



Licence Sciences et Techniques (LST)
**TECHNIQUES D'ANALYSE CHIMIQUE ET CONTROLE
DE QUALITE**

TACCQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

Détermination des tunnels d'incertitudes des balances de laboratoire

Présenté par :

◆ **EL MLOUKHI Nabil**

Encadré par :

- ◆ **Mr BABY Jaafar**
- ◆ **Pr ZEROUALE Abdelaziz**

Soutenu Le 15 Juin 2011 devant le jury composé de:

- **Pr ZEROUALE Abdelaziz**
- **Pr BALI Hamza**
- **Pr HAZM Jamal Edine**

Stage effectué à La FARGE CIMENT de MEKNES

Année Universitaire 2010 / 2011

SOMMAIRE

Introduction 1

Première partie :

↗ LAFARGE – Ciments de Meknès.

I- Présentation du Groupe LAFARGE	3
II- LAFARGE Maroc.....	3
III- Présentation de LAFARGE Meknès.....	4
IV- Présentation des services de LAFARGE Usine de MEKNES... ..	5

Deuxième partie :

↗ Processus de Fabrication du Ciment

I- Généralités sur le Ciment	9
II- Processus de Production	9
1- Carrière – Concassage des matières premières	9
2- échantillonnage - Pré homogénéisation	11
3- Broyage Cru.....	12
4- Homogénéisation.....	12
5- Cuisson	13
6- Broyage Clinker.....	14
7- Stockage du Ciment et ensachage	15

Troisième partie :

I. TUNNELS D'INCERTITUDE.....	18
1. Classe de précision d'une balance	18
2. Erreurs Maximales Tolérées	19

3. Détermination de la classe des poids à utiliser pour l'essai de justesse dans la procédure d'étalonnage.	22
II. PROCEDURE D'ETALONNAGE	24
CONCLUSION	30

INTRODUCTION

Lafarge Maroc, entreprise leader des matériaux de construction, s'organise autour d'une vision partagée par l'ensemble des collaborateurs sur une ambition commune avec la volonté d'atteindre l'excellence.

En ce sens, le groupe LAFARGE Maroc en général et l'usine de Meknès en particulier s'engage à être l'entreprise la plus performante, la plus engagée pour assurer la sécurité des personnes, le respect de l'environnement et surtout la plus appréciée des clients par la qualité de ses produits et de ses services.

Ce stage a pour but de développer mes connaissances acquises durant le cycle de formation au niveau de la F.S.T Fès ainsi de se confronter directement avec le milieu du travail afin de me familiariser avec la spécialité que j'ai choisie.

Dans ce rapport on présente en premier lieu les différentes usines de LAFARGE au Maroc en citant les étapes de la production et en expliquant le processus étape par étape.

Ensuite on expose les différents aspects du travail durant la période de stage et enfin en conclusion on résume ce rapport de stage.

Premiere Partie

LAFARGE-Ciments de MEKNES

I- Présentation du groupe LAFARGE

Fondé en 1833, Lafarge est aujourd'hui le leader mondial des matériaux de construction. Présent dans 75 pays, il est N°1 mondial du Ciment et de la Toiture, N°2 mondial des Granulats & Béton et N°3 mondial du Plâtre. Lafarge représente un exemple caractéristique de la mondialisation : 40% de son chiffre d'affaire est réalisé en Europe, un tiers en Amérique du Nord et de plus en plus en Asie. C'est dans les années 1990 que Lafarge se diversifie et effectue une série d'acquisitions dans trois directions différentes : l'absorption d'acteurs régionaux, l'acquisition d'un nouveau métier et une acquisition majeure dans le métier de base.

Ainsi en 1998, Lafarge a racheté le britannique Redland pour 3300 millions d'euros. Il s'agit là d'une dynamique concentrique, c'est-à-dire de l'acquisition d'un métier lié au métier de base. En effet, la toiture est une activité du secteur des matériaux de construction tout comme le ciment.

Enfin, l'acquisition majeure dans le métier de base avec le rachat du britannique Blue Circle en 2001 pour 7500 millions d'euros correspond à la

volonté de prendre le leadership dans le ciment avec une production de ciment de 150 millions de tonnes.

II- LAFARGE MAROC

Historique

C'est à partir de 1912 que le ciment commençât à être utilisé au Maroc, d'abord pour certaines réparations puis pour les constructions principalement à Casablanca. La construction du port de Casablanca nécessita des quantités importantes de ciment qui était à l'époque importé.

C'est alors que fut décidée en 1913, l'implantation de la première cimenterie à Casablanca avec une capacité de production annuelle de 10 000 tonnes.

- Création d'une nouvelle usine à Agadir en 1952 avec une capacité de production de 60 000 de tonnes par an.
- Démarrage de la cimenterie de Meknès en 1953 avec un nominal de production de 150 000 de tonnes par an.

C'est ainsi, à la veille de l'indépendance que le niveau de production du ciment au Maroc approchait les 10930000 de tonnes. Alors que, de nos jours, le Maroc produit environ 10780000 de tonnes par an, assurant ainsi son autosuffisance depuis 1982.

Aujourd'hui, Lafarge Maroc occupe la place de leader sur le marché national et notons que l'activité essentielle de Lafarge est la production de ciment (85% des ventes de l'entreprise).

III- Présentation de LAFARGE MEKNES

Historique

La cimenterie de Meknès se trouve au Nord-Est de la ville à proximité immédiate de Hay Soussi et non loin de la route principale Meknès Fès, dénommé CADEM (Ciments Artificiels de Meknès), l'usine a démarré en 1953 avec une seule ligne de production à voie humide d'une capacité de 400 de tonnes par jour, depuis les événements suivants se sont succédés :

- 1971 : Extension des capacités avec l'installation d'un nouveau four de 650 t/j et augmentation de la capacité broyage ciment à 650.000 t.

- 1985 : conversion du procédé voie humide en voie sèche tout en augmentant :
La capacité de production qui atteint 1500 de tonnes par jour.
- 1989 : installation d'un broyeur à ciment BK4.
- 1990 : la capacité de production passe de 1500 à 1800 de tonnes par jour grâce à des modifications au niveau du précalcinateur et du refroidisseur.
- 1993 : Nouvelle extension avec le démarrage d'une seconde ligne de cuisson d'une capacité de 1.200 de tonnes par jour clinker.

Depuis 1997, la CADEM est devenue LAFARGE Meknès et fait partie du Groupe Lafarge. Plusieurs améliorations techniques ont été réalisées pour augmenter le niveau de production.

En Août 2002, le système de management environnemental de l'usine et après une démarche d'amélioration de ses performances environnementales il a reçu sa certification ISO 14001 par le Ministère de l'Industrie et l'Association Française de l'Assurance Qualité (AFAQ).

Dans le but d'accroître la capacité d'ensilage et pour réduire d'autant les délais d'attente avant chargement, l'usine a engagé un investissement de 40 millions de DH pour l'extension et la modernisation du stockage et d'ensilage du ciment. Cet investissement s'inscrit dans le droit fil des efforts développés par l'usine dans le cadre de la nouvelle approche client.

- 2003/04 :
 - Mise à jour de la nouvelle installation d'extension du stockage et d'ensilage du ciment. Cet aménagement a été accompagné par une démarche d'automatisation et d'un système de contrôle commande.
 - Mise à niveau d'une installation d'incinération des pneus déchiquetés au niveau BAF ligne 2.
- 2004/05 :
 - Lancement d'une nouvelle organisation Usine/Secteur.
 - Certification ISO 9001.

IV- Présentation des services de LAFARGE Usine de MEKNES

En partant de l'extraction des matières premières jusqu'à l'obtention du ciment, ce processus de fabrication nécessite l'existence de plusieurs services s'occupant chacun d'une ou plusieurs tâches :

1/ SERVICE CARRIERE

Il permet l'approvisionnement en matières premières : Calcaire, Argile de la carrière. Celles-ci sont extraites sur un site à 5km de l'usine et sont concassées par un concasseur appelé HAZMAG. Les matières sont ensuite acheminées par un transporteur de 5km appelé CURVODUC.

2/ SERVICE FABRICATION

Les ateliers composant la fabrication du ciment (concassage de la matière première, pré homogénéisation, broyage cru, cuisson, broyage cuit...) fonctionnent automatiquement, leur suivi se fait à partir d'une salle de contrôle.

3/ SERVICE ELECTRIQUE ET REGULATION

Il intervient à la demande du service Fabrication. Il s'occupe de tout ce qui est moteurs électriques, transformateurs, automates, variateurs de vitesse, régulation permettant de contrôler et d'observer les différents paramètres rentrant en jeu dans la supervision tels que la température, les pressions, les débits...

4/ SERVICE COMMERCIAL

Le rôle de ce service est de fixer les objectifs de vente de ciments sur une clientèle bien identifiée.

Le travail des personnels se base sur la réception des bons de commande et des effets de commerce, la saisie des commandes et des bons de livraison.

5/ SERVICE STOCKAGE

Ce service a pour rôle de stocker les articles et matériels reçu par la société afin de les utiliser en cas de besoin. Le rôle du magasin est de déterminer les biens physiques exercés par les magasiniers. Le magasin immobilise un capital important, il contient plus de 8000 articles soit une valeur de 8Milliards de DH. Les articles sont logés dans des casiers ou des endroits qui leur sont convenables.

6/ DIRECTION ADMINISTRATIVE

Elle s'occupe de la gestion du personnel pour répondre à un ensemble d'objectifs :

- Ajuster l'effectif des employés de façon à réaliser les objectifs fixés
- Motiver le personnel pour une organisation du travail au sein de l'entreprise.

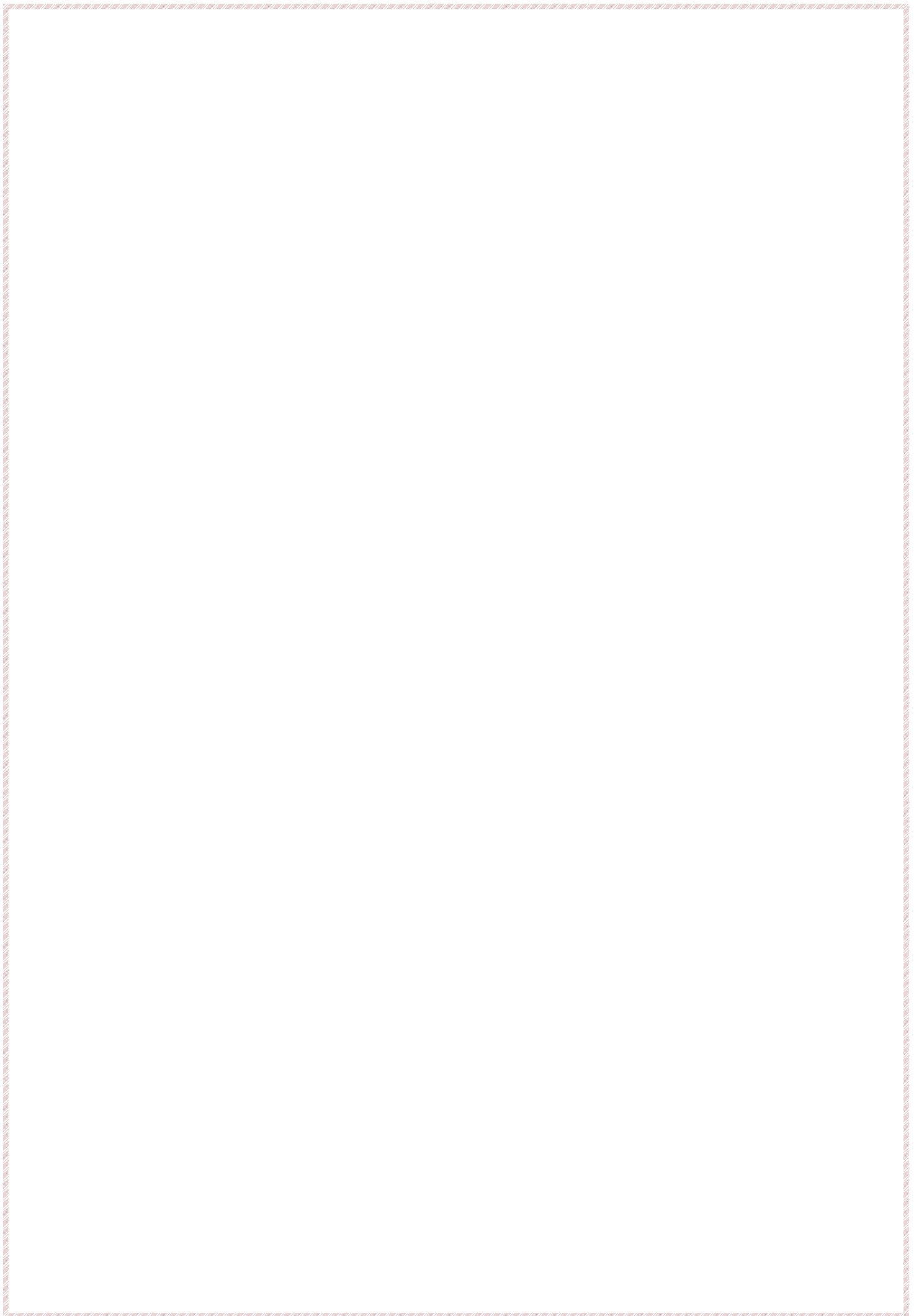
7/ SERVICE CONTROLE DE QUALITE

LAFARGE CEMENTS usine de Meknès est dotée d'un laboratoire équipé de tous les équipements nécessaires à la réalisation des contrôles depuis la réception des matières premières jusqu'à l'expédition du produit fini et ce conformément aux normes en vigueur et aux besoins de la clientèle. Le personnel de ce laboratoire ayant en charge le contrôle de la qualité, il suit des formations continues en matière de contrôle de qualité et selon un planning de formation préétabli.

Ce laboratoire est divisé en plusieurs départements, agencés de telle sorte à assurer une bonne réception, identification et conservation des échantillons ainsi que la réalisation de tous les essais.

8/ SERVICE PROCEDE

Le service procédé est un service qui s'intéresse aux différents procédés effectués au sein de l'usine. Il contrôle en collaboration avec les services de fabrication et de qualité le processus de fabrication du ciment aussi il cherche à optimiser les paramètres de réglage de différentes installations (cuisson, broyage...). En effet des audits et des tests de performance se réalisent systématiquement dans le but d'améliorer le rendement des unités de production.



Deuxième Partie :

Processus de fabrication du ciment

I. Généralités sur le ciments

Le ciment est une poudre minérale qui a la propriété de former en présence de l'eau, une pâte capable de faire prise et de durcir progressivement, même à l'abri de l'air et notamment sous l'eau. C'est un liant hydraulique.

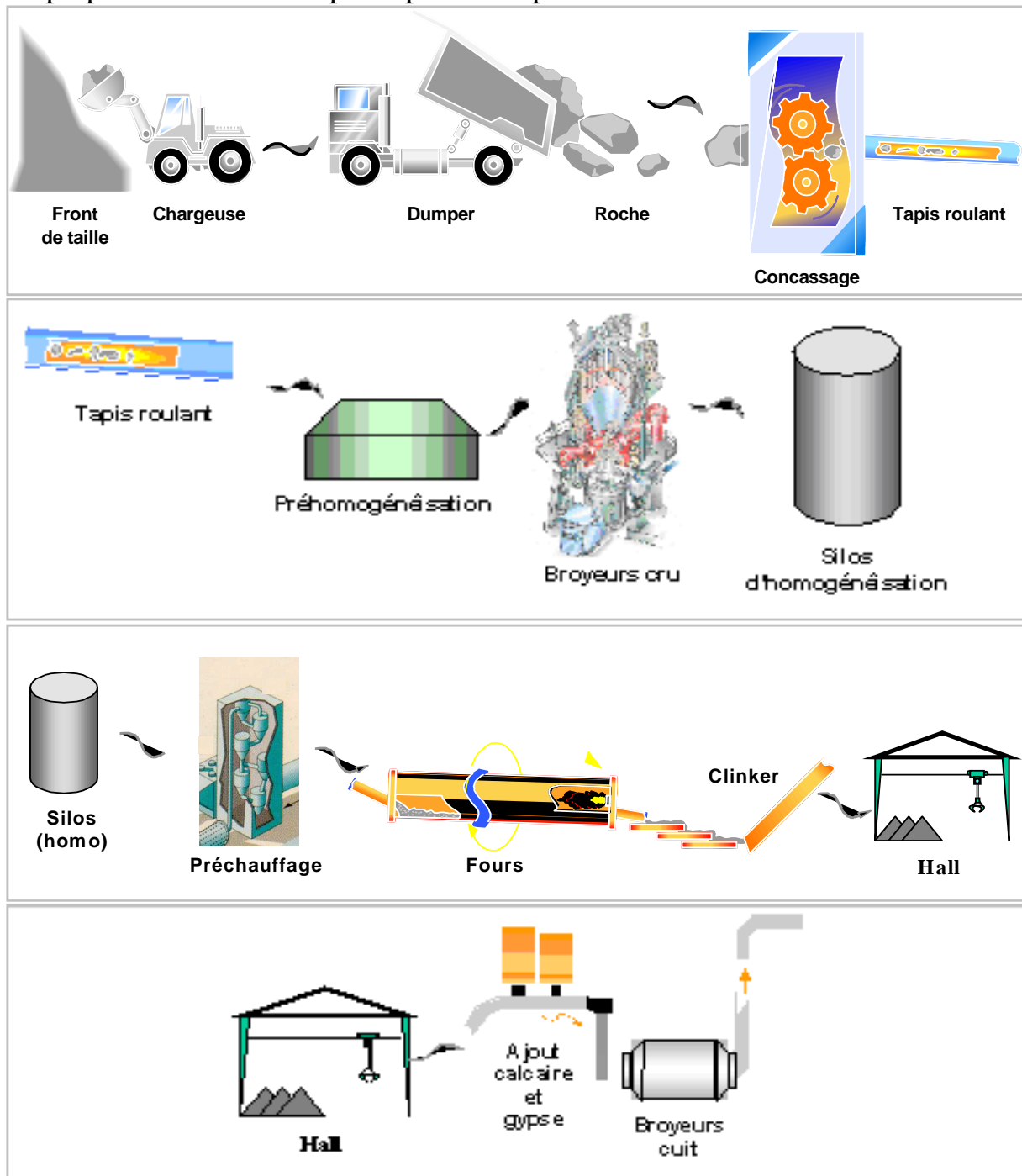
Il est réalisé à partir du clinker, du calcaire et du gypse dosés et broyés finement. Le produit cru (farine) est obtenu par un broyage fin des matières premières composées essentiellement de calcaires et d'argiles.

La cuisson se caractérise principalement par deux grandes étapes :

- la décarbonatation des calcaires
- la clinkerisation du produit

II. Processus de fabrication :

La préparation du ciment passe par les étapes suivantes :



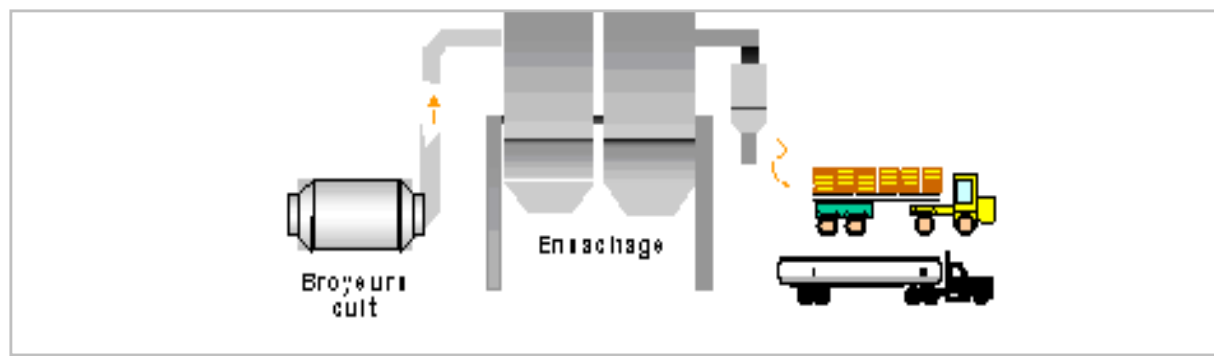


Figure 1 : Processus de fabrication du ciment

1. Carrière-concassage des matières premières



Figure 2 : Carrière CADEM de LAFARGE Meknès

Carrière CADEM

Elle est située à 1 Km de l'usine d'une superficie de 50 ha. Les réserves actuelles du calcaire sont estimées à 4 000 000 de tonnes. Cette carrière est équipée d'un concasseur à marteaux FCB assurant un débit de 500 t/h.

Carrière Zone 4

Elle est située à 5 Km de l'usine, d'une superficie de 100 ha. Son exploitation a débuté en 1978, les réserves actuelles du calcaire sont estimées à 9 000 000 de tonnes où la matière première représente une réserve de 20 ans au rythme actuel de production. L'exploitation de la carrière zone 4 se fait par abattage à explosif. Cette carrière est équipée d'un concasseur HAZMAG assurant un débit de 900 t/h. Ceci est acheminé vers l'usine par un transporteur de longueur de 5 Km (CURVODUC).

2. Échantillonnage-préhomogénéisation



Figure 3 : Hall d'homogénéisation d'une capacité de 18000 t

Echantillonnage

Un système d'échantillonnage permet, après analyse au laboratoire, d'ajuster la composition chimique de la matière envoyée dans l'un des deux halls de pré-homogénéisation polaires d'une capacité de 18 000 de tonnes chacun.

Avant de stocker la matière première, il faut vérifier que cette matière correspond aux objectifs visés, déterminant la qualité du produit fini.

L'usine de Meknès est équipée d'une tour d'échantillonnage de type ITECA à 4 étages, constituée de trois coupeurs, qui dévient une partie du flux vers le circuit de la tour, puis de deux concasseurs pour réduire la granulométrie de la matière échantillonnée. Cette tour prélève en continu un échantillon de 800g de matière prélevée à la sortie du coupeur tertiaire pour chaque lot de 1500 tonnes.

Pré-homogénéisation



Figure 4 : Hall d'homogénéisation, Vue de l'intérieur

Après l'arrivée de la matière par des tapis roulants en haut et au milieu de pré homogénéisation, la

matière est jetée dans un canal à une entrée et deux sorties jetant la matière sur des tapis roulants situés au même niveau.

3. Broyage cru

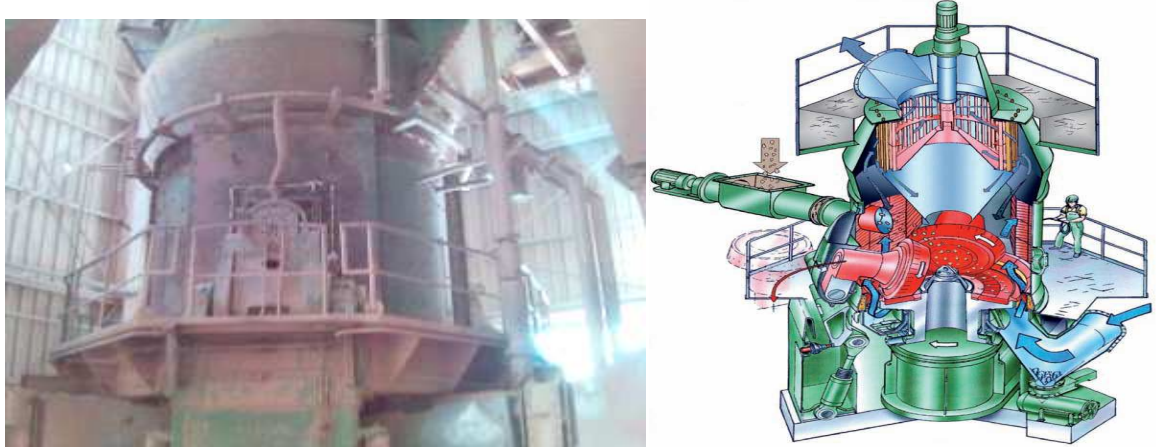


Figure 5 : Broyage Cru par des broyeurs verticaux

L'opération du broyage est assurée par des galets qui sont actionnés par des vérins hydrauliques (monté et descente). Ils viennent écraser la matière sur une piste munie d'un mouvement de rotation. Le séchage et le transport de la matière broyée se font à l'aide des gaz chauds provenant du four. La séparation des particules suffisamment broyées de celles nécessitant encore du broyage, se fait moyennant par un séparateur placé au-dessus des galets.

L'usine de Meknès dispose de deux broyeurs verticaux dont la capacité est de 120T/h et 160T /h. La puissance installée est de 1200 kW.

4. Homégenisation



Figure 6 : Silo d'homogénéisation de la farine

Après broyage, le cru est expédié à l'aide de deux élévateurs vers deux silos d'homogénéisation qui assurent à la fois le stockage et l'homogénéisation de la farine. Les silos ont des capacités de :

- Silo 1 : 7500 tonnes.
- Silo 2 : 5000 tonnes.

Cette homogénéisation permet d'alimenter les fours avec un cru de composition chimique constante dans le temps.

5. Cuisson

Tour de préchauffage



Figure 7 : Tour EVS de préchauffage

La cuisson du cru est l'opération fondamentale de la préparation du ciment. Elle est effectuée dans deux fours rotatifs munis d'un pré chauffeur à 4 étages de cyclones assurant 70% de la décarbonatation de la matière. A la sortie du silo d'homogénéisation, la farine est introduite en tête d'une tour de préchauffage dite « EVS ». Elle circule par gravité le long de cinq cyclones à contre courant des gaz d'une température de 800°C. L'évacuation de ces gaz du four est assurée par le ventilateur de tirage.

Four rotatif

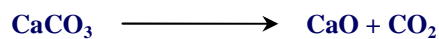


Figure 8 : Four 1 en voie sèche avec une flamme De 2000 °C

L'usine dispose de deux fours rotatifs légèrement inclinés. Le four qui était en voie humide a subi une transformation en voie sèche en 1984. Le combustible actuellement utilisé est le coke de pétrole. La température de la farine atteint les 900°C à la sortie de la tour, ce qui est une sorte de pré-calcination et une préparation à la cuisson de la farine. La température de la flamme du four est d'environ 2000°C.

Décarbonatation

Le cru étant séché, il s'échauffe sans grande réaction chimique jusqu'à une température de l'ordre de 950°C où intervient la décarbonatation de la phase calcaire :



De cette réaction endothermique résulte la formation de CaO naissante indispensable pour la formation des différentes phases du clinker.

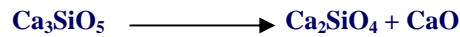
Clinkerisation

La farine arrive dans le four rotatif où s'effectue l'étape la plus importante de sa transformation. L'alimentation en farine est située à l'extrémité opposée au brûleur. La rotation et l'inclinaison du four font progresser la matière. La clinkerisation commence vers 1200°C pour culminer à 1450°C,

Refroidissement

A la sortie des fours, le clinker est trempé dans deux refroidisseurs à grilles par soufflage d'air ambiant. Le clinker se mobilise lentement le long de la grille soit par translation de celle-ci soit grâce au mouvement alternatif des plaques de

la grille. Le silicate tricalcique Ca_3SiO_5 est un composé métastable qui peut se décomposer en Ca_2SiO_4 et CaO selon la réaction :



6. Broyage – clinker

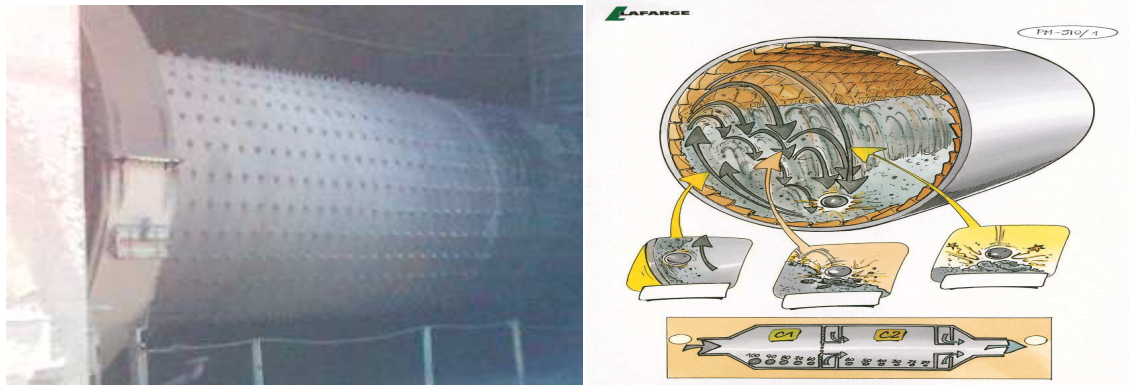


Figure 9 : Broyage Clinker par des broyeurs à boulets

Broyeurs à boulets

Une fois refroidis, le clinker est stocké dans un hall d'une capacité de 20 000 t, équipé de deux ponts roulants. Le clinker est broyé dans un broyeur à boulet avec des matières d'ajouts, qui sont le calcaire, le gypse et le pouzzolane (régulateur de prise).

Le broyeur à boulets est constitué de :

- Deux compartiments et une cloison de séparation
- Blindage (fond d'entrée, blindage 1^{er} compartiment, cloison double, blindage 2^{ème} compartiment et fond de sortie)
- Charge broyante : ce sont les boulets qui sont de diamètre de 60 à 100 mm pour le premier compartiment et de 15 à 25 mm pour le deuxième.

C'est la variation des dosages de ces divers produits qui permet de définir les différents types de ciment.

LAFARGE usine de Meknès fabrique actuellement 2 types de ciment :

* Le Ciment Portland avec ajouts CPJ 45 (81% de clinker et 19% de calcaire)

* Le Ciment Portland avec ajouts CPJ 35 (70% de clinker et 30% de calcaire)

Séparateur

Le séparateur joue un rôle important dans le fonctionnement global de broyage du ciment :

- Il augmente l'efficacité du broyeur car il optimise la récupération des fines
- Il permet la détermination de la taille maximale des grains dans le ciment et diminue le temps de rétention dans le broyeur.

On distingue deux types de séparateurs :

- séparateur statique
- séparateur dynamique : 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} génération.

7. Stockage de ciments et ensachage



Figure 10 : Stockage du ciment

Le ciment est expédié par des pompes à vis à l'aide des compresseurs d'air vers des silos de stockage du produit fini.

Lafarge dispose de 2 silos d'environ 5000 de tonnes et 4 silos de 2000 tonnes chacun.

La capacité de stockage totale est d'environ 18000 de tonnes de ciment. La livraison du ciment se fait soit en sacs soit en vrac.

Pour ceci, l'usine dispose de trois ensacheuses rotatives (Haver) dont la capacité est de 90T/h et de trois stations de chargement du vrac.



Figure 11 : Ensacheuse rotative de type Haver

Troisième Parties

Détermination des tunnels d'incertitudes des balances de laboratoire

I. Tunnel d'incertitude

- ☞ Le tunnel d'incertitude est le diagramme permettant la détermination de l'erreur maximale tolérée sur la charge à peser.
- ☞ Pour chaque balance, d'une classe d'exactitude donnée, on associe un tunnel de précision.
- ☞ Pour chaque charge reconvertie en un nombre d'échelons, on fait correspondre une EMT (erreur maximale tolérée) lue directement dans le tunnel.

1. Classe de précision d'une balance

Il existe quatre classes de précision des balances :

- ❖ Précision spéciale: **I**,
- ❖ Précision fine: **II**,
- ❖ Précision moyenne: **III**,
- ❖ Précision ordinaire: **IV**.

Classe de précision	Echelon de vérification (e)	Nombre d'échelon de vérification $n = \text{Max}/e$		Portée minimale Min (Limite inférieure)
		minimum	maximum	
Spéciale I	$0,001 \text{ g} \leq e$	50 000	-	100 e

Fine	II	0,001 g ≤ e ≤ 0,005 g 0,1 g ≤ e	100 5 000	100 000 100 000	20 e 50 e
Moyenne	III	0,1 g ≤ e ≤ 2 g 5 g ≤ e	100 500	10 000 10 000	20 e 20 e
Ordinaire	III	5 g ≤ e	100	1 000	10 e

TABLEAU 1 : Classification des instruments de pesage.

2. ETALONNAGE DES POIDS-ETALONS

Un poids étalon ou une masse étalon est caractérisé par sa valeur nominale V_n et sa classe (E1, E2, ..., M3 pour les poids étalons).

Il existe deux types des étalons :

- Les étalons de référence (poids-étalons de référence et masses-étalons de référence) servant uniquement à l'étalonnage d'autres poids-étalons ou masses-étalons, et pour lesquels le détenteur doit mettre en place des dispositions particulières de conservation et des procédures d'utilisation.
- Les étalons de travail (poids-étalons de travail et masses-étalons de travail) utilisés pour l'ajustage et la vérification d'instrument de pesage, le contrôle de poids et de masses, etc...

✚ La périodicité d'étalonnage des étalons est en général de :

- Un an pour les étalons de travail
- Deux ans pour les étalons de référence.

N.B : Les étalonnages effectués par des tiers sont formellement interdits sans avoir obtenu l'accréditation par le BNM (Bureau National de Métrologie).

Valeur nominale	EMT des poids ($\pm \delta m$ en mg)						
	Classe E ₁	Classe E ₂	Classe F ₁	Classe F ₂	Classe M ₁	Classe M ₂	Classe M ₃
50 kg	25	75	250	750	2500	7500	25000
20 kg	10	30	100	300	1000	3000	10000
10 kg	5	15	50	150	500	1500	5000
5 kg	2,5	7,5	25	75	250	750	2500
2 kg	1,0	3,0	10	30	100	300	1000
1 kg	0,5	1,5	5	15	50	150	500
500 g	0,25	0,75	2,5	7,5	25	75	250
200 g	0,10	0,30	1	3	10	30	100
100 g	0,05	0,15	0,5	1,5	5	15	50
50 g	0,030	0,10	0,3	1,0	3,0	10	30
20 g	0,025	0,080	0,25	0,80	2,5	8	25
10 g	0,020	0,060	0,20	0,60	2,0	6	20
5 g	0,015	0,050	0,15	0,50	1,5	5	15
2 g	0,012	0,040	0,12	0,40	1,2	4	12
1 g	0,010	0,030	0,10	0,30	1,0	3	10
500 mg	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8	2,5	
200 mg	0,006	0,020	0,06	0,20	0,6	2,0	
100 mg	0,005	0,015	0,05	0,15	0,5	1,5	
50 mg	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4		
20 mg	0,003	0,010	0,03	0,10	0,3		
10 mg	0,002	0,008	0,025	0,08	0,25		
5 mg	0,002	0,006	0,020	0,06	0,20		
2 mg	0,002	0,006	0,020	0,06	0,20		
1 mg	0,002	0,006	0,020	0,06	0,20		

TABLEAU 2 : Classe des poids-étalons

3. Erreurs Maximales Tolérées

Remarque : Les erreurs maximales tolérées lors des étalonnages périodiques sont **le double** des erreurs maximales tolérées à la réception de l'instrument de pesage (Vérification primitive)

$$n = \text{Max} / e$$

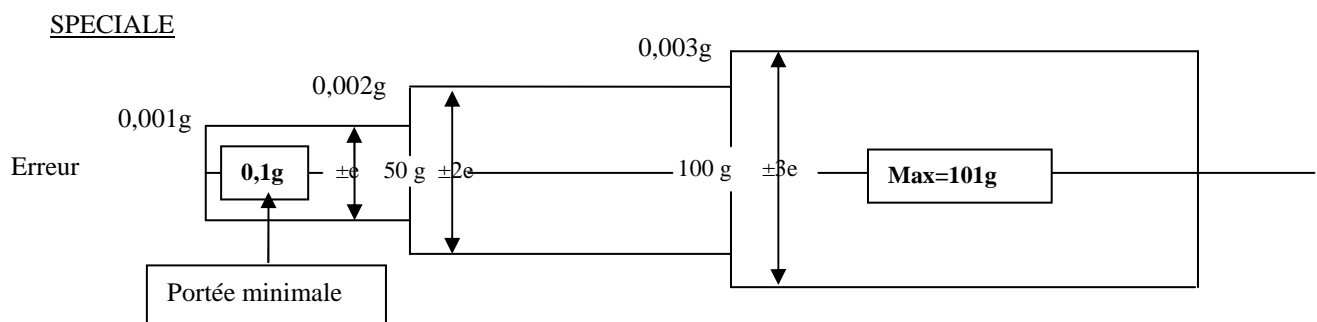
EMT de la balance	Masses exprimées en échelon de vérification e			
	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
$\pm 1 e$	$0 < m \leq 50\,000 e$	$0 < m \leq 5\,000 e$	$0 < m \leq 500 e$	$0 < m \leq 50 e$
$\pm 2 e$	$50\,000 e < m \leq 200\,000 e$	$5\,000 e < m \leq 20\,000 e$	$500 e < m \leq 2\,000 e$	$50 e < m \leq 200 e$
$\pm 3 e$	$m > 200\,000 e$	$20\,000 e < m \leq 100\,000 e$	$2\,000 e < m \leq 10\,000 e$	$200 e < m \leq 1\,000 e$

TABLEAU 3 : Erreurs Maximales Tolérées (EMT) des balances selon leurs classes.

Les erreurs maximales tolérées lors du contrôle en service de la balance sont exprimées en échelon et en fonction des portées maximales exprimées aussi en nombre d'échelons, voir la figure 1.

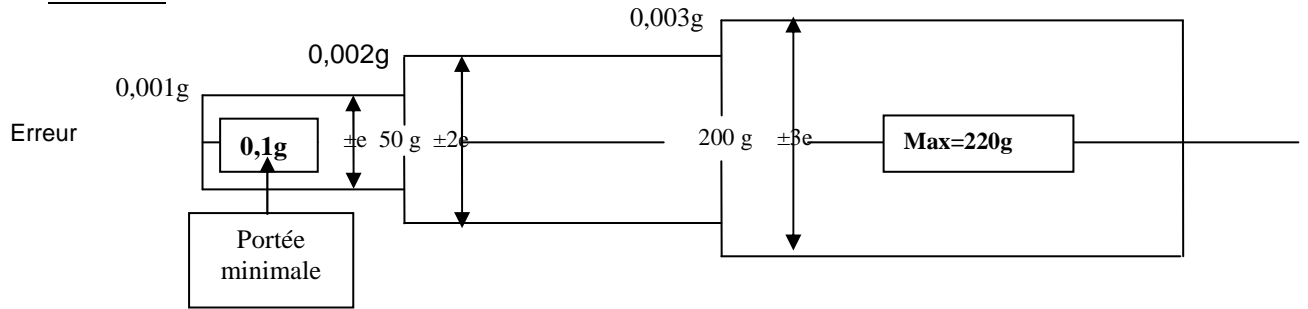
Figure 1 : Schéma des erreurs maximales tolérées

1. Balance METTLER TOLEDO AB104: $d = 0,0001g$, $e = 0,001g$



2. Balance SARTORIUS : $d = 0,0001g$, $e = 0,001g$

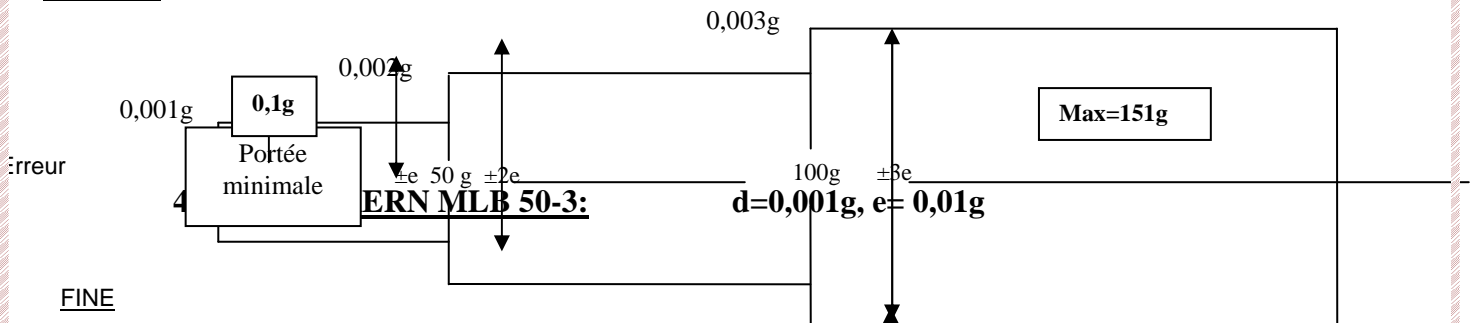
SPECIALE



3. Balance METTLER TOLEDO B154:

d=0,0001, e= 0,001g

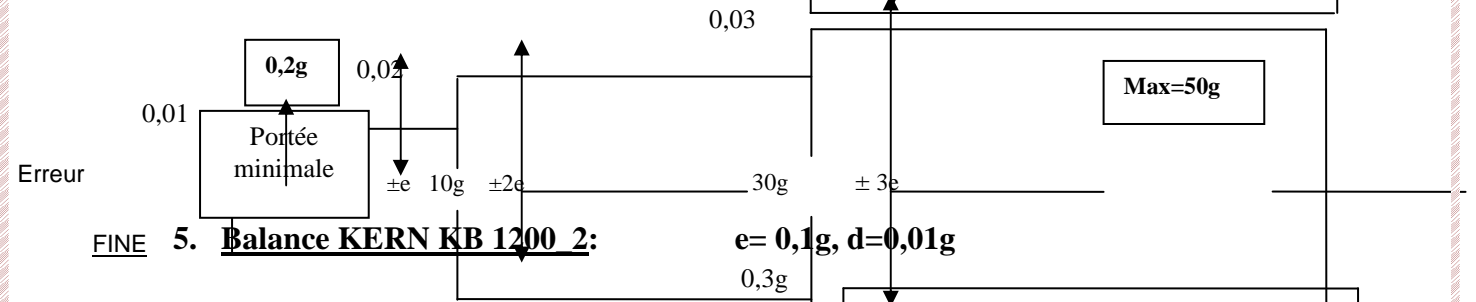
SPECIALE



4. Balance ERN MLB 50-3:

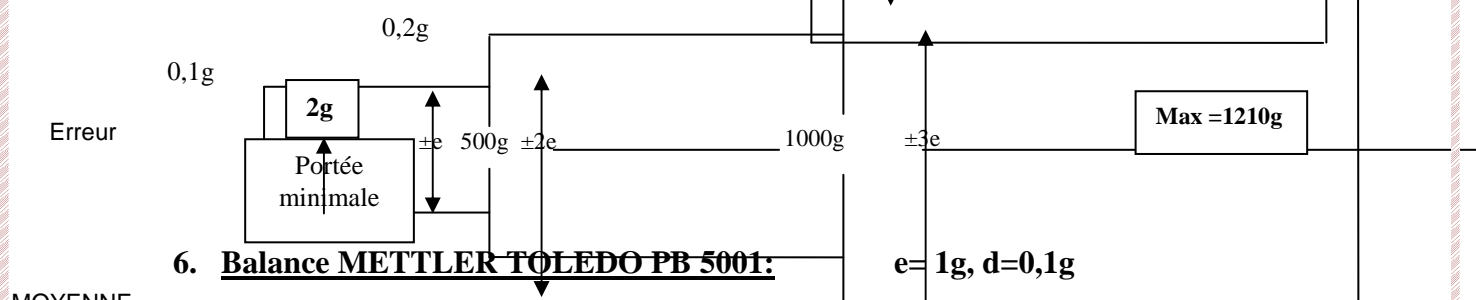
d=0,001g, e= 0,01g

FINE



5. Balance KERN KB 1200 2:

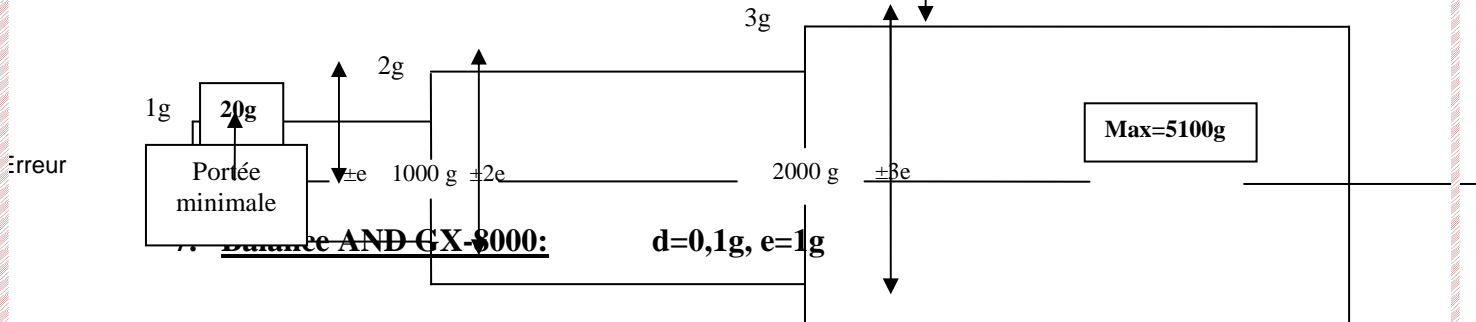
e= 0,1g, d=0,01g



6. Balance METTLER TOLEDO PB 5001:

e= 1g, d=0,1g

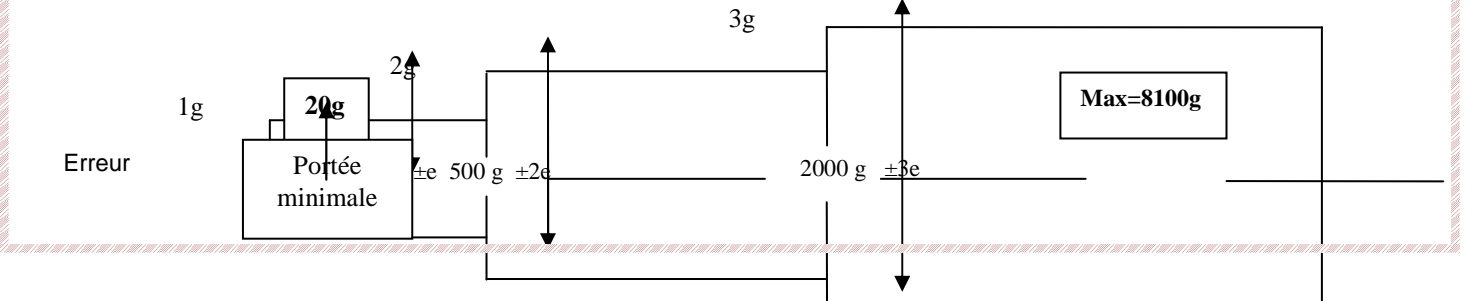
MOYENNE



7. Balance AND GX-8000:

d=0,1g, e=1g

MOYENNE



4. Détermination de la classe des « poids » à utiliser pour l'essai de justesse dans la procédure d'étalonnage.

Il faut déterminer 5 valeurs de poids réparties sur la plage de mesure. Dans le cas où il n'y a pas de plage de mesure très différente de la plage *Max-Min* on prend les poids aux extrémités de la plage, aux changements de niveau de l'EMT et si besoin une valeur centrale.

✿ L'EMT $\pm \delta m$ des poids étalons doit être prise au max à $\frac{1}{3}$ de l'EMT de la plage de contrôle.

❖ Pour la balance **METTLER TOLEDO AB104** :

- Avec 2g et une EMT=0,001g il faut $\pm \delta m = 0,33$ mg. On prend la classe F₁.
- Avec 20g et une EMT = 0,001 g il faut $\pm \delta m = 0,33$ mg. On prend la classe F₁.
- Avec 50g et une EMT=0,001g et EMT=0,002g il faut $\pm \delta m = 0,33$ mg et $\pm \delta m = 0,66$ mg on prend la classe F₁.
- Avec 100g et une EMT=0,002g et une EMT=0,003g il faut $\pm \delta m = 0,66$ mg et $\pm \delta m = 1$ mg on prend la classe F₂.
- Avec 101g, on utilisera les deux points précédents de 100g et 50g.

❖ Pour la balance **SARTORIUS** :

- Avec 20g et une EMT = 0,001 g il faut $\pm \delta m = 0,33$ mg. On prend la classe F₁.
- Avec 50g et une EMT=0,001g et EMT=0,002g il faut $\pm \delta m = 0,33$ mg et $\pm \delta m = 0,66$ mg on prend la classe F₁.
- Avec 100g et une EMT=0,002g il faut $\pm \delta m = 0,66$ mg on prend la classe F₁.
- Avec 200g et une EMT=0,002g et une EMT=0,003g il faut $\pm \delta m = 0,66$ mg et $\pm \delta m = 1$ mg on prend la classe E₂.
- Avec 210g, on utilisera les deux points précédents de 200g et 100g.

❖ Pour la balance **METTLER TOLEDO B154** :

- Avec 2g et une EMT=0,001g il faut $\pm \delta m = 0,33$ mg. On prend la classe F₁.
- Avec 20g et une EMT = 0,001g il faut $\pm \delta m = 0,33$ mg. On prend la classe F₁.
- Avec 50g et une EMT=0,001g et EMT=0,002g il faut $\pm \delta m = 0,33$ mg et $\pm \delta m = 0,66$ mg on prend la classe F₁.
- Avec 100g et une EMT=0,002g et une EMT=0,003g il faut $\pm \delta m = 0,66$ mg et $\pm \delta m = 1$ mg on prend la classe F₁.
- Avec 150g, on utilisera le point précédent de 100g.

❖ Pour la balance **KERN MLB 50-3**:

- Avec 2g et une EMT = 0,01g il faut $\pm \delta m = 3,33\text{mg}$. On prend la classe M_1 .
- Avec 5g et une EMT = 0,01g il faut $\pm \delta m = 3,33\text{mg}$. On prend la classe M_1 .
- Avec 10g et une EMT=0,01g et EMT=0,02g il faut $\pm \delta m = 3,33\text{mg}$ et $\pm \delta m = 6,66\text{mg}$ on prend la classe M_1 .
- Avec 20g et une EMT=0,02g il faut $\pm \delta m = 6,66\text{mg}$ on prend la classe M_1 .
- Avec 50g et une EMT =0,03g il faut $\pm \delta m = 10\text{mg}$ on prend la classe M_1 .

❖ Pour la balance **KERN KB 1200_2**:

- Avec 2g et une EMT = 0,1g il faut $\pm \delta m = 33,33\text{mg}$. On prend la classe M_3 .
- Avec 5g et une EMT=0,1g il faut $\pm \delta m = 33,33\text{mg}$. On prend la classe M_3 .
- Avec 500g et une EMT=0,1g et EMT=0,02g il faut $\pm \delta m = 33,33\text{mg}$ et $\pm \delta m = 66,66\text{mg}$ on prend la classe M_1 .
- Avec 1000g et une EMT=0,2mg et une EMT=0,3g il faut $\pm \delta m = 66,66\text{mg}$ et $\pm \delta m = 100\text{mg}$ on prend la classe M_1 .
- Avec 1200g, on utilisera les deux points précédents de 1000g et 500g.

❖ Pour la balance **METTLER TOLEDO PB 5001** :

- Avec 20g et une EMT = 1g il faut $\pm \delta m = 333,3\text{mg}$. On prend la classe M_3 .
- Avec 1000g et une EMT=1g et EMT=2g il faut $\pm \delta m = 333,3\text{mg}$ et $\pm \delta m = 666,6\text{mg}$ on prend la classe M_2 .
- Avec 2000g et une EMT=2g il faut $\pm \delta m = 666,6\text{mg}$ on prend la classe M_2 .
- Avec 5000g et une EMT=2g et une EMT=3g il faut $\pm \delta m = 666,6\text{mg}$ et $\pm \delta m = 1000\text{mg}$ on prend la classe M_2 .
- Avec 5100g, on utilisera les deux points précédents de 5000g et 2000g.

❖ Pour la balance **AND GX -8000** :

- Avec 20g et une EMT = 1g il faut $\pm \delta m = 0,33\text{g}$. On prend la classe M_3 .
- Avec 500g et une EMT=1g et EMT=2g il faut $\pm \delta m = 0,33\text{g}$ et $\pm \delta m = 0,66\text{g}$ on prend la classe M_3 .
- Avec 1000g et une EMT=2g il faut $\pm \delta m = 0,66\text{g}$ on prend la classe M_3 .
- Avec 2000g et une EMT=2g et une EMT=3g il faut $\pm \delta m = 0,66\text{g}$ et $\pm \delta m = 1\text{g}$ on prend la classe M_2 .
- Avec 8000g, on utilisera les deux points précédents de 2000g et 1000g.

II. PROCEDURE D'ETALONNAGE

La procédure d'étalonnage comporte les trois essais suivants :

Essai de justesse, essai de fidélité, essai d'excentricité et essai de fluage.

Essai de justesse :

En utilisant les cinq « poids » choisis précédemment, on réalise l'étalonnage avec une charge croissante puis une charge décroissante.

Essai de fidélité :

On doit effectuer l'essai à la portée maximale ou avec une charge proche de la charge d'utilisation. On dépose cette charge dix fois de manière identique pendant une courte durée. Entre chaque mesure, la balance doit revenir à zéro sinon il faut procéder à un tarage.

Essai d'excentration :

On réalise l'essai à 1/3 de la portée maximale. Le plateau de la balance est divisé en quatre zones. On relève la valeur donnée par la balance pour la charge déposée au centre du plateau et au centre des quatre zones.

1. L'étalonnage de la balance : Mettler Toledo AB104

✓ **Essai de justesse**

Valeur de références			Valeurs	Ecart (g)	Incertitude U(J) (K=2) (mg)
Nominale (g)	Conventionnelle (g)	Incertitude (Mg)	Lues (g)		
1	0,9999964	0,0142	1,0000	0,0000	0,12
10	10,000017	0,0285	10,0001	0,0001	0,12
20	19,999995	0,0358	20,0001	0,0001	0,13
50	50,000017	0,0437	49,9999	-0,0001	0,13
100	100,00054	0,0805	100,0007	0,0002	0,16

✓ **Essai de fidélité**

Valeur nominale (g)	Valeurs lues (g)					Ecart Type (g)
50	49,9999	49,9999	49,9999	49,9999	49,9999	0,0000

✓ **Essai d'excentration**

Charge d'essai	50	g
Décentrage	3	cm

Position charge	centre	1	2	3	4
-----------------	--------	---	---	---	---

Ecart par rapport au centre en (g)		0,0000	-0,0002	0,0000	0,0001
------------------------------------	--	--------	---------	--------	--------

2. L'étalonnage du balance METTLER TOLEDO B154 :

✓ Essai de justesse

Valeur de références			Valeurs	Ecart (g)	Incertitude U(J) (K=2) (mg)
Nominale (g)	Conventionnelle (g)	Incertitude (Mg)	Lues (g)		
1	0,9999964	0,0142	1,0000	0,0000	0,25
20	19,999995	0,0358	20,0002	0,0002	0,25
50	50,000017	0,0437	50,0001	0,0001	0,26
100	100,00054	0,0805	100,0006	0,0001	0,27
150	150,000557	0,0916	150,0003	-0,0003	0,28

✓ Essai de fidélité

Valeur nominale (g)	Valeurs lues (g)					Ecart Type (g)
50	50,0001	49,9999	49,9999	50,0001	50,0001	0,0001

✓ Essai d'excentration

Charge d'essai	50	g
Décentrage	3	cm

Position charge	Centre	1	2	3	4
Ecart par rapport au		0,0002	-0,0009	-0,0004	0,0007

centre en (g)					
---------------	--	--	--	--	--

3. L'étalonnage de la balance AND GX-8000:

✓ Essai de justesse

Valeur de références			Valeurs	Ecart (g)	Incertitude U(J) (K=2) (mg)
Nominale (g)	Conventionnelle (g)	Incertitude (Mg)	Lues (g)		
50	50,000017	0,0285	50,0	0,0	115,47
500	500,003006	0,0437	499,9	-0,1	115,47
2000	2000,012	0,07391	1999,7	-0,3	115,48
5000	5000,001	0,07542	5000,3	0,3	115,48
8000	8000,0168	1,1183	8001,0	1,0	115,49

✓ Essai de fidélité

Valeur nominale (g)	Valeurs lues (g)					Ecart Type (g)
50	5000,3	5000,3	5000,3	5000,3	5000,3	0,0

✓ Essai d'excentration

Charge d'essai	5000	g
Décentrage	5	cm

Position charge	Centre	1	2	3	4
Ecart par rapport au centre en (g)		0,1	0,0	0,0	0,1

4. L'étalonnage de la balance KERN KB 1200_2:

✓ **Essai de justesse**

Valeur de références			Valeurs	Ecart (g)	Incertitude U(J) (K=2) (mg)
Nominale (g)	Conventionnelle (g)	Incertitude (Mg)	Lues (g)		
10	10,000017	0,0285	10,00	0,00	11,55
50	50,000017	0,0437	49,99	-0,01	11,55
500	500,00306	0,3682	500,00	0,00	11,56
1000	1000,0038	0,7391	999,99	-0,01	11,59
1200	1200,00439	0,7542	1200,01	0,01	11,60

✓ **Essai de fidélité**

Valeur nominale (g)	Valeurs lues (g)					Ecart Type (g)
500	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	0,00

✓ **Essai d'excentration**

Charge d'essai	500	g
Décentrage	5	cm

Position charge	centre	1	2	3	4
Ecart par rapport au centre en (g)		0,03	0,02	-0,04	-0,01

5. L'étalonnage de la balance Mettler Toledo PB5001:

✓ **Essai de justesse**

Valeur de références			Valeurs	Ecart (g)	Incertitude U(J) (K=2) (mg)
Nominale (g)	Conventionnelle (g)	Incertitude (Mg)	Lues (g)		
50	50,000017	0,0285	50,00	0,0	115,47
500	500,00306	0,0437	500,0	0,0	115,47
1000	1000,0038	0,3682	1000,0	0,0	115,47
2000	2000,0012	0,7391	2000,0	0,0	115,47
5000	5000,001	0,7542	5000,0	0,0	115,47

✓ **Essai de fidélité**

Valeur nominale (g)	Valeurs lues (g)					Ecart Type (g)
5000	5000,0	5000,0	5000,0	5000,0	5000,0	0,00

✓ **Essai d'excentration**

Charge d'essai	5000	g
Décentrage	5	cm

Position charge	centre	1	2	3	4
Ecart par rapport au centre en (g)		0,0	0,0	0,0	0,0

CONCLUSION

Durant ce travail, on a déterminé les tunnels d'incertitude et les quatre classes de précision des balances du laboratoire qui sont: spéciale, fine, moyenne et ordinaire afin d'effectuer la procédure d'étalonnage des balances du laboratoire qui se base sur trois essais : essai de justesse, essai de fidélité, essai d'excentration.

L'originalité de ce stage consiste à connaître de près le laboratoire et la manière dont laquelle ses activités sont gérées

Le stage était de toute importance vu qu'il m'a permis de tisser de bonnes relations avec le personnel du service et d'entamer dans de meilleures conditions ma carrière professionnelle.