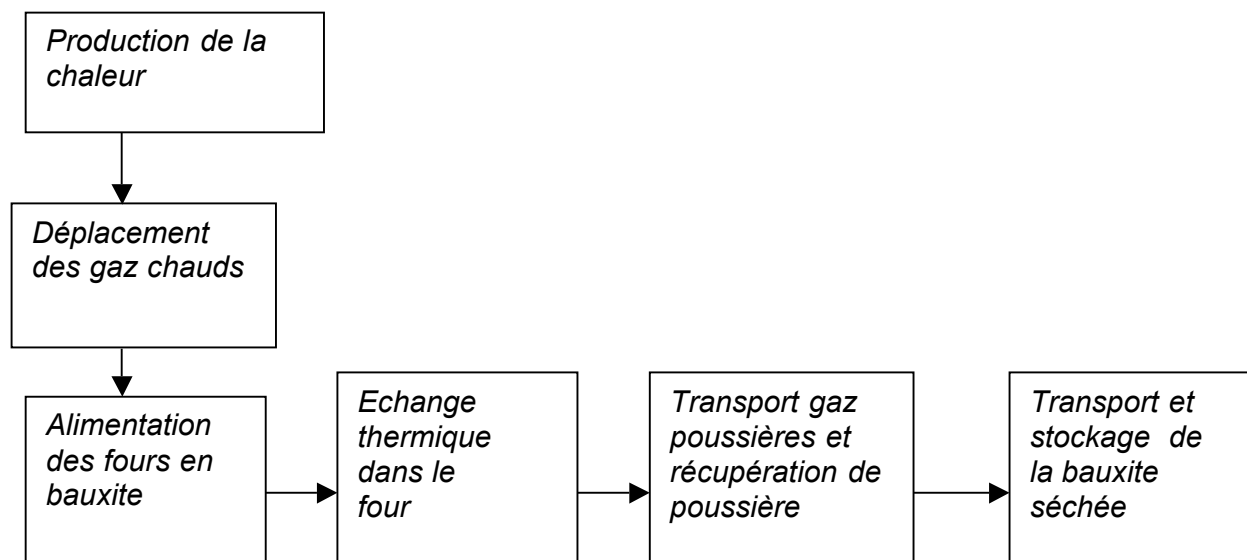


Schéma 1 produit par l'expert

Q : Vous parlez de production de chaleur, pouvez-vous nous en décrire le processus ?

R : Pour assurer à l'intérieur du four de séchage une température élevée (600°C) à l'usine, on utilise le mazout comme combustible industriel.

De la station de pompage, le fuel est chauffé à une température égale à 100°C et est acheminé vers les sécheurs. Avant d'arriver aux sécheurs, le fuel passe par le surchauffeur où il est réchauffé de nouveau jusqu'à 120°C pour les brûleurs.

L'introduction de l'air réchauffé dans les brûleurs provoque la combustion du mazout dans la chambre de combustion.

L'énergie thermique produite par la combustion du mazout est de 32251450 Kcal / heure et la température dans la chambre de combustion peut atteindre 880°C .

Pour mieux comprendre la combustion, je vais vous faire un petit schéma des brûleurs et de la chambre de combustion avec l'arrivée du fuel et les ventilateurs d'atomisation la production de chaleur dépend surtout du type de brûleur.

Schéma 2 : brûleur et chambre de combustion schéma de l'expert

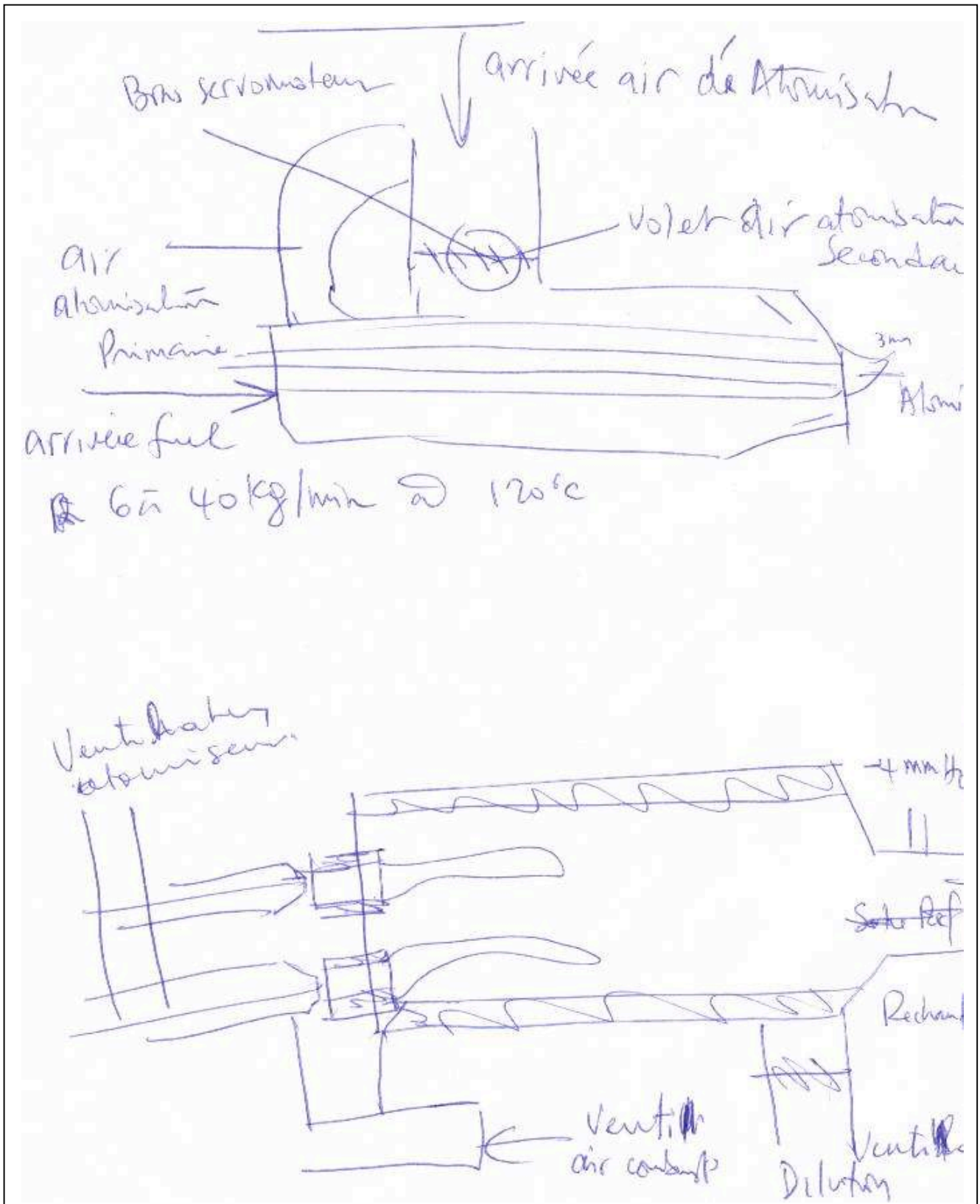
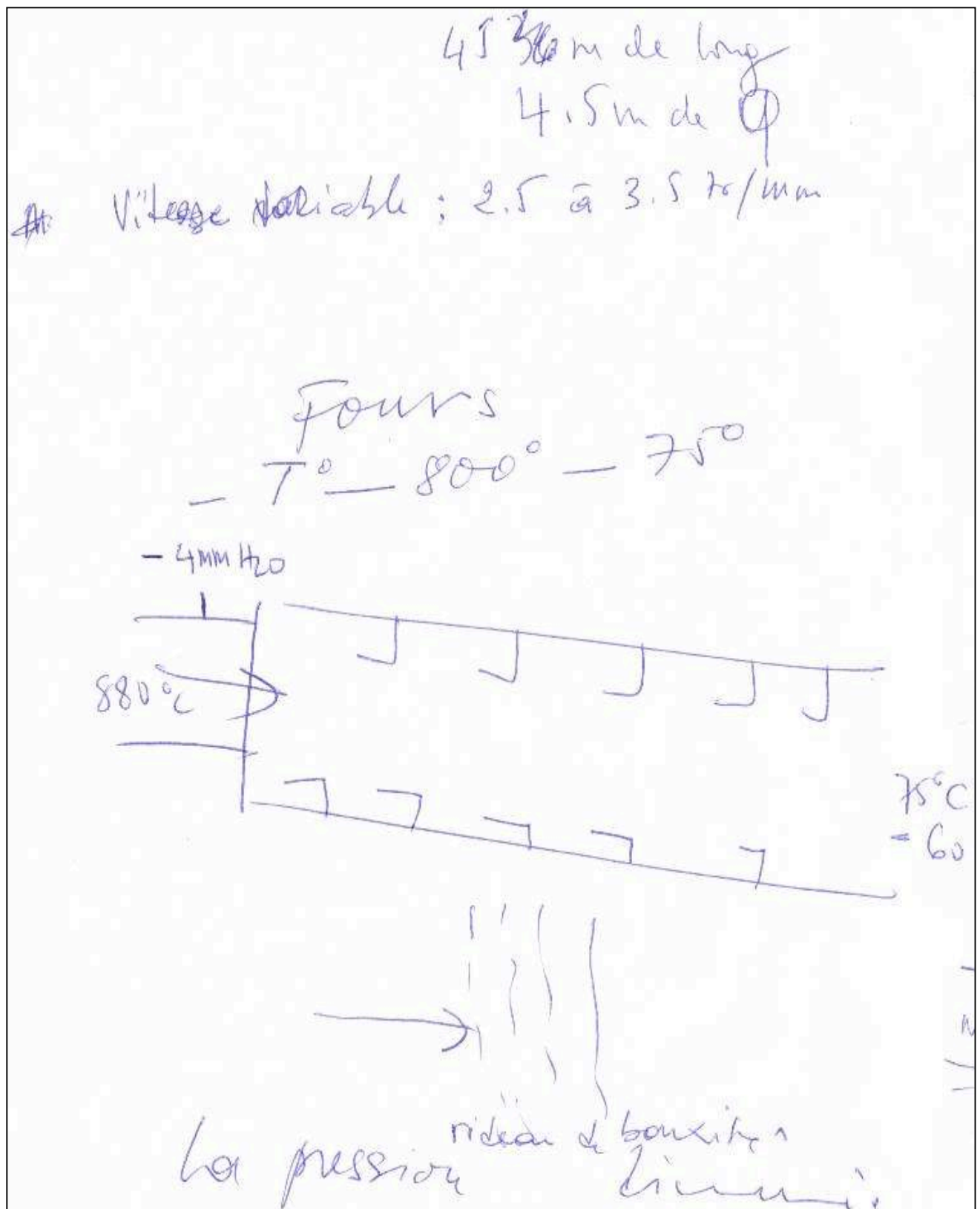


Schéma 3 : four sécheur, schéma de l'expert



Q : Quels sont les produits de combustion ?

R : Les produits de combustions sont : le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone

l'eau, l'oxyde sulfureux

Il faut ajouter l'oxyde sulfurique obtenu par oxydation de l'oxyde sulfureux.

Le dioxyde de carbone et l'oxyde sulfurique sont formés avec l'excès d'air de combustion dans la chambre de combustion.

Q : Pouvez vous nous donner un peu de précisions sur l'échange thermique ?

R : *Il y a donc déplacement de masse et échange thermique entre les gaz chauds et la bauxite et entre l'air et la bauxite. Le tout est résumé sur les bilans de masse et thermique.*

Q : Ces bilans de masse et thermique servent à quoi?

R : *Le bilan nous permet par exemple d'éliminer les gaz d'infiltration dans le four.*

Q : Quels sont les paramètres de séchage des fours de Kamsar ?

R : *Les paramètres de séchage peuvent être répartis en trois groupes :*

Paramètres invariables

granulométrie ($\leq 100\text{mm}$ max)

humidité entrée (8 – 13%)

les cascadeurs (formation de rideaux de bauxite)

la vitesse de rotation du four

2- Paramètres variables

débit fuel

débit bauxite

température entrée four

dépression des gaz chauds

3- Paramètres résultants

température sortie four

humidité sortie four

tonnes d'eau évaporée à l'heure

litres fuel par tonne eau évaporée

litres fuel par tonne bauxite séchée

4- Régulation du processus de séchage :

production chaleur

transport chaleur

alimentation

alimentation four

temps de dilution

contrôle niveau bauxite

temps sorti four

Q : Nous constatons qu'à part les paramètres techniques, votre classification montre que les fours fonctionnent sur la base des principes et lois de la thermodynamique.

R : *Effectivement, l'usine est surtout gérée par les paramètres thermodynamiques qui nous servent à contrôler le bon déroulement du séchage et le rendement de la production comme vous pouvez le constater à travers les bilans de masse et thermique.*

Q : Ce qui signifie que vous modélisez le processus de combustion ?

R : *La combustion est avant tout une réaction entre le combustible mazout et l'air. En vertu du premier principe de la thermodynamique de l'état initial et l'état final, la quantité de chaleur cédée par le combustible ne dépend que des états extrêmes (entrée sortie) nous considérons que la pression ou le volume ne changent pas.*

Bon c'est beaucoup de considérations qu'on ne peut pas tout dire sur place mais regardez le bilan masse thermie.

Q : Que pensez-vous des modèles provenant de l'université ?

R : *Généralement on utilise les données de l'université qui sont utilisées dans la phase de conception ou dans les cas de recherche de solution à des problèmes qui ne sont pas techniques.*

Mais on ne peut pas tout prévoir avec les modèles de l'université.

Par exemple les quantités de bauxite pouvant être séchées dans un temps donné, varient d'une saison à une autre, la bauxite contient beaucoup plus d'humidité en saison pluvieuse qu'en saison sèche, et donc la production énergétique change, ce qui est difficile à prévoir à l'aide simplement des calculs théoriques.

Les modèles théoriques ne peuvent pas nous dire par exemple quand la bauxite doit finir dans la machine.

Q : Quels sont vos instruments de contrôle du processus de séchage de la bauxite ?

R : A l'aide d'instruments de mesure : thermomètre indicateur de température, manomètre indicateur de pression, balance pour la détermination des quantités à l'entrée et à la sortie du four

Q : Avez vous une préférence dans les unités de mesure ?

R : A l'usine nous utilisons les systèmes de mesure américains, étant donné que les appareils et tout le processus sont américains. On n'a pas besoin de faire la reconversion dans le système international.

Le british thermal unit : BTU

1 thermie = 10⁵ BUT

1 BTU = 1.05KJ

Q : Tenez-vous compte des erreurs de précision des appareils dans la mesure des différents paramètres ?

R : Non, nous ne considérons que ce que les appareils indiquent.

Q : Et cela marche toujours dans la production ?

R : Pas toujours, parfois avec les mêmes indications on assiste à différents séchages, c'est au technicien de savoir ce qu'il faut faire.

Q : Ce qui signifie que vous avez d'autres possibilités de contrôle sur le processus de séchage sans utiliser les instruments de mesure ?

R : Oui, avec le changement de coloration de la bauxite ou la couleur de la fumée qui se dégage de la cheminée ou même avec le temps de séchage. Mais c'est une méthode qui n'est pas très fiable, c'est approximatif lorsque certains appareils sont en panne.

Bauxite hydratée : rouge

Bauxite séchée : rougeâtre

Bauxite trop séchée : cassante et noir

Séchage normal : fumée blanche

Séchage dépassé : fumée noire

Temps de séchage normal : 15mn- 20mn selon la saison.

Q : Au cours de la visite, vous aviez parlé de surchauffage des chambres de transfert, est ce lié à la combustion ?

R : Oui, la chambre de transfert joue un rôle très important dans la production de la chaleur, elle régularise la température et la pression de la flamme de combustion. La chambre de transfert est un système adiabatique. Elle ne doit être ni trop grande, ni trop petite par rapport à la quantité de mazout qui brûle.

B – Les schémas et les photos de l'usine de séchage de KAMSAR

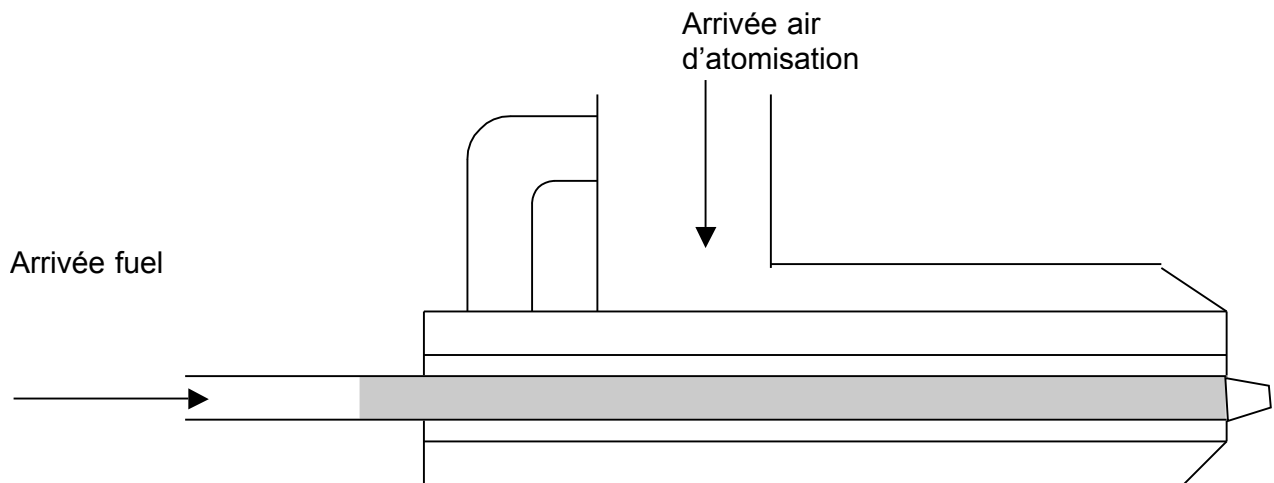


Schéma 4 - les brûleurs

Le but de ce dispositif est d'offrir une grande surface de contact aux deux fluides pour qu'ils puissent se mélanger rapidement dans la chambre de combustion, la combustion se fait instantanément. Les brûleurs sont constitués de deux tubes de gaz qui débouchent dans un caisson d'air.

Schéma 5 - La chambre de combustion

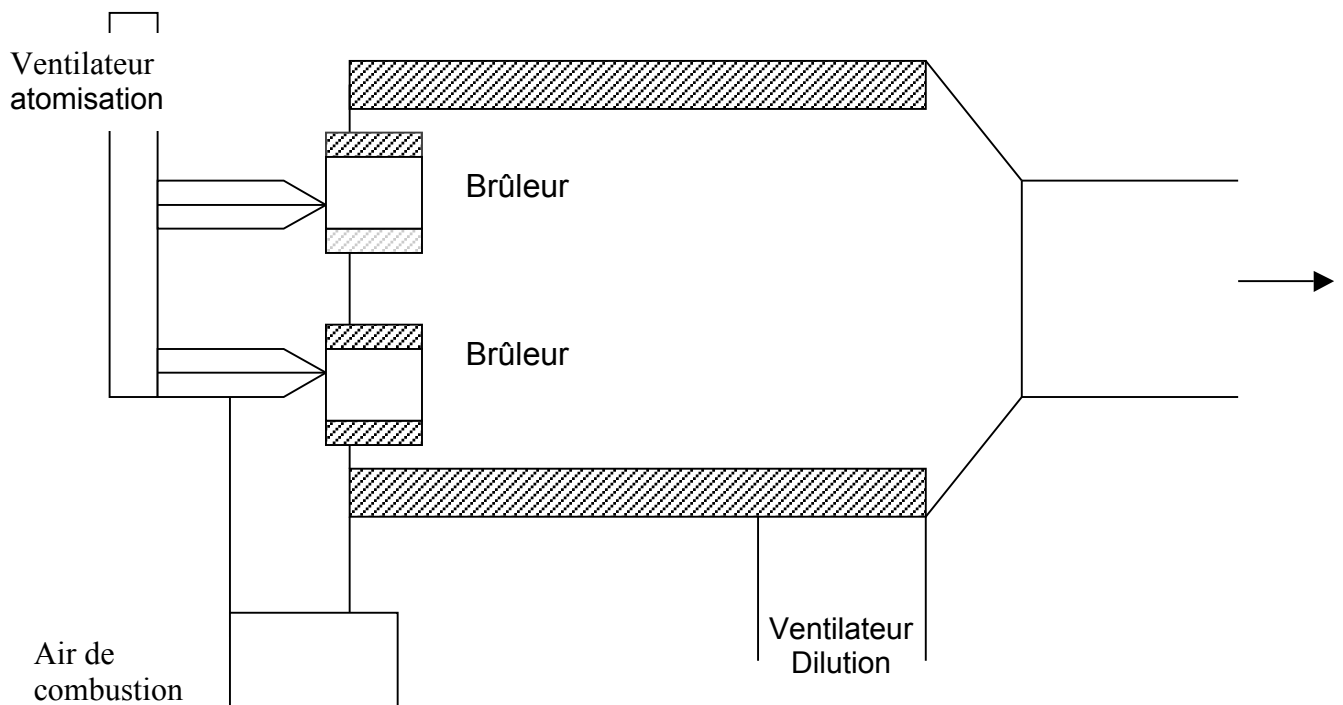


Schéma 6 La cheminée

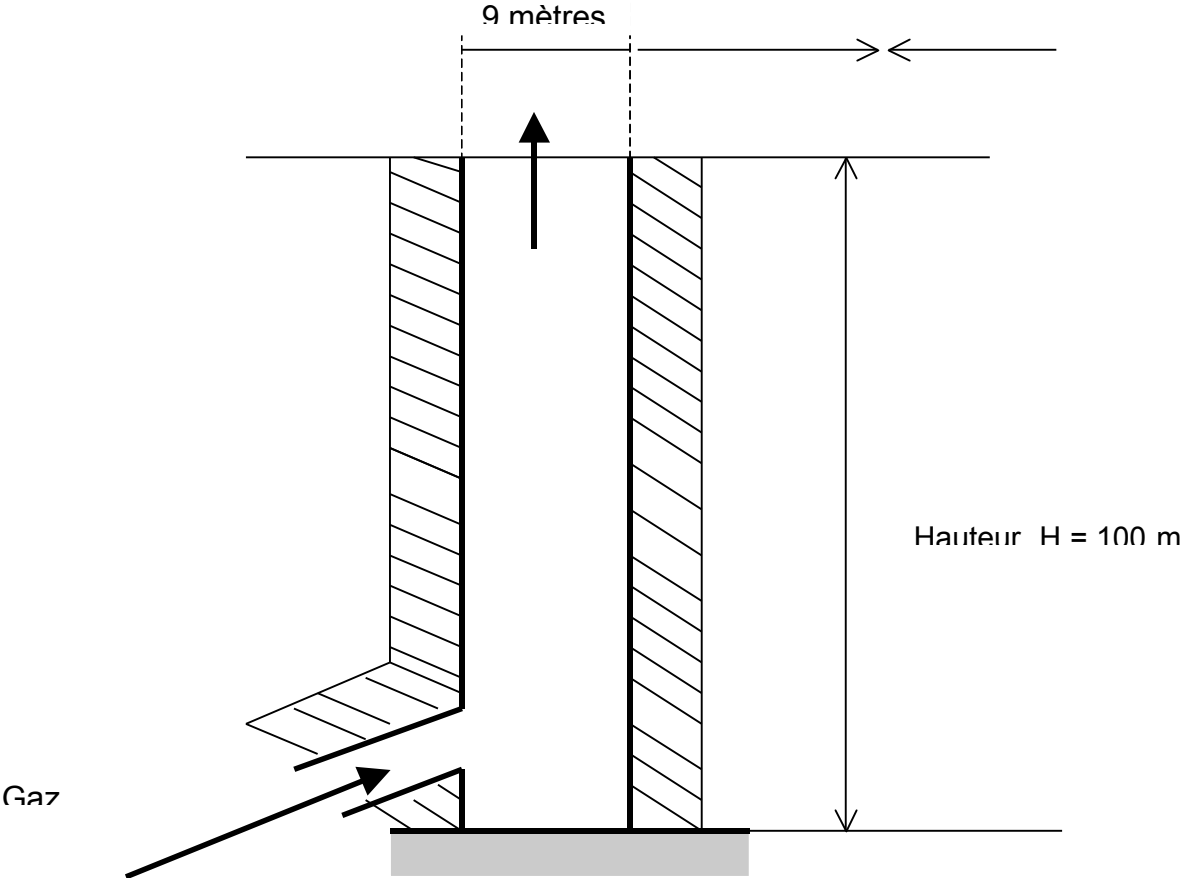


Schéma 7 Schéma d'ensemble du dispositif (document d'usine)

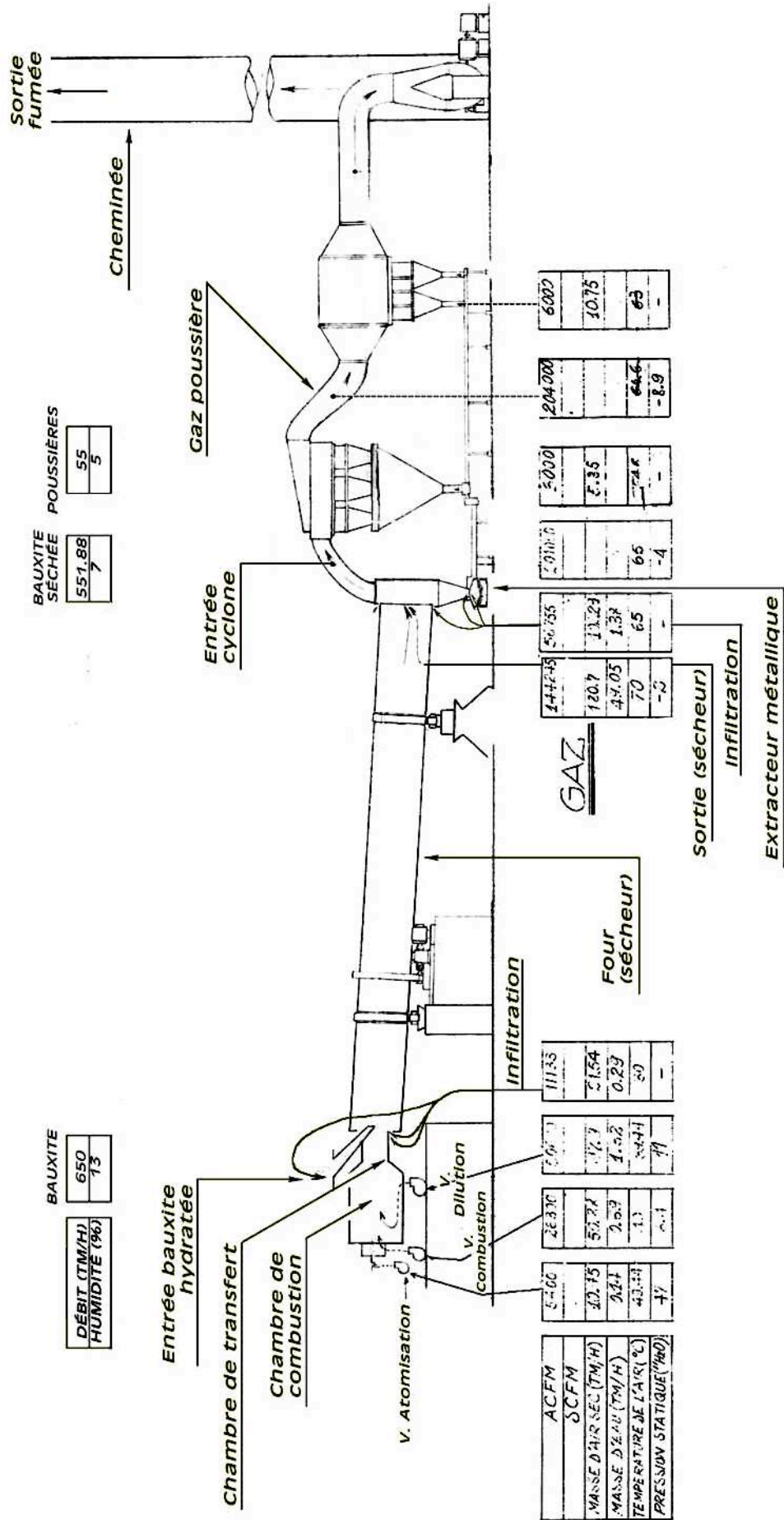


Photo 1 : Entrée four

Bauxite 11% d'humidité T= 28°C



Photo 2 : Four (sécheur) en acier

T°= 880°C



Photo 3 : deux fours en acier



Photo 4 : Précipitateur de poussières

T= 140°C P = 1.12bar



Photo 5 : Convoyeur : Sortie four



Photo 6 : extracteur métallique

Sortie bauxite 6% humidité T = 70°C P= 1 bar



**Photo 7 : Silos isolés : stockage de la bauxite séchée humidité 6,5%
T = 35 °C P= 1 bar**



Photo 8 : Réservoir de stockage de mazout

Composition :

- carbone 85.99%
- hydrogène 11.33%
- Soufre 2.58%



Photo 9 : station de pompage de mazout avec indicateur de pression et de température



Photo 10 : Ligne de réchauffage du mazout



Température de préchauffage : 35°C à 120°C

Photo 11 : cheminée : dégagement fumé

Température gaz à l'intérieur de la cheminée $T = 70^{\circ}\text{C}$

Température gaz sortant : 61.56°C

C - Les données des notices techniques

C - 1- Les paramètres



Longueur four : 45 mètres

Diamètre four : 2, 86 mètre

Vitesse de rotation du four : 2,5 à 3,5 tours par minute

Hauteur de la cheminée : 100 mètres

Section intérieur : 9 mètres

Composition du mazout en %

- carbone	85.99%
- hydrogène	1133%
- soufre	2.58%

- Composition de l'air

- Oxygène	20,99%
- Azote	78,03%
- Argon	0,94%
- Gaz carbonique	0,03%
- Autres gaz	0,01%

- Débit d'air entrant

- air d'atomisation	9,176 m ³ / H
- air de combustion	44.689 m ³ / H
- air de dilution	85.980 m ³ / H
- air d'infiltration	
à la chambre de transfert	18.917 m ³ / H

Composition de la fumée

CO ₂	20.5%
SO ₂	0.33%
N ₂	71.82%
O ₂	0.49%
H ₂ O	6.86%

– Tableau 8 : Les températures

les codages renvoient au schéma III-3 du chapitre III

Désignation		°C	°K
Température de référence	To	86°F	
Température mazout	T1	35°C	
Température air	T1'	30	303.15
Température préchauffage mazout	T2	120	393.15
Température brûleurs	T3	2150	2423.15
Température entrée sécheur (four)	T4	850	1153.15
Température bauxite (entrée)	To	28°C	
Température bauxite (sortie)	To'	70	343.15
Température gaz (sortie sécheur)	T5	146°C	
Température air d'infiltration	T6	86°C	
Température gaz (cheminée)	T7	70°C	
Température gaz sortant	T8	61.56°C	

- Tableau 9 : les pressions

Désignation		Pouces H ₂ O	Atmosphère	Bar
Mazout	P1			1
réchauffage combustion	P2 P3			6
Pression entrée four	P4	- 4 pouces H ₂ O	1.04	1.11
sortie four Bauxite séchée	P5	-10 pouces H ₂ O	1.003	1.02
Sortie gaz du sécheur	P6	-2 pouces H ₂ O	1.02275	
gaz cheminée	P7	30.75 pouces H ₂ O	1.103	1.12
Sortie cheminée	P8	29.5	1.100	

- Formule de conversion utilisée par l'expert :

$$P (\text{atmosphère}) = (P (\text{pouce}) / 13.6 + 30.75) / 0.03342$$

C - 2 - Bilans massique et énergétique

Données de base :

Débit d'alimentation du sécheur	650TM/H
humidité de surface	13%
Débit de fuel / brûleur	29 Kg/mn
Débit de fuel pour deux brûleurs	3480 Kg /H
Poids spécifique du mazout	0,978 Kg/ dm ³
Pouvoir calorifique	10340 Kcal/Kg

Tableau 10 : masses entrantes

N°	QUANTITE	TM/H	%
1	Masse de bauxite sèche	565,5	67,59
2	Masse d'eau de surface de surface de la bauxite	84,5	10,1
3	Masse d'eau formée par combustion	3,376227	0,4
4	Masse d'eau contenue dans le fuel	0,115885	0,01
5	Masse d'eau dans la quantité totale d'air entrant dans le système (air d'infiltration non compris)	2,14657	0,26
6	Masse de gaz secs entrant dans le système (air d'infiltration non compris)	159,16562	19,02
7	Masse d'air d'infiltration entrant dans le système (base sèche)	21,540104	2,57
8	Masse d'eau contenue dans l'air d'infiltration	0,290792	0,03
TOTAL		836,63828	99,98

Tableau 11: masses sortantes

N°	Quantité	TM/H	%
m1a	Masse de bauxite sèche sortant directement du sécheur	513,25	61,35
m1b	Masse totale de poussières sèches sortant du système	52,25	6,25
m 2	Masse d'eau résiduelle dans la bauxite sortant du sécheur	38,632	4,62
m2b	Masse d'eau résiduelle des poussières	2,75	0,33
m 2c	Masse d'eau évaporée de la bauxite	43,118	5,15
m 3	Masse d'eau formée par combustion	3,376227	0,4
m 4	Masse d'eau du fuel	0,115885	0,01
m 5	Masse d'eau dans l'air total du système (air d'infiltration non compris)	2,149657	0,26
m 6	Masse de gaz secs sortant du système (air d'infiltration non compris)	159,16562	19,02
m 7	Masse d'air d'infiltration sortante (base sèche)	21,540104	2,57
m8	Masse d'eau dans l'air d'infiltration	0,290792	0,03
	TOTAL	836,63828	99,99

Correspond au schéma III-6

Tableau 12 : Quantités de chaleur fournies au système

N°	Quantité	Kcal/ H	%
1	Chaleur fournie par combustion du fuel	32251450	98,052
2	Chaleur fournie au système par le préchauffage du fuel	130584	0,397
3	Chaleur contenue dans l'air sec fourni par les ventilateurs d'atomisation, de combustion et de dilution	492228	1,496
4	Chaleur contenue dans l'humidité de l'air fournie par les ventilateurs d'atomisation, de combustion et de dilution	673	0,02
5	Chaleur fournie par l'air sec d'infiltration	10837	0,033
6	Chaleur contenue dans l'humidité de l'air d'infiltration	259	0,001
7	Chaleur contenue dans la bauxite et son eau de surface	0	0
TOTAL		32892092	99,999

Tableau 13 : Quantités de chaleur utilisées et rejetées par le système

Quantité	Kcal/h	%	
1	Chaleur nécessaire pour évaporer l'eau de la bauxite de 13 à 7% H ₂ O	24040408	73,09
2	Chaleur sortant avec l'eau évaporée de la bauxite de la température de référence (82.4°) à la température de sortie des gaz	811189	2,47
3	Chaleur sortant dans la bauxite sèche	3380633	10,28
4	Chaleur sortant dans l'eau résiduelle de la bauxite	1296562	3,94
5	Chaleur sortant dans les poussières sèches de bauxite	432499	1,31
6	Chaleur sortant dans l'eau résiduelle des poussières de bauxite	115522	0,35
7	Chaleur sortant dans l'eau de fuel et l'eau formée par combustion	85021	0,26
8	Chaleur perdue en chauffant l'air sec d'infiltration de 82.4°F à la température de sortie des gaz	2282044	0,69
9	Chaleur perdue en chauffant l'eau de l'air d'infiltration de 82.4°F à la température de sortie des gaz	5471	0,02
10	Chaleur contenue dans les gaz secs sortant du système (air d'infiltration non compris)	1983667	6,03
11	Chaleur sortant dans l'eau de l'air total du système (air d'infiltration non compris)	38516	0,12
12	Chaleur perdue par radiation	289409	0,88
13	Chaleur perdue par convection	184990	0,56
	TOTAL	32892091	100

C - 3 - Données thermodynamiques utilisées à l'université

Tableau 14 : Valeurs standards des entropies molaires (S°), des chaleurs de formation (ΔH_f°) et des énergie libres de Gibbs de formation à 25°C et 1atm.

Substance	S° J K ⁻¹ mole ⁻¹	ΔH_f° KJ mole ⁻¹	ΔG° KJ mole ⁻¹
C(s) graphite	5,74	0	0
CO (g)	197,8	- 110,5	- 137,2
CO ₂ (g)	213, 6	- 393, 5	- 394,4
H ₂ (g)	130,6	0	0
H ₂ O (g)	188,7	- 241, 8	- 228, -

Tableau 15 : Capacités calorifiques molaires sous pression constante à 25°C

Nom	Formule	C_p J K ⁻¹ mol ⁻¹
Dioxyde de carbone	CO ₂ (g)	37,1
Monoxyde de carbone	CO (g)	29,2
Eau	H ₂ O(s)	37,7
	H ₂ O(l)	75,2
	H ₂ O(g)	33,6
Hydrogène	H ₂ (g)	28,8
Oxygène	O ₂ (g)	29,4

La capacité calorifique pour les produits pétroliers

$$C_p = (0,388 + 0,00045 T) d$$

Tableau 16 : Chaleurs spécifiques isobares de l'air et des constituants des gaz de combustion, valable de 0 à 1200°C

$$C_{p,j} = \sum [a_{ji} (10^{-3} T)^{i-1}] \text{ avec } T \text{ en } ^\circ\text{K} \text{ et } C_p \text{ en } \text{J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$$

Constituants	Coefficients des polynômes de C_{ij}					
	a_{j1}	a_{j2}	a_{j3}	a_{j4}	a_{j5}	a_{j6}
Air	1057.69	-462.92	1182.59	-835.11	198.80	0
O ₂	999.56	-955.05	3269.24	-3871.85	2065.51	-417.59
N ₂	1115.35	-562.52	1257.13	-829.38	186.38	0
CO ₂	432.54	1785.41	-1602.30	766.71	-152.33	0
CO	1114.66	-597.47	1439.48	-1011.87	240.23	0
H ₂ O (vap)	1920.74	-835.70	2896.83	-2805.54	1412.17	-296.05
SO ₂	447.58	480.77	789.81	-1863.10	1293.31	-307.01

ANNEXE 4 : PRODUCTIONS DES ETUDIANTS

A – Les productions des étudiants dans l'étape 1

GROUPE 1

Fiches 1 : Questions du groupe 1 dans l'étape 1 (observation à l'usine)

<i>Q</i>	<i>QUESTIONS</i>	Liens avec les programmes
1-	<i>Que signifie ventilateur de tirage ?</i>	
2-	<i>Quel est le rapport entre température de la chambre de combustion et nature de combustible ?</i>	
3	<i>Quel est le rôle de l'acide sulfurique dans le four ? Pourquoi il faut qu'il se forme ?</i>	$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$
4	<i>Dans le séchage pourquoi on ne part pas de petites températures pour les grandes températures ? c'est-à-dire de 70 à 800°C</i>	<i>Application du premier principe de la thermodynamique</i>
5	<i>La formation de l'eau dans le four permet - elle l'obtention de la bauxite réhydratée ?</i>	
6	<i>Est-ce qu'on peut prévoir dans ce cas un état d'équilibre chimique ?</i>	
7	<i>Quel est le rôle des brûleurs dans la combustion du mazout?</i>	$C + O_2 \rightarrow CO_2$ $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ $S + O_2 \rightarrow SO_2$ $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$
8	<i>Est-ce qu'ils peuvent changer la température de combustion ?</i>	<i>Loi de Kirchhoff</i> $\Delta H = \Delta H_1 + C_p \Delta T$ $\Delta U = \Delta U_1 + C_v \Delta T$
9	<i>Quel pouvait être le rôle de la température de réchauffage sur l'effet thermique ?</i>	
10	<i>Est- ce que la température de la chambre de combustion est égale à la température de combustion du mazout ?</i>	
11	<i>Est-ce que le séchage de la bauxite est réversible, avec la formation de la bauxite hydratée dans le four ?</i>	

Fiches 2 : Description des phénomènes par le groupe 1 dans l'étape 1

D	Phénomène, objets	Description	Liens avec les programmes
1	Mazout	Liquide noir Substance organique qui renferme le C, H, S	Système thermodynamique
2	Combustion mazout	Fumée Le mazout (C H S) $C + O_2 \rightarrow CO_2$ $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$ $S + O_2 \rightarrow SO_2$	Réaction chimique
3	Bauxite	Rouge Substance minérale	
4	Energie	Température élevée Elévation de la température	
5	Vaporisation	Bauxite blanche Elévation de la température → la vaporisation de l'eau issue de la bauxite $T_1 = 2150^\circ C ; T_2 = 800^\circ C$	Changement d'état
6	Condensation	Abaissement de la température dans le four → la condensation de la vapeur d'eau $800^\circ C \rightarrow 70^\circ C$ variation de la pression $-4mmHg \rightarrow -10mmHg$	Changement d'état Passage de l'eau de la vapeur d'eau à l'eau liquide $\Delta H = T dp/dt \Delta V$
7	Dégagement gazeux à la cheminée	Fumée	Etat gaz Nature combustible
8	Chambre de combustion	C'est pour la combustion	Système thermodynamique
9	Chambre de transfert		Système adiabatique
10	Ventilateur		Source d'énergie

GROUPE 2

Fiches 1 : Questions du groupe 2 dans l'étape 1 (observation à l'usine)

<i>Q</i>	<i>QUESTIONS</i>	<i>Liens avec les programmes</i>
1-	<i>Pourquoi apparaît-il une couleur jaune lorsque le mazout en brûle ?</i>	<i>Phénomènes thermodynamiques</i>
2-	<i>Quel est le rôle du ventilateur de tirage ?</i>	
3-	<i>Quel est l'impact du changement de type de brûleur sur les échanges thermiques ?</i>	$Q = mcT$
4-	<i>Que signifie joint à écaille ?</i>	
5-	<i>La chambre de combustion a-t-elle le même revêtement que le four ? car avec cette température, elle serait liée à d'autres phénomènes</i>	
6-	<i>Pourquoi dans le four la température et la pression décroissent ?</i>	<i>Relation des gaz parfaits $PV = nRT$</i>
7-	<i>Est-ce que la bauxite subit une transformation thermodynamique ?</i>	<i>Phénomènes physiques et phénomènes chimiques</i>
8-	<i>Quel rôle jouent l'air, l'eau, dans le four ?</i>	
9-	<i>Est-ce qu'on peut changer le mazout pour éviter le préchauffage ?</i>	
10-	<i>Est-ce qu'on peut changer le mazout par un autre combustible et avoir le même rendement ?</i>	
11	<i>Quand on met le mazout dans le brûleur est ce que la combustion est complète ou incomplète ?</i>	<i>Réaction chimique</i>
12	<i>Le changement de couleur de la bauxite dépend de quoi ?</i>	
13	<i>Pourquoi envoyer la vapeur d'eau dans la chambre de transfert</i>	
14	<i>Dans le four est ce qu'on passe d'un corps chaud à un corps froid ?</i>	<i>Deuxième principe de la thermodynamique</i>
15	<i>Quelle est la variation de l'entropie dans le four ?</i>	<i>Deuxième principe de la thermodynamique</i>

16	<i>Quelle est la relation entre chambre de combustion et mazout ?</i>	
17	<i>Est-ce qu'on peut changer la chambre de combustion avec la chaleur de combustion ?</i>	
18	<i>Est-ce qu'on peut changer le type de brûleur ? Quel est l'impact de ce changement sur la combustion ?</i>	
19	<i>Pourquoi le préchauffage du mazout avant la combustion ?</i>	$C + O_2 \rightarrow CO_2 + Q_{CO_2}$ $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O + Q_{H_2O}$
20	<i>Pourquoi le CO₂ ne se dégage pas après sa formation dans la chambre de combustion ?</i>	$C + O_2 \rightarrow CO_2$
21	<i>Quelles sont les transformations thermodynamiques dans le four et quelles sont les valeurs de ΔU ΔH et ΔG ?</i>	Premier principe Fonctions thermodynamiques
22	<i>Est-ce qu'on peut remplacer les brûleurs comme on utilise les allumettes à la place des briquets ?</i>	

Fiches 2 : Description des phénomènes par le groupe 2 dans l'étape 1

<i>D</i>	<i>Phénomènes objets</i>	<i>DESCRIPTION</i>	<i>Liens avec les programmes</i>
1	Mazout	Liquide noir Corps homogène, carburant, état liquide, brûle en dégageant une grande quantité de chaleur	Système thermodynamique à un constituant
2	Bauxite hydratée	Minerai complexe, couleur rougeâtre, matière première	Système thermodynamique à plusieurs constituants
3	Acide sulfurique	Corrosion $S + O_2 \rightarrow SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4$	
4	Echauffement	Brûlant La température augmente, donc la variation de cette température nous permet de changer les propriétés des substances	Premier principe de la thermodynamique
5	Séchage bauxite	La bauxite rouge devient blanche	
6	Vapeur d'eau	Assimilable à un gaz parfait	
7	Condensation dans le four	Abaissement de température équilibre chimique	Premier principe de la thermodynamique
8	Dépression	Baisse de température liée à la perte d'énergie car la bauxite a absorbé la chaleur	Deuxième principe de la thermodynamique
9	Fumée noire	Gaz carbonique Vapeur d'eau	Réaction de combustion
10	Gaz chauds	La combustion du mazout est une réaction exothermique	Energie thermique Chaleur de combustion premier principe

GROUPE 3

Fiches 1 du groupe 3 dans l'étape 1 (observation à l'usine)

Q	QUESTIONS	LIENS AVEC LES PROGRAMMES
1	<i>Qu'est-ce qui est à la base de la variation de la pression dans le four ?</i>	<i>Relation de Clapeyron</i> $PV = nRT$
2	<i>Est-ce que l'énergie interne du four varie ?</i>	<i>Premier principe de la thermodynamique</i> $\Delta U = Q - P\Delta V$
3	<i>Est-ce qu'il y a conservation d'énergie dans le four en vertu du premier principe de la thermodynamique</i>	<i>Premier principe de la thermodynamique</i>
4	<i>Est-ce qu'il y a présence de variation de l'entropie dans le four ?</i>	<i>Deuxième principe de la thermodynamique</i> $\Delta S = Q/T$
5	<i>Le four est-il un système ouvert, fermé ou isolé ?</i>	<i>Système thermodynamique</i>
6	<i>La combustion du mazout est-elle lente ou vive ?</i>	<i>Effet thermique de réaction</i>
7	<i>Existe-t-il un autre combustible qui peut jouer le même rôle que le mazout avec moins de chaleur pour le même rendement ?</i>	
8-	<i>Comment mesure-t-on les chaleurs de combustion et de formation des corps dans le four ?</i>	<i>Loi de Hess</i> $C + O_2 \rightarrow CO_2 + \Delta H_f$ $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O + \Delta H_f$
9	<i>Est-ce que le réchauffage augmente la température de combustion du mazout ?</i>	
10	<i>qu'est-ce qui est à la base de variation de la pression dans le four? $-4\text{mmHg} \rightarrow 10\text{mmHg}$</i>	
11-	<i>Quels sont les réactifs qui sont à la base de la corrosion dans le four ?</i>	
12	<i>Quel est le rôle de la chambre de combustion dans le chauffage ?</i>	
13	<i>Est-ce que la température de la chambre de combustion influence l'effet thermique de la réaction</i>	<i>Loi de Kirchhoff</i> <i>Deuxième principe</i>
14	<i>Par quel moyen, on peut mesurer l'effet thermique à partir de la chambre de combustion ?</i>	
15	<i>Est-ce que l'enthalpie et l'énergie de Gibbs sont les mêmes dans la chambre combustion et dans la chambre de transfert ?</i>	$G = H - TS$ $F = U - TS$

Fiches 2 : Description des phénomènes par le groupe 3 dans l'étape 1

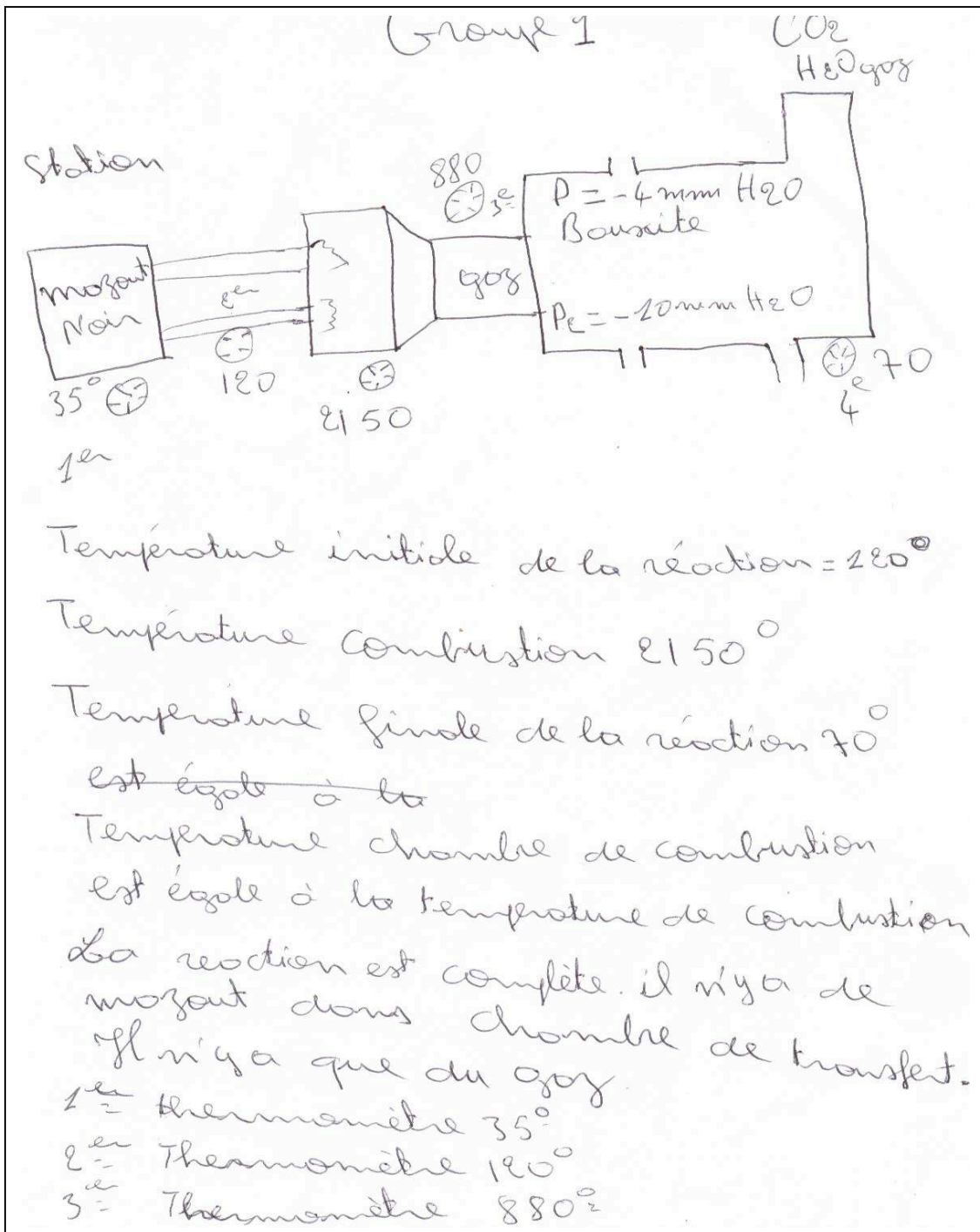
<i>D</i>	<i>Phénomènes, objets, paramètres</i>	<i>Description</i>	<i>Lien avec le programme</i>
1	<i>Température</i> <i>Pression</i>	<i>Etat du système</i>	<i>Equation des gaz parfaits</i> $PV = nRT$
2	<i>Combustion du mazout</i>	<i>fumée</i> <i>Transformation chimique</i>	<i>Chaleur de combustion</i>
3	<i>Entropie</i> <i>Energie</i> <i>Entropie</i>		<i>Premier et deuxième principe de la thermodynamique</i>
4	<i>Fumée</i>	<i>Gaz</i>	<i>Etat de la matière</i>
5	<i>Bauxite hydratée</i>	<i>Rouge</i> <i>Mélanges de plusieurs corps</i>	<i>Mélange homogène</i>
6	<i>Mazout</i>	<i>Couleur noire</i> <i>Liquide combustible</i>	
7	<i>Air</i>	<i>Mélange de gaz</i>	
8	<i>Eau</i> <i>Oxygène</i> <i>Carbone</i> <i>Hydrogène</i>	<i>Corps purs</i>	<i>Etats de la matière</i>
9	<i>Séchage</i>	<i>Evaporation de l'eau</i>	
10	<i>Rosée</i>	<i>Condensation de l'eau</i>	
11	<i>La poussière</i>		<i>Etat gaz</i>
12	<i>La chaleur</i> <i>Le travail</i>		<i>Premier principe de la thermodynamique</i>

B – Productions des étudiants dans l'étape 2

Reformulations du groupe 1

F	Reformulations par les étudiants
1	<p><i>Le mazout, liquide noir est un combustible organique qui contient le C, H, S sa combustion donne</i></p> $C + O_2 \rightarrow CO_2$ $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ $S + O_2 \rightarrow SO_2$
2	<i>Le mazout en combustion est une réaction chimique qui donne une température de combustion élevée à 2150 °C dans la chambre de combustion</i>
3	<i>La combustion du mazout est une source d'énergie pour le chauffage du four</i>
4	<i>Le préchauffage du mazout à la température de 120°C c'est pour préparer la combustion du mazout dans la chambre de combustion</i>
5	<i>La bauxite hydratée est une substance minérale de couleur rouge qui contient l'aluminium</i>
6	<i>Le séchage de la bauxite hydratée est une transformation physique pour l'obtention de la bauxite blanche</i>
7	<i>La transformation de la bauxite hydratée en bauxite blanche est fonction de la température</i>
8	<i>On refroidit le four après séchage de 800°C à 70°C. Suivant le premier principe, on ne peut pas dans ce cas passer des petites aux grandes températures.</i>
9	<i>La fumée qui se dégage à la cheminée peut être noire ou blanche, ce sont les produits de la combustion qui se déroule dans la chambre de combustion</i>
10	<i>Les brûleurs introduisent l'air et le mazout dans la chambre de combustion, ils ne participent pas à la réaction de combustion</i>
11	<i>Le premier thermomètre indique 35°C, c'est la température initiale du mazout, mais la température initiale de la réaction c'est 120°C dans la chambre de combustion et la température finale c'est 70 °C la température de la fumée les produits de la réaction.</i>
12	<i>La chambre de combustion, c'est comme dans le calorimètre, c'est pour faire la combustion du mazout, c'est un système isolé.</i>

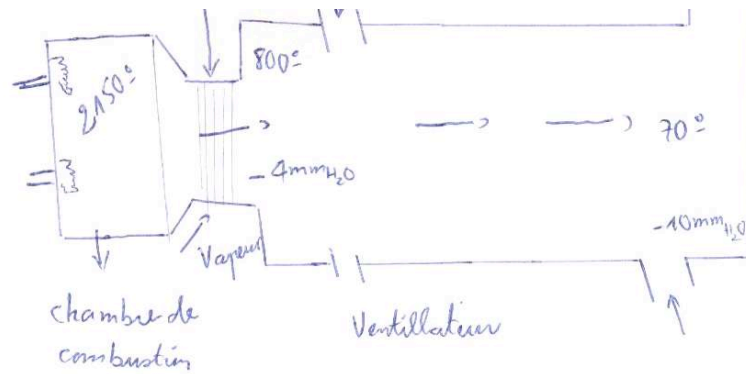
Schéma 6 : schéma d'ensemble par les étudiants du groupe 1



Reformulations du groupe 2

F	Reformulations par les étudiants
1	<i>Le mazout liquide est un corps homogène de couleur noire, c'est un combustible organique parce que sa combustion donne H₂O et CO₂</i>
2	<i>La chaleur produite 32251450 Kcal au cours de la combustion du mazout est liée à la température de la chambre de combustion.</i>
3	<i>Le mazout brûlant provoque un échauffement du four, son énergie interne varie $\Delta U = C_v (T_2 - T_1)$ $T_2 - T_1 = 21150 - 35$</i>
4	<i>La combustion du mazout est une réaction complète, car après il ne reste plus de mazout dans la chambre de combustion.</i>
5	<i>L'échauffement est un échange thermique entre la chambre de combustion corps chaud et le four corps froid.</i>
6	<i>Les brûleurs provoquent la combustion dans la chambre de combustion, le mazout liquide devient la fumée</i>
7	<i>Un brûleur, c'est comme un catalyseur, mais lui il ne participe pas à la réaction de combustion</i>
8	<i>Le réchauffage augmente la chaleur dans la chambre de combustion, mais ne change pas la chaleur de combustion du mazout 32251450Kcal c'est ΔH de la combustion du mazout.</i>
9	<i>La chaleur produite par la combustion du mazout est utilisée pour le séchage de la bauxite hydratée</i>
10	<i>Le changement de couleur de la bauxite est un changement de propriétés. La bauxite ne contient plus l'eau</i>
11	<i>La bauxite est un minerai complexe, l'évaporation de l'eau change le nombre de constituants dans la bauxite</i>
12	<i>L'abaissement de la température dans le four provoque la condensation de la vapeur d'eau qui devient liquide : H₂O (v) -> H₂O (l)</i>
13	<i>Le volume des gaz de combustion est égal au volume de la chambre de combustion suivant la relation des gaz parfait $PV = n RT$</i>

Schéma 7 : schéma d'ensemble par les étudiants du groupe 2



Présentation du groupe II

- 1)- Younousse Sylla
- 2)- Maurice Mousaouane
- 3)- Ramatoulaye Karim
- 4)- Mamadou Moussa Diello
- 5)- Amadou Salia Sow
- 6)- Koullako

Reformulations du groupe 3

F	Reformulation par les étudiants
1	<i>Le four est un système thermodynamique. Il y a conservation de l'énergie. C'est la chaleur produite par la combustion du mazout qui est absorbée par la bauxite.</i>
2	<i>Le four est un système thermodynamique fermé, mais on peut l'ouvrir pour la sortie et la rentrée de la bauxite.</i>
3	<i>Lorsque la chaleur passe de la chambre de combustion au four, c'est comme entre corps chaud et corps froid. L'entropie de la combustion du mazout varie dans ce cas suivant le deuxième principe, elle augmente parce que la chaleur augmente $T\Delta S = \delta Q$</i>
4	<i>Dans la chambre de transfert, la température ne change pas, l'entropie ne change pas non plus c'est adiabatique ; $S_2 - S_1 = 0$ $\delta Q = 0$</i>
5	<i>La déshydratation de la bauxite est une réaction chimique $Al_2O_3 \cdot (H_2O) \rightarrow Al_2O_3 + H_2O$</i>
6	<i>La formation de l'eau dans le four peut donner la bauxite hydratée $Al_2O_3 \cdot (H_2O) \rightarrow Al_2O_3 \cdot (H_2O)$ Il y a équilibre chimique dans le four</i>
7	<i>La bauxite hydratée est un mélange homogène rouge de plusieurs corps, après séchage, elle devient blanche.</i>
8	<i>Lorsqu'on change le mazout dans la chambre de combustion, la quantité de chaleur change, parce que les combustibles n'ont pas les mêmes chaleur de combustion.</i>
9	<i>Les brûleurs et le réchauffage ne changent pas la chaleur de combustion c'est la quantité de mazout introduite dans la chambre de combustion qui change $C + O_2 \rightarrow CO_2$; $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$</i>
10	<i>La combustion du mazout se passe dans la chambre de combustion Température initiale 120°C température finale 21150°C On ne peut pas calculer ΔH, ΔU, ΔG par ce qu'on ne connaît pas C_p et C_v</i>
11	<i>On n'a pas besoin de réchauffage pour la combustion du mazout, c'est comme le pétrole qui brûle dans la lampe.</i>
12	<i>Le réchauffage au début de 35°C à 120°C, c'est pour que le mazout coule dans les tuyaux jusque dans la chambre de combustion Il n'y a pas de réaction dans les tuyaux, la réaction se passe dans la chambre de combustion.</i>
13	<i>Le four est chauffé avec les chaleurs de combustion et refroidi avec de l'eau, il y a échange thermique.</i>

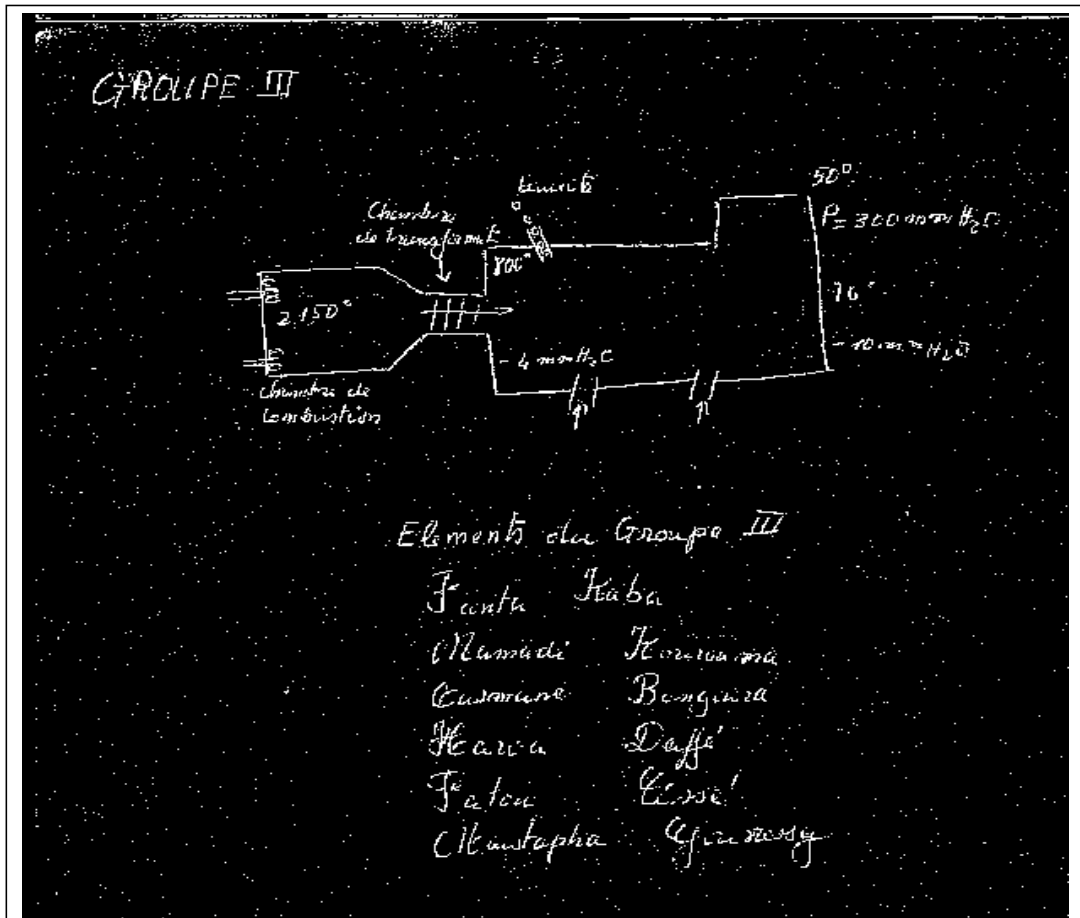


Schéma 8 : schéma d'ensemble par les étudiants du groupe 3

C - PROBLEMES CONTEXTUALISES

C - 1 Les énoncés

Enoncé problème 1

Les chambres de transfert des fours de séchage sont petites par rapport au volume de gaz à véhiculer d'où surchauffage et surpression de la chambre de transfert.

Faites des suggestions ou des propositions de solutions pour ce problème à travers le cours de thermodynamique chimique que vous avez suivi à l'université.

Enoncé problème 2

Pour éviter le surchauffage des fours de séchage, l'expert explique qu'ils ont trouvé comme solution la dilution des gaz chauds avec de l'air humide. Mais la dilution provoque la condensation de l'eau évaporée de la bauxite et il se forme de la rosée à l'intérieur du four. En présence de l'anhydride sulfurique provenant de la combustion du fuel, l'acide sulfurique se forme et attaque les parois du four entraînant leur corrosion.

A partir des cours de thermodynamique chimique que vous avez suivis, faites des propositions ou des suggestions à l'expert.

C - 2 - Les propositions des étudiants

Propositions du groupe 1 pour le problème 1

1- L'augmentation du volume entraîne une diminution de la pression et par suite une diminution de la température

$$PV = nRT \Rightarrow P = nRT / V$$

V_1 = volume initial de la chambre de transfert

V_2 = volume final de la chambre

$\Delta V = V_2 - V_1$ augmentation du volume de la chambre de transfert

$$\text{On a } V_2 = V_1 + V$$

P_1 = pression initiale des gaz s la chambre des transferts

P_2 = pression finale des gaz dans la chambre des transferts $P_2 < P_1$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = (P_2 - P_1)(V_2 - V_1) / nR$$

$$T_2 = (P_2 - P_1)(V_2 - V_1) / nR + T_1$$

Mais P_1 est supérieur à P_2 on a $P_2 - P_1 < 0$

$$\text{Donc } T_2 = T_1 - (P_1 - P_2)(V_2 - V_1) / nR$$

On assiste ainsi à une diminution de la température dans la chambre de transfert par suite de l'augmentation de son volume

Comme le volume $V = L \times l$

L = longueur de la chambre

l = largeur du four

On doit donc augmenter la longueur et la largeur du four

La quantité d'énergie transférée de la chambre de transfert au four de séchage augmente avec l'augmentation du volume de la chambre de transfert pour la même température à la sortie de la chambre de transfert.

Le processus de transfert de chaleur de la chambre de transfert au four est un processus isotherme, la température reste constante

$$\Delta Q = \Delta m C T$$

$$\Delta m = d (V_2 - V_1)$$

C = chaleur massique des gaz

m = masse des gaz chauds dans la chambre de transfert

d = densité des gaz est une constante

V_1 = volume initial de la chambre de transfert

V_2 = volume final de la chambre de transfert

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = d (V_2 - V_1) C T$$

$T = \text{constante} \Rightarrow Q_2 - Q_1 > 0 \Rightarrow Q_1 < Q_2$ augmentation de l'énergie transférée

$$Q_2 = Q_1 + C d (V_2 - V_1) (T_1 - T_2)$$

2- Changement du combustible

Selon la loi de Kirchhoff, l'effet thermique

C_p est la capacité calorifique du combustible,

Pour une même température finale, on peut chercher un autre combustible dont l'effet thermique de la réaction de combustion est faible.

Propositions du groupe 1 pour le problème 2

On peut utiliser une base pour neutraliser l'acide sulfurique formé

On peut aussi changer de combustible. Trouver un autre combustible qui ne contient pas de soufre pour éviter la formation de l'acide sulfurique.

Propositions du groupe 2 pour le problème 1

1- Il faut augmenter (agrandir) la chambre de transfert :

En augmentant la chambre de transfert, on augmente le volume des gaz

Ce qui diminue la quantité de chaleur,

2- Diminution de la quantité de mazout pour qu'on ait une température moyenne au niveau de la chambre de combustion

3- Abaissement de la pression au niveau de la chambre de transfert en augmentant le volume de la chambre

4- On peut mettre le système en contact avec l'extérieur pour réduire la température

Propositions du groupe 2 pour le problème 2

1- Notre première solution est de chercher un autre diluant différent de l'eau pour éviter la formation de l'acide sulfurique

2 - Notre deuxième solution est de changer les parois du four par des corps qui ne réagissent pas avec l'acide sulfurique

Propositions du groupe 3 pour le problème 1

1- Pour éviter les surpressions et le sur-chauffage de la chambre de transfert, on doit changer le mazout pour le remplacer par un autre combustible qui brûle à une faible température (moins de chaleur) et qui peut sécher la bauxite avec un grand rendement

2- Il faut augmenter le volume de la chambre de transfert, pour avoir une faible température dans le four, l'énergie ne change pas.