



Dossier n° : EG191M/2001
Date : 05/08/2001

KUME SEKKEI Co., Ltd.

TOKYO - JAPON

ESSAI DE CHARGEMENT DU SOL

HOPITAL DE BOULMANE - MAROC

Ing. S. SERBOUT

FLAMBAR INGENIEURS CONSEILS

GENIE CIVIL – GENIE INDUSTRIEL

BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

18, Rue EL YASMINE - BEAUSEJOUR - CASABLANCA -

Tél : 022 94 21 84 -- Fax : 022 39 54 91 - Patente : 35803320 - R.C. : 87261 - C.N.S.S. : 2624064 - I.F. : 1002940

Email : flambar@wanadoo.net.ma

S O M M A I R E

I-INTRODUCTION

II- CONTEXTE GEOTECHNIQUE

III- COUPE DE SONDAGE

IV- ESSAI DE CHARGEMENT

IV-1/ Exécution de l'essai

IV-2/ Procédé opératoire

IV-3/ Interprétation

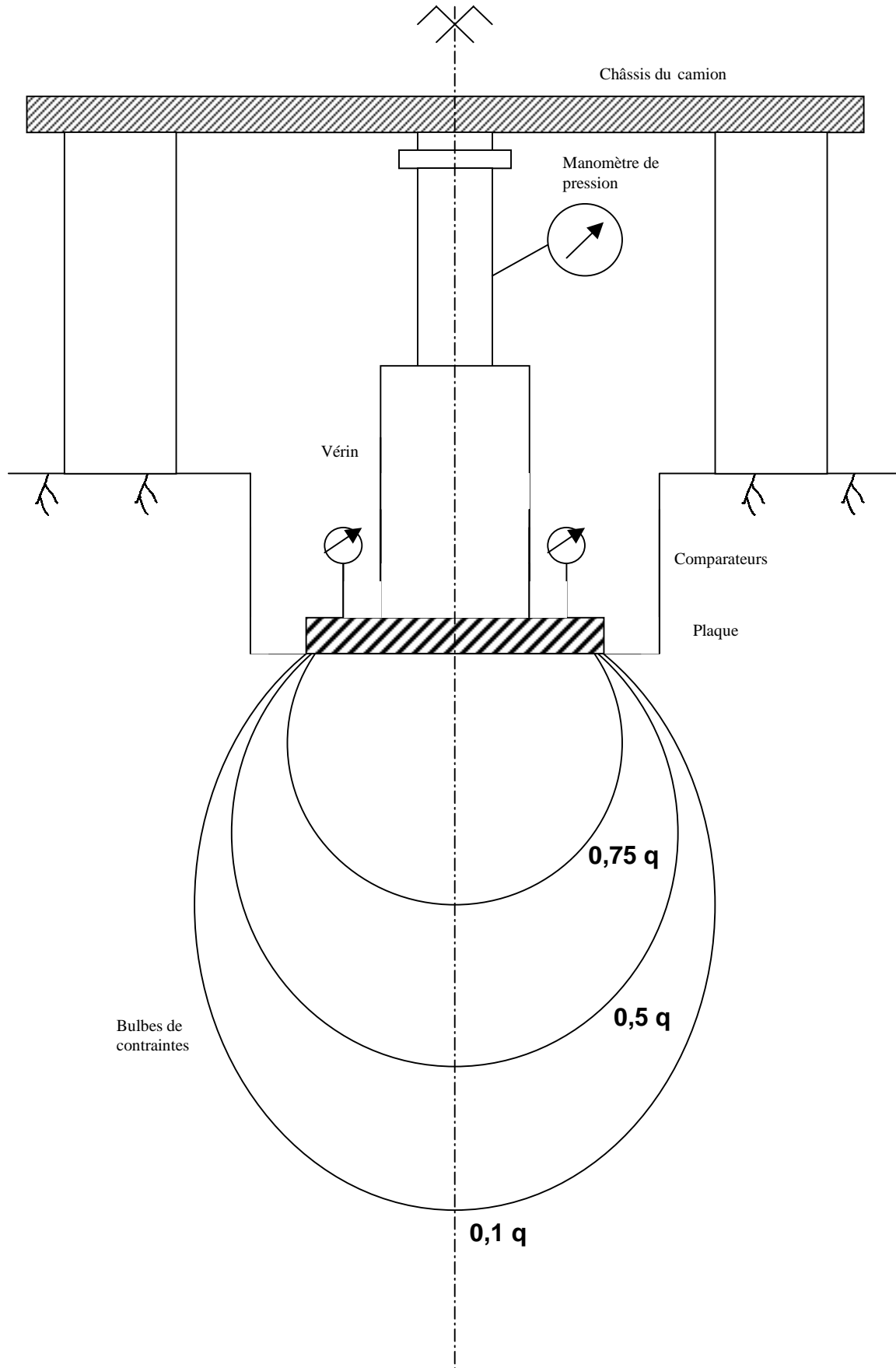
IV-3-a/ Diagramme effort-déformation

IV-3-b/ Evaluation de la portance

V- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

VI- ANNEXE : Avant Projet de Fondation

Principe de l'essai de chargement à la plaque



I- INTRODUCTION

Les 17 et 18 Juillet 2001, une équipe d'Ingénieurs et Techniciens de la société FLAMBAR INGENIEURS CONSEILS, Société d'Ingénierie Géotechnique d'Etudes et d'Expertises des Constructions, s'est rendue sur le site d'extension de l'hôpital BOULMANE dans la région de Meknès, au Centre Nord du Maroc.

L'objet de cette visite est la réalisation de l'essai de chargement à la plaque du sol.

Conformément au schéma communiqué par Mr. TSUCHIYA , nous avons procédé à l'implantation de l'essai de plaque. De même, nous avons réalisé un sondage destructif de 2m de profondeur en vue de relever la coupe des sols en présence et les identifier visuellement.

Nous avons également procédé, à l'inspection de quelques bâtiments existants du point de vue de leur état, leur structure portante, ainsi que leur environnement géotechnique.

II- CONTEXTE GEOTECHNIQUE

Le site prospecté se trouve en pied d'une chaîne montagneuse du moyen Atlas à haute altitude au Nord-Est du Maroc central.

Dominé en surface par des formations argileuses micro-conglomératiques, il est sporadiquement affecté de niveaux de grès quartzites.

Par ailleurs le cycle pluviométrique dans cette région est caractérisé par des chutes abondantes et brutales des pluies. Celles-ci se rabattent en pied des bassins versants sur les constructions voisines et peuvent mettre leur stabilité en danger,

risque de sapement des fondations, si leur système de fondation n'est pas conçu en conséquence.

A notre avis, les mesures minimales suivantes sont nécessaires :

1°) Mise en place d'un dispositif de drainage des eaux pluviales du versant qui soit efficace et protège les constructions du risque d'inondations.

2°) Ancrage suffisant des fondations dans la formation argileuse en place.

3°) Surélévation du niveau du rez-de-chaussée par rapport au terrain naturel (minimum 3marches).

III- COUPE DE SONDAGE

Le sondage de reconnaissance des sols réalisé in situ, a mis en évidence les formations suivantes :

De	0.00 à 0.40 m	:	Terre végétale et remblai récent.
	0.40 à 0.90 m	:	Grave argileuse grisâtre ou argile graveleuse selon la proportion relative matrice-squelette ϕ max. = 100 mm
	0.90 à 1.30 m	:	Argile graveleuse grisâtre ϕ max. = 20 mm
	1.30 à 2.20 m	:	Argile limono - sableuse verdâtre sporadiquement caillouteuse.

Il en ressort que ces formations sont de nature très rapprochée ; le sol peut être considéré homogène sur la profondeur d'influence du système de fondation projeté.

IV- ESSAI DE CHARGEMENT

IV-1/ Exécution de l'essai

Cet essai est réalisé par application de charge statique sur une plaque métallique rigide de 600mm de diamètre (section = $2827,4 \text{ cm}^2$). L'effort est développé par un vérin hydraulique relié à une pompe haute pression munie d'un manomètre de mesure de pression avec une bonne précision, par conséquent la force exercée sur le sol soumis à l'essai est parfaitement déterminée, il en est de même de la pression moyenne.

Le vérin prend appui sur un dispositif spécial rattaché au châssis d'un engin lesté lourd assurant la réaction extérieure.

La déformation du sol mis en charge, est lue en trois points distincts à l'aide de trois comparateurs sensibles au $1/100^{\text{ème}}$ du millimètre. Ces comparateurs sont solidaires d'un dispositif constitué d'un assemblage de poutres à trois bras prenant appui loin de la zone d'essai, afin de réduire les effets des perturbations expérimentales.

L'ensemble des accessoires est préalablement pesé (plaque, vérin, colonne, cales de réglage, etc...) pour qu'il soit considéré dans les calculs de contrainte de chargement du sol.

IV-2- Procédé opératoire

L'essai de chargement à la plaque vise, autant que faire se peut, à simuler les conditions de travail de sol sous une fondation superficielle. Aussi, pourrait-il être réalisé pour approcher la capacité portante du sol et permettre d'élaborer un avant projet de fondation.

Il consiste donc, à la mise en charge par paliers successifs de la plaque rigide via un vérin hydraulique et de relever les déflexions correspondantes :

- Incrément de charge $\cong 1$ bar (100 kPa)
- Temps d'attente par palier $\cong 10$ minutes

La plaque d'essai est descendue à une profondeur D du zéro du terrain naturel, après enlèvement préalable de cette épaisseur du sol. Comme la profondeur des fondations n'est pas connue à l'avance, on procède à l'exécution d'un sondage de 2 mètres de profondeur. La reconnaissance des sols rencontrés et leur identification visuelle (sol homogène ou variable avec la profondeur) permet de fixer la valeur de D. Pour l'Hôpital de BOULMANE, les sols étant homogènes sur une profondeur minimale de 2 mètres, D est prise égale à 60 cm.

IV-3/ Interprétation

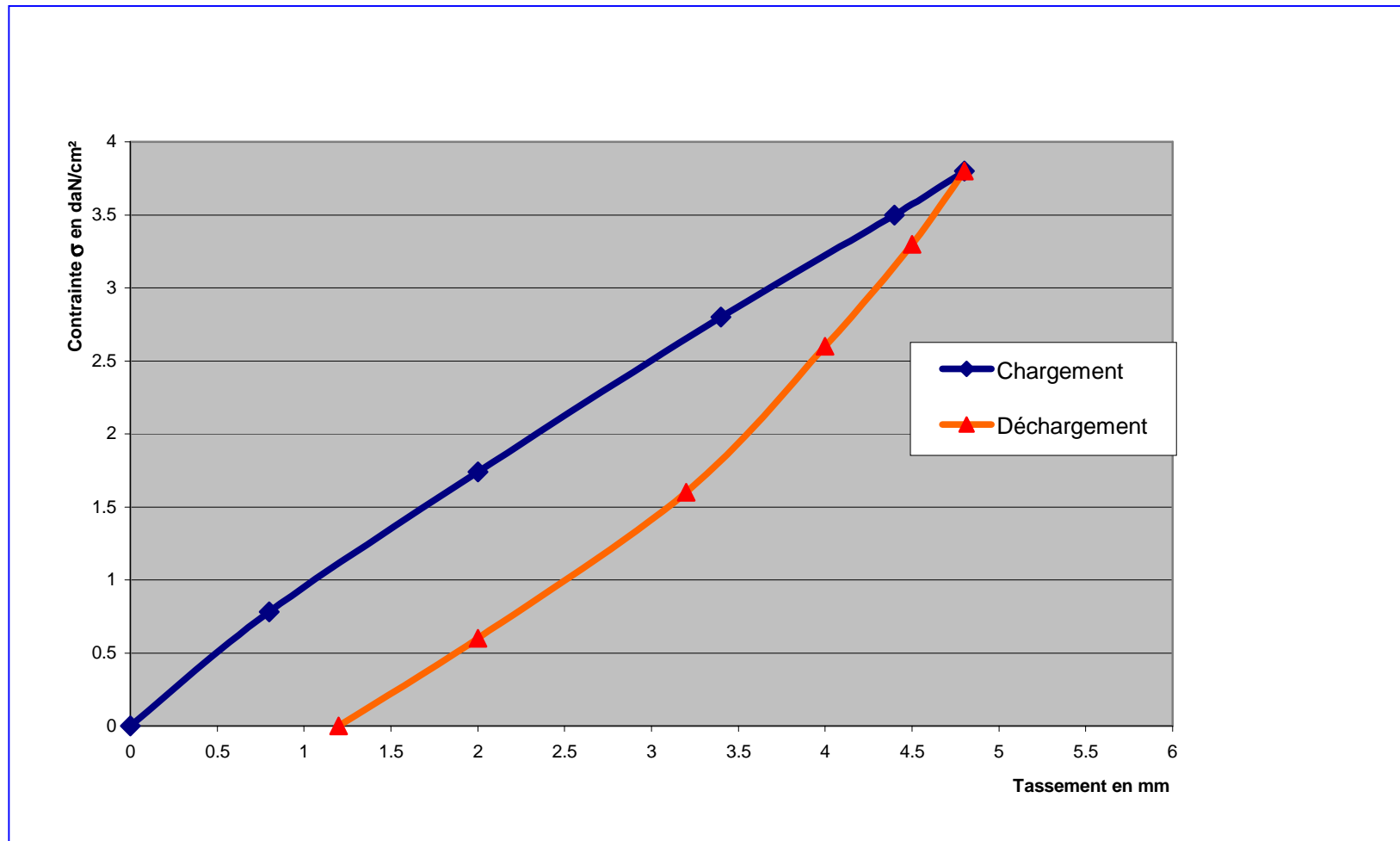
Les paramètres mesurés pendant le déroulement de l'essai sont la charge appliquée au sol et la déformation verticale résultante. Ceux-ci sont interprétés graphiquement sur un diagramme linéaire modélisant la loi de comportement de sol.

IV-3-a/ Diagramme effort-déformation :

- En ordonnée la " pression moyenne de contact " au sol exprimée en daN/cm^2 .
- En abscisse l'enfoncement de la plaque dans le sol W exprimée en mm.

HOPITAL BOULMANE

ESSAI DE CHARGEMENT A LA PLAQUE



Ce diagramme met en évidence les phases classiques de comportement de sols fins qui sont globalement scindées en trois domaines nettement distincts :

- Le 1^{er} domaine relatif à un comportement élastique essentiellement linéaire du sol,
- Le 2^{ème} domaine relatif à un comportement élasto-plastique à déformation rémanente non nulle,
- Le 3^{ème} domaine relatif aux grandes déformations du sol

IV-3-b/ Evaluation de la portance du sol

↳ 1^{ère} méthode : Elle est basée sur la contrainte de rupture de la plaque.

En admettant que la courbe de tassement de la semelle réelle est identique à celle de l'essai de chargement, hypothèse légitimée par la nature homogène du sol sur une épaisseur suffisante, on peut écrire :

$$q_{\lambda} (\text{semelle}) = q_{\lambda} (\text{plaque})$$

$$\Rightarrow q_a (\text{semelle}) = \frac{1}{F} q_{\lambda} (\text{plaque})$$

Avec F = coefficient de sécurité pris généralement égal à 3.

$$q_a = \frac{5}{3} = 1,67 \text{ daN/cm}^2$$

↳ 2^{ème} méthode : A partir des valeurs limites de tassement de la plaque.

$$q_a = \text{Min} \left(q_3 ; \frac{2}{3} q_{10} ; \frac{1}{2} q_{20} \right)$$

Où q_3 = pression correspondant à un tassement de 3 mm.

q_{10} = pression correspondant à un tassement de 10 mm.

q_{20} = pression correspondant à un tassement de 20 mm.

$$\Rightarrow q_a = 2,4 \text{ daN/cm}^2$$

En définitive, nous considérons que les valeurs trouvées par les deux méthodes précédentes diffèrent mais encadrent valablement la contrainte admissible de sol. Cependant, par mesure de sécurité, nous proposons pour la contrainte admissible du sol à prendre en compte dans le dimensionnement de fondation la valeur suivante :

$$q_a = 1,7 \text{ daN/cm}^2$$

Ce qui correspond à un tassement - plaque de 2 mm.

V-CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

- ☞ Sol homogène sur une profondeur de 2,2 m
- ☞ Nature : Argile micro-conglomératique,
- ☞ Pas de nappe
- ☞ Charge limite estimée à 5 daN/cm²
- ☞ Charge admissible définie à 1,7 daN/cm²
- ☞ Tassement correspondant : 2mm
- ☞ Ancrage des fondations : 2 m

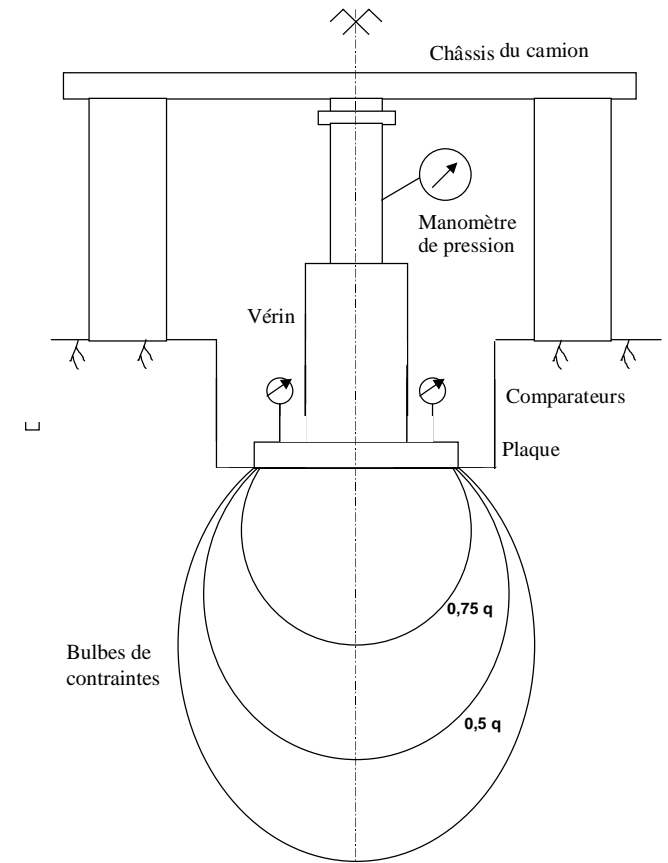
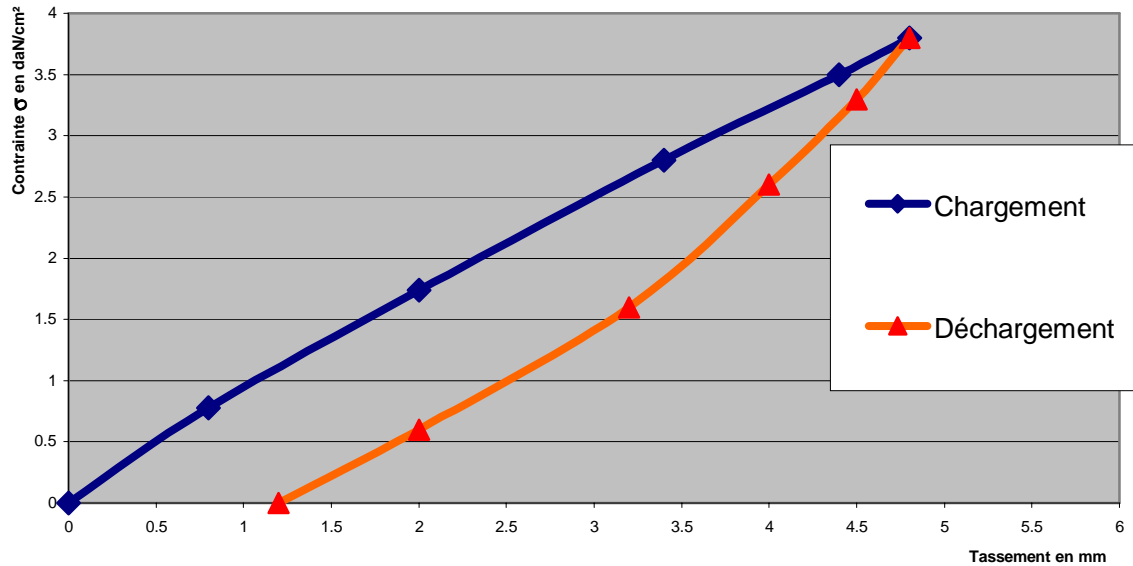
Sur la base de ces données géotechniques, nous pouvons présenter, ci-après, l'avant projet de fondation valable pour une descente de charge estimée à 25 Tonnes par poteau (Cf. Annexe).

HOPITAL BOULMANE

ESSAI DE CHARGEMENT A LA PLAQUE DU 17-18/07/2001

$\theta = 37^\circ \text{ C}$, Temps calme et sec

Principe de l'essai

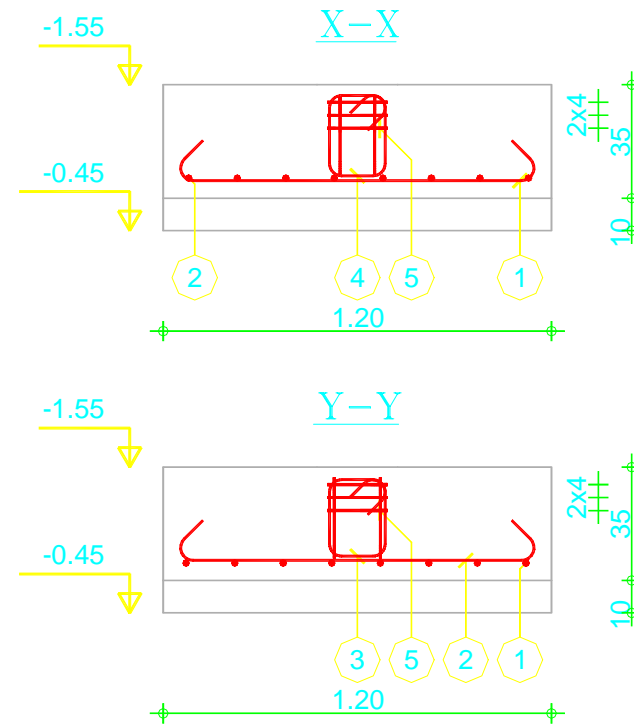
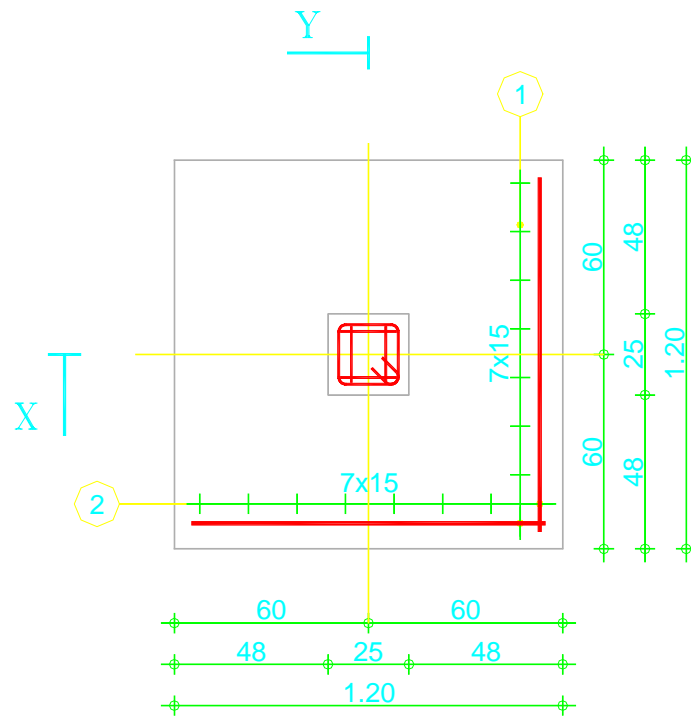


COMMENTAIRES

SOL HOMOGENE : ARGILE MICRO-CONGLOMERATIQUE , PAS DE NAPPE

{ Charge limite $q_L \cong 5 \text{ daN/cm}^2$
 { Charge admissible $q_a = 1,7 \text{ daN/cm}^2$
 { Tassement = 2mm ; Ancrage = 2 m

A N N E X E
AVANT PROJET D'UN PLAN TYPE DE FONDATION



Pos.	Armature	Code	Forme	Pos.	Armature	Code	Forme
1	8HA8 l=1.36	2.02		4	2HA6 l=1.01	5.20	
2	8HA8 l=1.36	2.02		5	3HA6 l=89	5.20	
3	2HA6 l=99	5.20					

Fissuration peu préjudiciable

Béton = 0.504m³

Acier HA = 10.1kg

HA500

Fc28 = 25MPa

Surface du coffrage = 1.68m²

Enrobage c1 = 5cm, c2 = 3cm

Densité = 20.04kg/m³

Echelle pour la vue 1/20

Echelle pour la section 1/20

Semelle



FLAMBAR
INGENIEURS CONSEILS

18, Rue El Yasmine - Beauséjour- Casablanca
TEL : (022) 94-21-84 / 39-54-91 FAX : (022) 39-54-91
Email: flambar@wanadoo.net.ma

PROJET:

FONDATIONS
HOPITAL BOULMANE

KUME SEKKEI Co., Ltd.

TOKYO - JAPON

ESSAI DE CHARGEMENT DU SOL

HOPITAL DE MIDELT - MAROC

Ing. S. SERBOUT

FLAMBAR INGENIEURS CONSEILS

**GENIE CIVIL - GENIE INDUSTRIEL
BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS**

18, Rue EL YASMINE - BEAUSEJOUR - CASABLANCA -

Tél : 022 94 21 84 -- Fax : 022 39 54 91 - Patente : 35803320 - R.C. :87261 - C.N.S.S. : 2624064 - I.F. :1002940

Email : flambar@wanadoo.net.ma

S O M M A I R E

I-INTRODUCTION

II- CONTEXTE GEOTECHNIQUE

III- COUPE DE SONDAGE

IV- ESSAI DE CHARGEMENT

IV-1/ Exécution de l'essai

IV-2/ Procédé opératoire

IV-3/ Interprétation

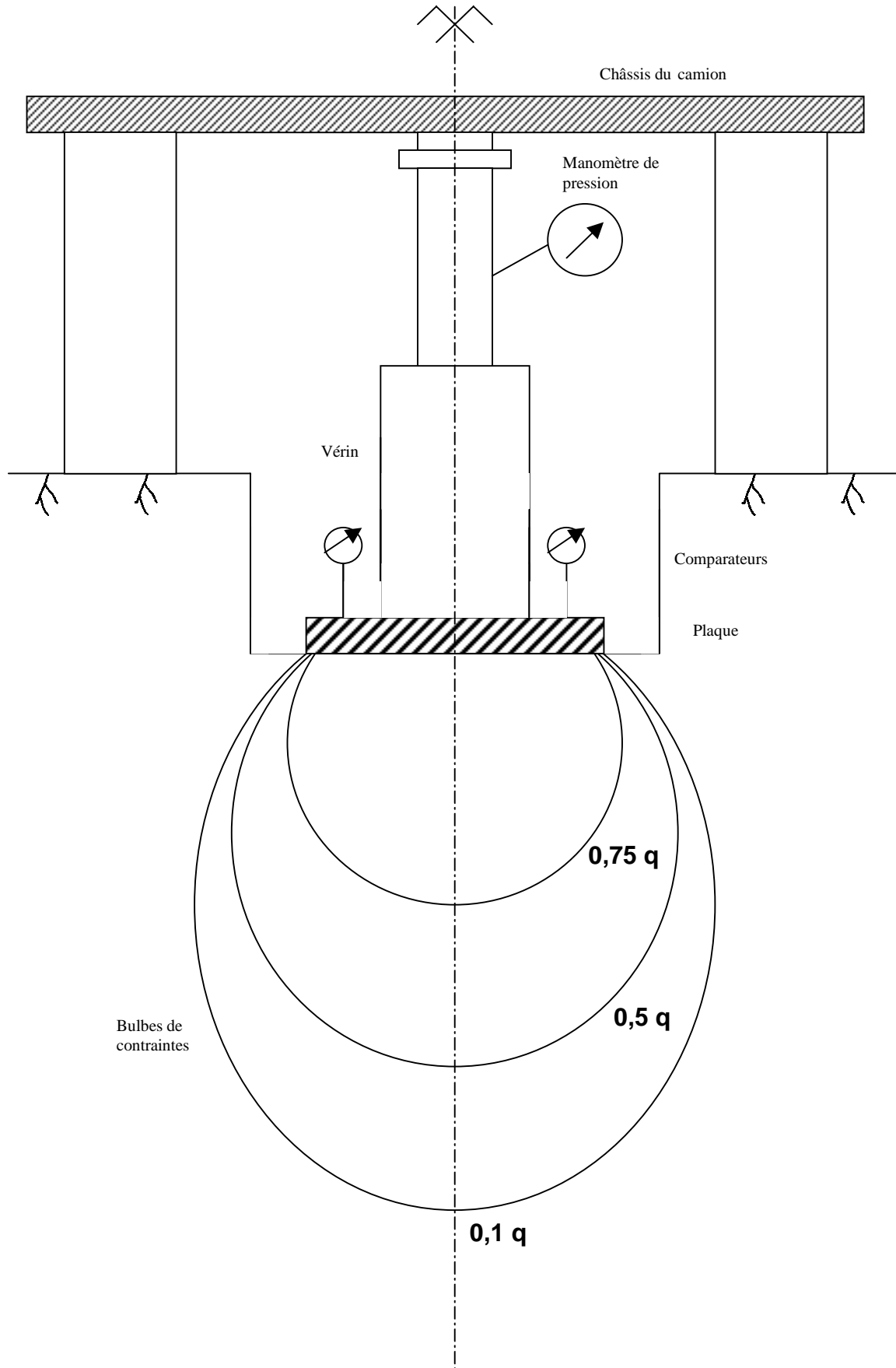
IV-3-a/ Diagramme effort-déformation

IV-3-b/ Evaluation de la portance

V- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

VI- ANNEXE : Avant Projet de Fondation

Principe de l'essai de chargement à la plaque



I-INTRODUCTION

Les 19 et 20 Juillet 2001, une équipe d'Ingénieurs et Techniciens de la société FLAMBAR INGENIEURS CONSEILS, d'Ingénierie Géotechnique d'Etudes et d'Expertises des Constructions, s'est rendue sur le site d'extension de l'Hôpital de MIDELT situé dans la ville Midelt une ville du moyen Atlas au centre nord du Maroc.

L'objet de cette mission est la réalisation de l'essai de chargement à la plaque du sol.

Conformément au schéma communiqué par Mr. TSUCHIYA , nous avons procédé à l'implantation de l'essai de plaque dans la partie arrière de l'Hôpital dans l'emprise du projet de construction d'une maternité. De même, nous avons réalisé un sondage destructif de 2m de profondeur en vue de relever la coupe des sols en présence et les identifier visuellement.

Nous avons également procédé, à l'inspection de quelques bâtiments existants du point de vue de leur état, leur structure portante, ainsi que leur environnement géotechnique.

II- CONTEXTE GEOTECHNIQUE

Le site prospecté se trouve en pied d'une chaîne montagneuse du moyen Atlas à haute altitude au Centre - Nord du Maroc.

Il est couvert en surface par des formations argileuses et plus précisément de nature marno -calcaire jaunâtre.

Par ailleurs le cycle pluviométrique dans cette région est caractérisé par des chutes abondantes et brutales des pluies. En dehors de la sécheresse que connaît la région depuis plusieurs années, ces pluies se rabattent sur les constructions

existantes et peuvent mettre leur stabilité en danger, par risque de sapement des fondations ou par inondations de celles-ci de façon permanente (formation de dayas) , si leur système de fondation n'est pas conçu en conséquence.

Il faut également signalé le fort gradient de température existant entre la saison chaude (+ 45° C) et la saison froide (- 10° C) et son impact sur le phénomène gel - dégel qui affecte les sols de la région.

Nous recommandons alors les mesures minimales suivantes :

- 1°) Mise en place d'un dispositif de drainage des eaux pluviales qui soit efficace et protège les constructions du risque d'inondations et de sapement,
- 2°) Ancrage suffisant des fondations dans la formation argileuse en place.
- 3°) Surélévation du niveau du rez-de-chaussée par rapport au terrain naturel (minimum 3 marches).

III- COUPE DE SONDAGE

Le sondage de reconnaissance des sols réalisé in situ, a mis en évidence les formations suivantes :

De	0.00 à 1.00 m	:	Calcaire marneux brun avec argile.
	1.00 à 1.50 m	:	Marno-calcaire de compacité croissante avec la profondeur.
	1.50 à 2.00 m	:	Marne jaunâtre franche.

Il en ressort que ces formations sont de nature très rapprochée ; le sol peut être considéré homogène sur la profondeur d'influence du système de fondation projeté.

IV- ESSAI DE CHARGEMENT

IV-1/ Exécution de l'essai

Cet essai est réalisé par application de charge statique sur une plaque métallique rigide de 600mm de diamètre (section = $2827,4 \text{ cm}^2$). L'effort est développé par un vérin hydraulique relié à une pompe haute pression munie d'un manomètre de mesure de pression avec une bonne précision, par conséquent la force exercée sur le sol soumis à l'essai est parfaitement déterminée, il en est de même de la pression moyenne.

Le vérin prend appui sur un dispositif spécial rattaché au châssis d'un engin lesté lourd assurant la réaction extérieure.

La déformation du sol mis en charge, est lue en trois points distincts à l'aide de trois comparateurs sensibles au $1/100^{\text{ème}}$ du millimètre. Ces comparateurs sont solidaires d'un dispositif constitué d'un assemblage de poutres à trois bras prenant appui loin de la zone d'essai, afin de réduire les effets des perturbations expérimentales.

L'ensemble des accessoires est préalablement pesé (plaque, vérin, colonne, cales de réglage, etc...) pour qu'il soit considéré dans les calculs de contrainte de chargement du sol.

IV-2- Procédé opératoire

L'essai de chargement à la plaque vise, autant que faire se peut, à simuler les conditions de travail de sol sous une fondation superficielle. Aussi, pourrait-il être réalisé pour approcher la capacité portante du sol et permettre d'élaborer un avant projet de fondation.

Il consiste donc, à la mise en charge par paliers successifs de la plaque rigide via un vérin hydraulique et de relever les déflexions correspondantes :

- Incrément de charge $\cong 1$ bar (100 kPa)
- Temps d'attente par palier $\cong 10$ minutes

La plaque d'essai est descendue à une profondeur D du zéro du terrain naturel, après enlèvement préalable de cette épaisseur du sol. Comme la profondeur des fondations n'est pas connue à l'avance, on procède à l'exécution d'un sondage de 2 mètres de profondeur. La reconnaissance des sols rencontrés et leur identification visuelle (sol homogène ou variable avec la profondeur) permet de fixer la valeur de D. Pour l'Hôpital de MIDELT, les sols étant homogènes sur une profondeur minimale de 2 mètres, D est prise égale à 60 cm.

IV-3/ Interprétation

Les paramètres mesurés pendant le déroulement de l'essai sont la charge appliquée au sol et la déformation verticale résultante. Ceux-ci sont interprétés graphiquement sur un diagramme linéaire modélisant la loi de comportement de sol.

IV-3-a/ Diagramme effort-déformation :

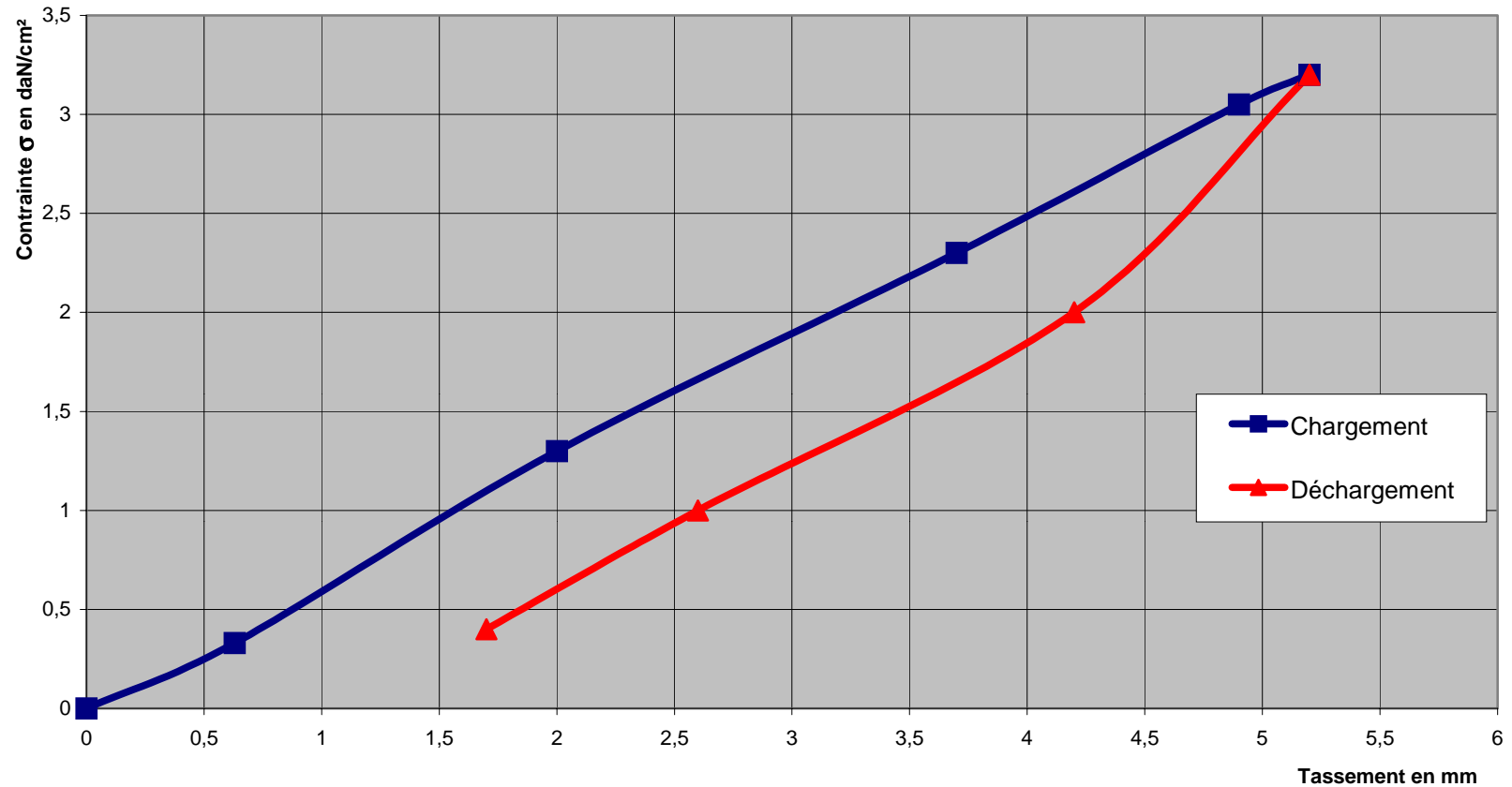
- En ordonnée la " pression moyenne de contact " au sol exprimée en daN/cm^2 .
- En abscisse l'enfoncement de la plaque dans le sol W exprimée en mm.

N.B : Unité de pression = daN/cm^2 .

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ Pascal} = 1 \text{ N}/\text{m}^2 = 10^{-5} \text{ daN}/\text{cm}^2 \cong 10^{-5} \text{ bar}$$

$$1 \text{ daN}/\text{cm}^2 = 100 \text{ kPa} \cong 1 \text{ bar}$$

HOPITAL DE MIDELT
ESSAI DE CHARGEMENT A LA PLAQUE
DIAGRAMME DE CHARGEMENT ET DECHARGEMENT



Ce diagramme met en évidence les phases classiques de comportement de sols fins qui sont globalement scindées en trois domaines nettement distincts :

- Le 1^{er} domaine relatif à un comportement élastique essentiellement linéaire du sol,
- Le 2^{ème} domaine relatif à un comportement élasto -plastique à déformation rémanente non nulle,
- Le 3^{ème} domaine relatif aux grandes déformations du sol

A signaler que le graphique ci-dessus traduit essentiellement la tranche du comportement de sol relative au premier domaine.

IV-3-b/ Evaluation de la portance du sol

↳ 1^{ère} méthode : Elle est basée sur la contrainte de rupture de la plaque.

En admettant que la courbe de tassement de la semelle réelle est identique à celle de l'essai de chargement, hypothèse légitimée par la nature homogène du sol sur une épaisseur suffisante, on peut écrire :

$$\begin{aligned} q_{\lambda} (\text{semelle}) &= q_{\lambda} (\text{plaque}) \\ \Rightarrow q_a (\text{semelle}) &= \frac{1}{F} q_{\lambda} (\text{plaque}) \end{aligned}$$

Avec F = coefficient de sécurité pris généralement égal à 3.

$$q_a = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ daN/cm}^2$$

↳ 2^{ème} méthode : A partir des valeurs limites de tassement de la plaque.

$$q_a = \text{Min} \left(q_3 ; \frac{2}{3} q_{10} ; \frac{1}{2} q_{20} \right)$$

Où q_3 = pression correspondant à un tassement de 3 mm.

q_{10} = pression correspondant à un tassement de 10 mm.

q_{20} = pression correspondant à un tassement de 20 mm.

$$\Rightarrow q_a = 1,9 \text{ daN/cm}^2$$

En définitive, nous considérons que les valeurs trouvées par les deux méthodes précédentes diffèrent mais encadrent valablement la contrainte admissible de sol. Cependant, par mesure de sécurité, nous proposons pour la contrainte admissible du sol à prendre en compte dans le dimensionnement de fondation la valeur suivante :

$$q_a = 1,33 \text{ daN/cm}^2$$

Ce qui correspond à un tassement - plaque de 2 mm.

V-CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

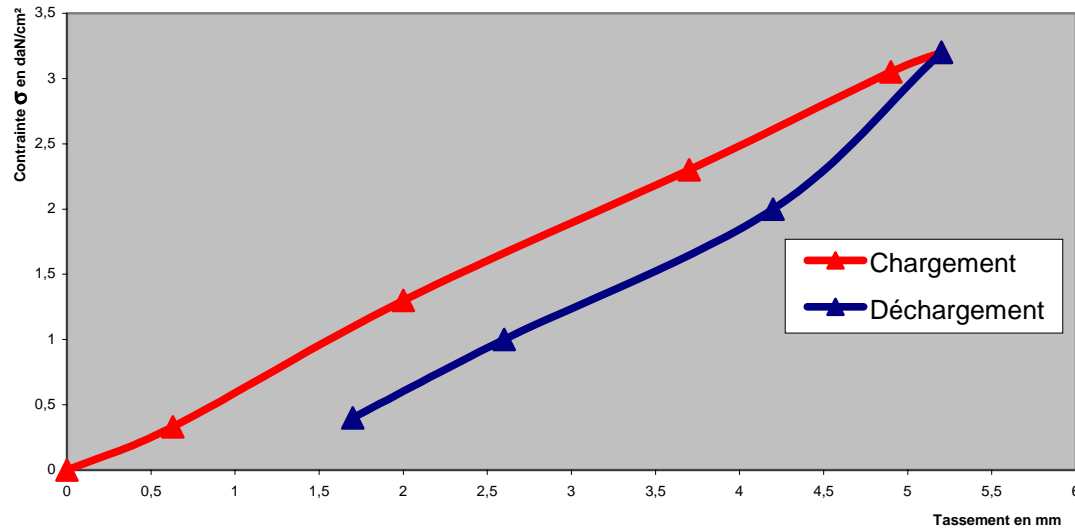
- ☞ Sol homogène sur une profondeur de 2 m
- ☞ Nature : Marno - calcaire
- ☞ Pas de nappe
- ☞ Charge limite estimée à **4 daN/cm²**
- ☞ Charge admissible définie à **1,33 daN/cm²**
- ☞ Tassement correspondant : **2mm**
- ☞ Ancrage des fondations : **1,6 m**

Sur la base de ces données géotechniques, nous pouvons présenter, ci-après, l'avant projet de fondation valable pour une descente de charge estimée à 25 Tonnes par poteau (Cf. Annexe), que nous avons établi avec l'aide du Logiciel de Structure ROBOT MILLENNIUM.

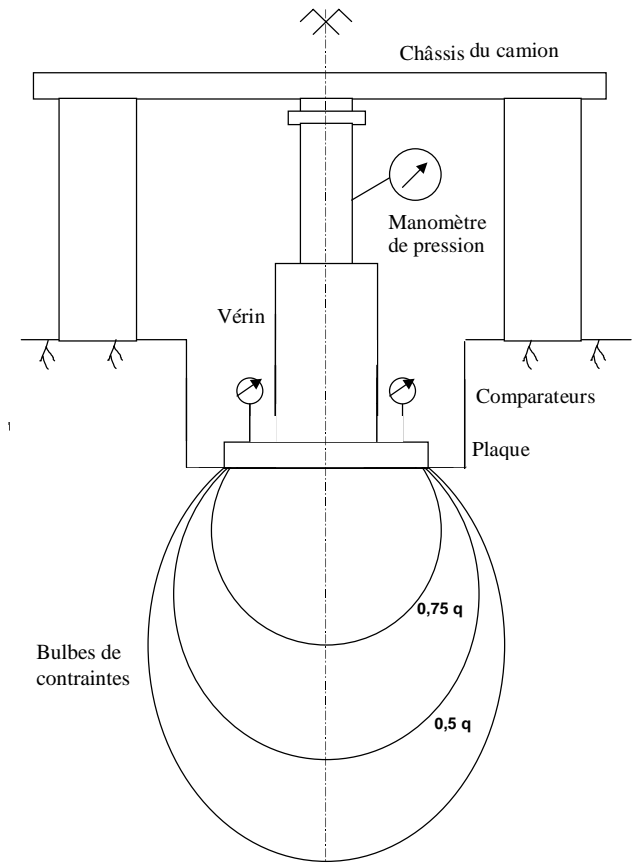
HOPITAL DE MIDELT

ESSAI DE CHARGEMENT A LA PLAQUE DU 19-20/07/2001

$\theta = 30^\circ \text{ C}$, Temps calme et sec



Principe de l'essai

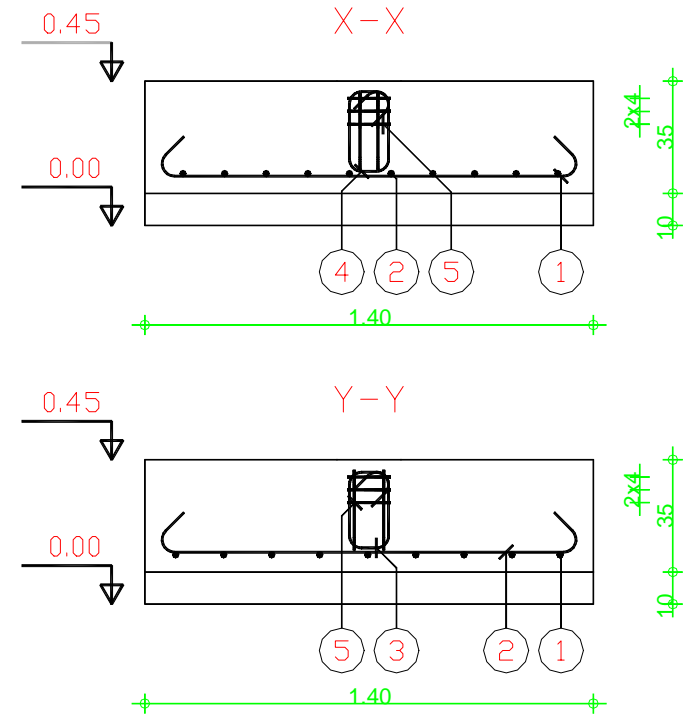
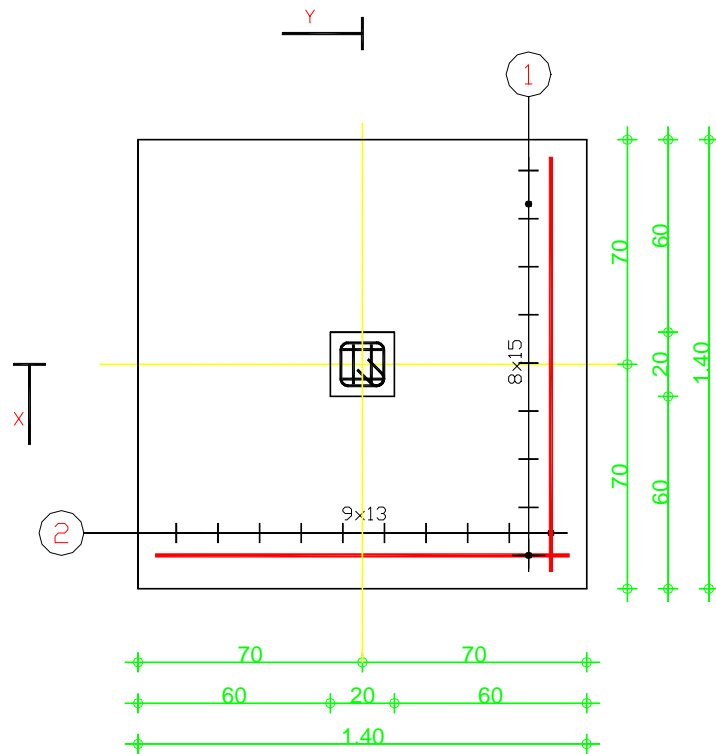


COMMENTAIRES

SOL HOMOGENE : MARNO-CALCAIRE, PAS DE NAPPE

{ Charge limite $q_L \cong 4 \text{ daN/cm}^2$
 { Charge admissible $q_a = 1,33 \text{ daN/cm}^2$
 { Tassement = 2mm ; Ancrage = 1,6 m

A N N E X E
AVANT PROJET D'UN PLAN TYPE DE FONDATION



Pos.	Armature	Code	Forme	Pos.	Armature	Code	Forme
①	9HA8 l=1.56	2.02		④	2HA6 l=91	5.20	
②	10HA8l=1.56	2.02		⑤	3HA6 l=69	5.20	
③	2HA6 l=89	5.20					

Fissuration peu préjudiciable

Béton = 0.686m3	Acier HA = 12.9kg	HA500
Fc28 = 25MPa		
Surface du coffrage = 1.96m2	Enrobage c1 = 5cm, c2 = 3cm	
Densité = 18.8kg/m3		
	Echelle pour la vue 1/20	Semelle
	Echelle pour la section 1/20	

FLAMBAR
INGENIEURS CONSEILS
18, Rue El Yasmine - Beauséjour- Casablanca
TEL : (022) 94-21-84 / 39-54-91 FAX : (022) 39-54-91
Email: flambar@wanadoo.net.ma

PROJET:
**FONDATEURS
HOPITAL DE MIDELT**



Dossier n° : EG193M/2001
Date : 07/08/2001

KUME SEKKEI Co., Ltd.

TOKYO - JAPON

ESSAI DE CHARGEMENT DU SOL

HOPITAL DE GUELMIM - MAROC

Ing. S. SERBOUT

FLAMBAR INGENIEURS CONSEILS

GENIE CIVIL – GENIE INDUSTRIEL

BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

18, Rue EL YASMINE - BEAUSEJOUR - CASABLANCA -

Tél : 022 94 21 84 -- Fax : 022 39 54 91 - Patente : 35803320 - R.C. : 87261 - C.N.S.S. : 2624064 - I.F. : 1002940

Email : flambar@wanadoo.net.ma

S O M M A I R E

I-INTRODUCTION

II- CONTEXTE GEOTECHNIQUE

III- COUPE DE SONDAGE

IV- ESSAI DE CHARGEMENT

IV-1/ Exécution de l'essai

IV-2/ Procédé opératoire

IV-3/ Interprétation

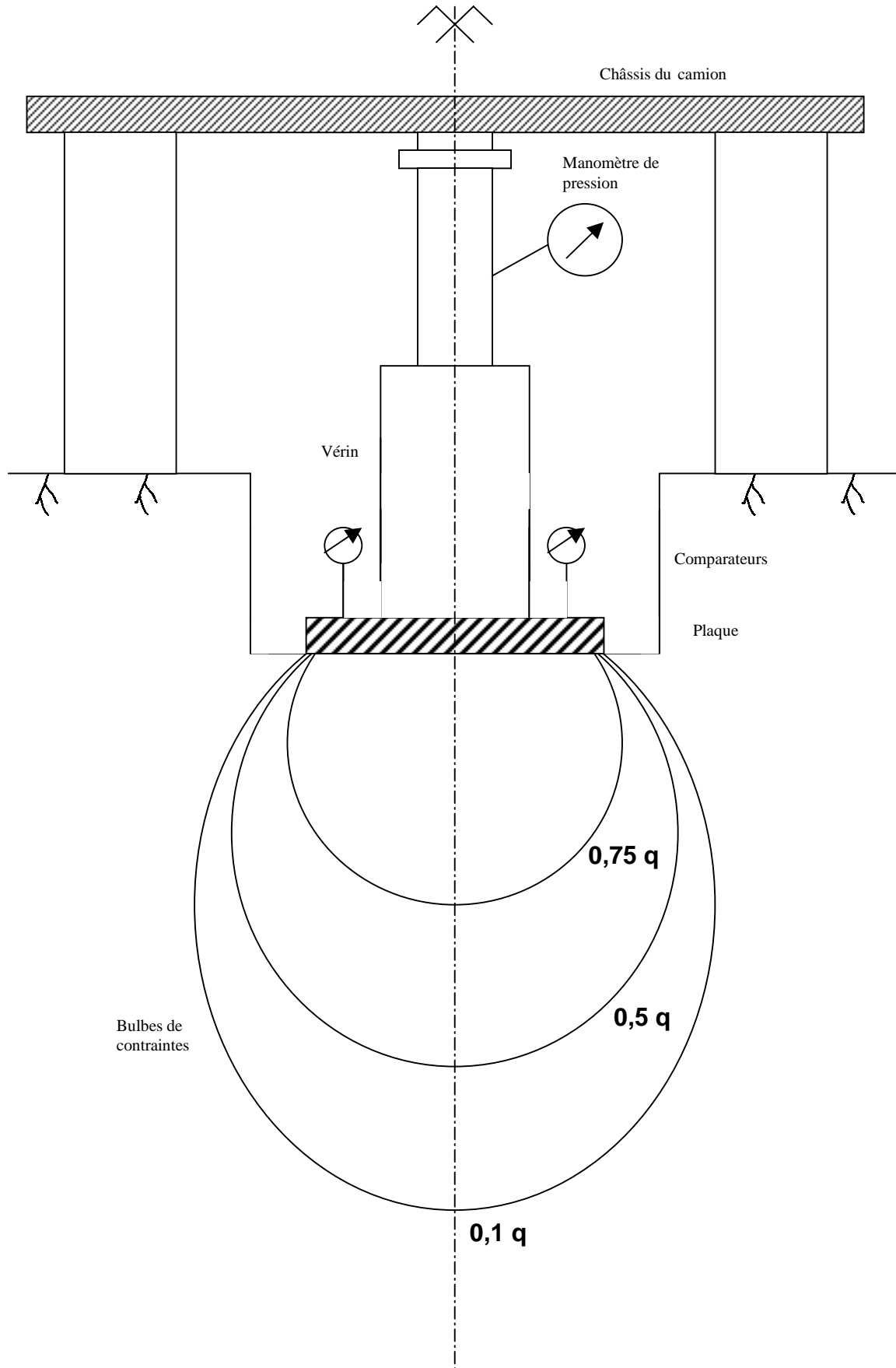
IV-3-a/ Diagramme effort-déformation

IV-3-b/ Evaluation de la portance

V- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

VI- ANNEXE : Avant Projet de Fondation

Principe de l'essai de chargement à la plaque



I- INTRODUCTION

Les 25 , 26 et 27 Juillet 2001, une équipe d'Ingénieurs et Techniciens de la société FLAMBAR INGENIEURS CONSEILS, d'Ingénierie Géotechnique d'Etudes et d'Expertises des Constructions, s'est rendue sur le site d'extension de l'Hôpital Provincial de GUELMIM dans la ville de GUELMIM, au sud du Maroc.

L'objet de cette mission est la réalisation de l'essai de chargement à la plaque du sol.

Conformément au schéma communiqué par Mr. TSUCHIYA , nous avons procédé à l'implantation de l'essai de plaque. De même, nous avons réalisé un sondage destructif de 2,20m de profondeur en vue de relever la coupe des sols en présence et les identifier visuellement.

Nous avons également procédé, à l'inspection de quelques bâtiments existants, avoisinants le site où sera édifié l'extension de l'Hôpital, de point de vue de leur état, leur structure portante, ainsi que leur environnement géotechnique.

II- CONTEXTE GEOTECHNIQUE

Le site prospecté se trouve au Sud du Maroc, sur la chaîne de l'Anti-Atlas , dans l'emprise du bassin du bas dra. Dans cette région le quaternaire ,qui nous intéresse directement ici, occupe la plus grande partie des dépressions et sa structure comporte des faciès semblables qui sont en réalité des dépôts différents. C'est le cas, par exemple, des calcaires lacustres et des limons (argileux) abondants et omniprésents.

Du point de vue climatologie, la région est entièrement comprise dans la zone aride. Le climat y est caractérisé par des températures très élevées en été, par des

précipitations aussi irrégulières que faibles en hiver et par une évaporation considérable.

III- COUPE DE SONDAGE

Le sondage de reconnaissance des sols réalisé in situ, a mis en évidence les formations suivantes :

De	0.00 à 0.80 m	:	Argile limoneuse rouge
	0.80 à 2.20 m	:	Argile limoneuse rouge renfermant quelques galets centimétriques dispersés dans la matrice

Il en ressort que ces formations sont de nature très rapprochée ; le sol peut être considéré homogène sur la profondeur d'influence du système de fondation projeté.

IV- ESSAI DE CHARGEMENT

IV-1/ Exécution de l'essai

Cet essai est réalisé par application de charge statique sur une plaque métallique rigide de 300mm de diamètre (section = $706,8 \text{ cm}^2$). L'effort est développé par un vérin hydraulique relié à une pompe haute pression munie d'un manomètre de mesure de pression avec une bonne précision, par conséquent la force exercée sur le sol soumis à l'essai est parfaitement déterminée, il en est de même de la pression moyenne.

Le vérin prend appui sur un dispositif spécial rattaché au châssis d'un engin lesté lourd assurant la réaction extérieure.

La déformation du sol mis en charge, est lue en trois points distincts à l'aide de trois comparateurs sensibles au $1/100^{\text{ème}}$ du millimètre. Ces comparateurs sont solidaires d'un dispositif constitué d'un assemblage de poutres à trois bras prenant appui loin de la zone d'essai, afin de réduire les effets des perturbations expérimentales.

L'ensemble des accessoires est préalablement pesé (plaque, vérin, colonne, cales de réglage, etc...) pour qu'il soit considéré dans les calculs de contrainte de chargement du sol.

IV-2- Procédé opératoire

L'essai de chargement à la plaque vise, autant que faire se peut, à simuler les conditions de travail de sol sous une fondation superficielle. Aussi, pourrait-il être réalisé pour approcher la capacité portante du sol et permettre d'élaborer un avant projet de fondation.

Il consiste donc, à la mise en charge par paliers successifs de la plaque rigide via un vérin hydraulique et de relever les déflexions correspondantes :

- Incrément de charge \cong 1 bar (100 kPa)
- Temps d'attente par palier \cong 10 minutes

La plaque d'essai est descendue à une profondeur D du zéro du terrain naturel, après enlèvement préalable de cette épaisseur du sol. Comme la profondeur des fondations n'est pas connue à l'avance, on procède à l'exécution d'un sondage de 2 mètres de profondeur. La reconnaissance des sols rencontrés et leur identification visuelle (sol homogène ou variable avec la profondeur) permet de fixer la valeur de D. Pour l'Hôpital de GUELMIM, les sols étant homogènes sur une profondeur minimale de 2.2 mètres, D est prise égale à 40 cm.

IV-3/ Interprétation

Les paramètres mesurés pendant le déroulement de l'essai sont la charge appliquée au sol et la déformation verticale résultante. Ceux-ci sont interprétés graphiquement sur un diagramme linéaire modélisant la loi de comportement de sol.

IV-3-a/ Diagramme effort-déformation :

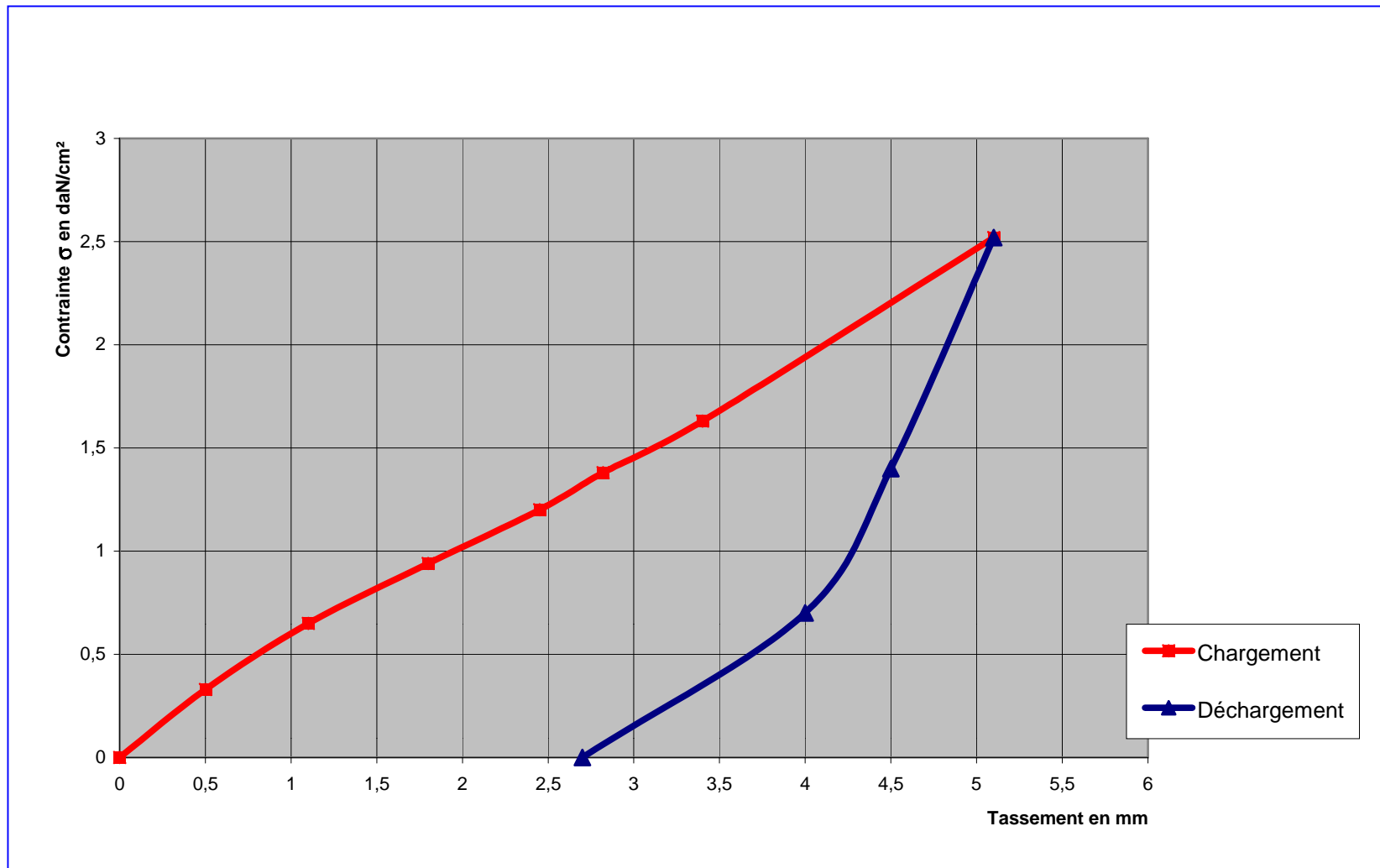
- En ordonnée la " pression moyenne de contact " au sol exprimée en daN/cm^2 .
- En abscisse l'enfoncement de la plaque dans le sol W exprimée en mm.

N.B : Unité de pression = daN/cm^2 .

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ Pascal} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ daN/cm}^2 \cong 10^{-5} \text{ bar}$$

$$1 \text{ daN/cm}^2 = 100 \text{ kPa} \cong 1 \text{ bar}$$

HOPITAL GUELMIM
ESSAI DE CHARGEMENT A LA PLAQUE
DIAGRAMME EFFORT-DEFORMATION



Ce diagramme met en évidence les phases classiques de comportement de sols fins qui sont globalement scindées en trois domaines nettement distincts :

- Le 1^{er} domaine relatif à un comportement élastique essentiellement linéaire du sol,
- Le 2^{ème} domaine relatif à un comportement élasto-plastique à déformation rémanente non nulle,
- Le 3^{ème} domaine relatif aux grandes déformations du sol

A signaler que le graphique ci-dessus traduit essentiellement la tranche du comportement de sol relative au premier domaine ainsi que sa tendance en fonction de l'accroissement des charges appliquées.

IV-3-b/ Evaluation de la portance du sol

↳ 1^{ère} méthode : Elle est basée sur la contrainte de rupture de la plaque.

En admettant que la courbe de tassement de la semelle réelle est identique à celle de l'essai de chargement, hypothèse légitimée par la nature homogène du sol sur une épaisseur suffisante, on peut écrire :

$$q_{\lambda} \text{ (semelle)} = q_{\lambda} \text{ (plaque)}$$

$$\Rightarrow q_a \text{ (semelle)} = \frac{1}{F} q_{\lambda} \text{ (plaque)}$$

Avec F = coefficient de sécurité pris généralement égal à 3.

$$q_a = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ daN/cm}^2$$

↳ 2^{ème} méthode : A partir des valeurs limites de tassement de la plaque.

$$q_a = \text{Min} \left(q_3 ; \frac{2}{3} q_{10} ; \frac{1}{2} q_{20} \right)$$

Où q_3 = pression correspondant à un tassement de 3 mm.

q_{10} = pression correspondant à un tassement de 10 mm.

q_{20} = pression correspondant à un tassement de 20 mm.

$$\Rightarrow \quad q_a = 1,45 \text{ daN/cm}^2$$

En définitive, nous considérons que les valeurs trouvées par les deux méthodes précédentes diffèrent légèrement mais représentent valablement la contrainte admissible de sol. Nous proposons pour la contrainte admissible du sol à prendre en compte dans le dimensionnement de fondation la valeur suivante :

$$q_a = 1,45 \text{ daN/cm}^2$$

Ce qui correspond à un tassement - plaque de 3 mm.

V-CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

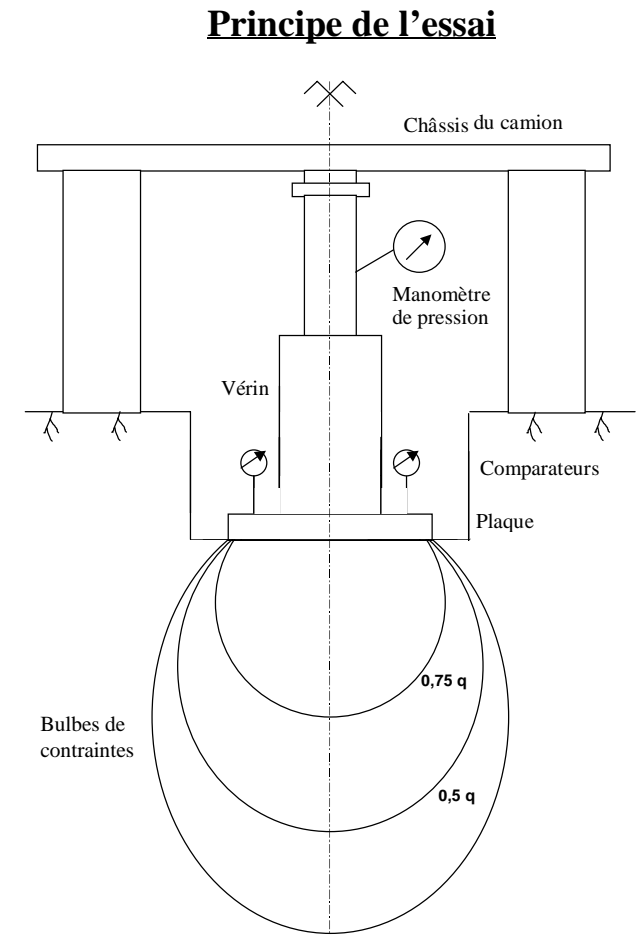
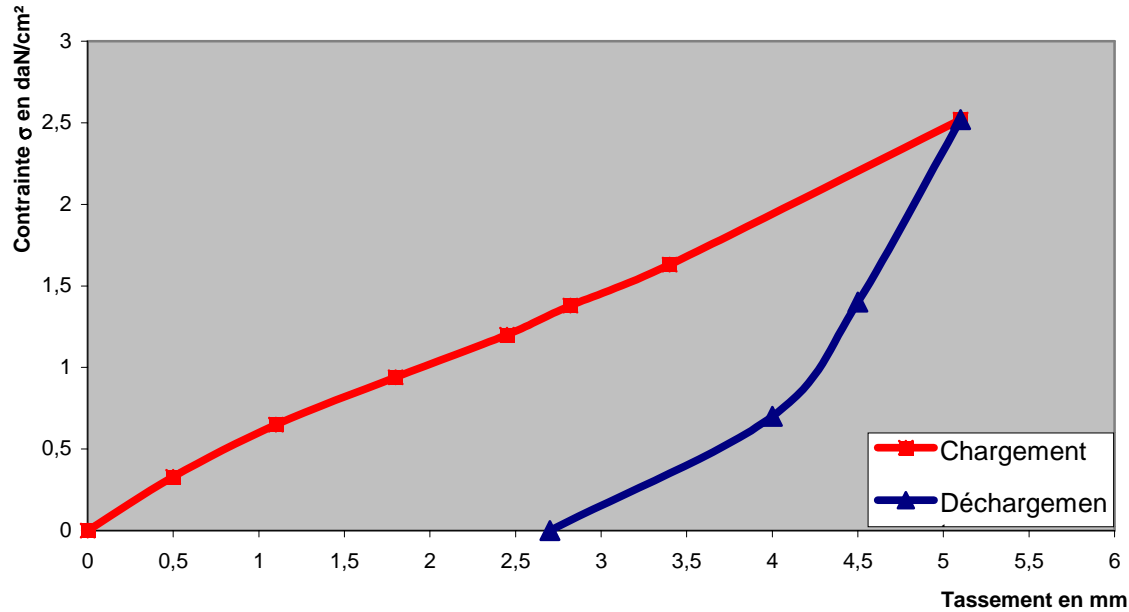
- ☞ Sol homogène sur une profondeur de 2,2 m
- ☞ Nature : Argile limoneuse rouge,
- ☞ Pas de nappe
- ☞ Charge limite estimée à 4,5 daN/cm²
- ☞ Charge admissible définie à 1,45 daN/cm²
- ☞ Tassement correspondant : 3mm
- ☞ Ancrage des fondations : 1,6 m

Sur la base de ces données géotechniques, nous pouvons présenter, ci-après, l'avant projet de fondation valable pour une descente de charge estimée à 25 Tonnes par poteau (Cf. Annexe), que nous avons établi avec l'aide du Logiciel de Structure ROBOT MILLENNIUM.

HOPITAL DE GUELMIM

ESSAI DE CHARGEMENT A LA PLAQUE DU 25-26-27/07/2001

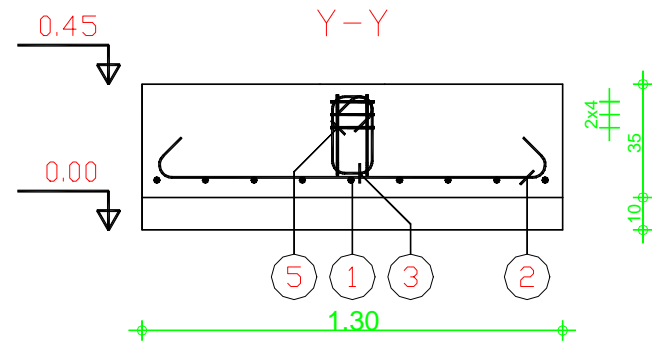
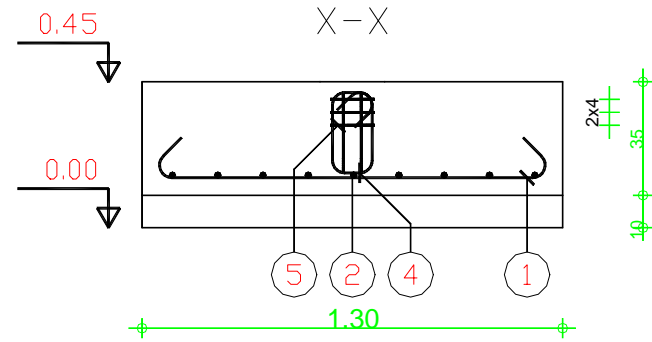
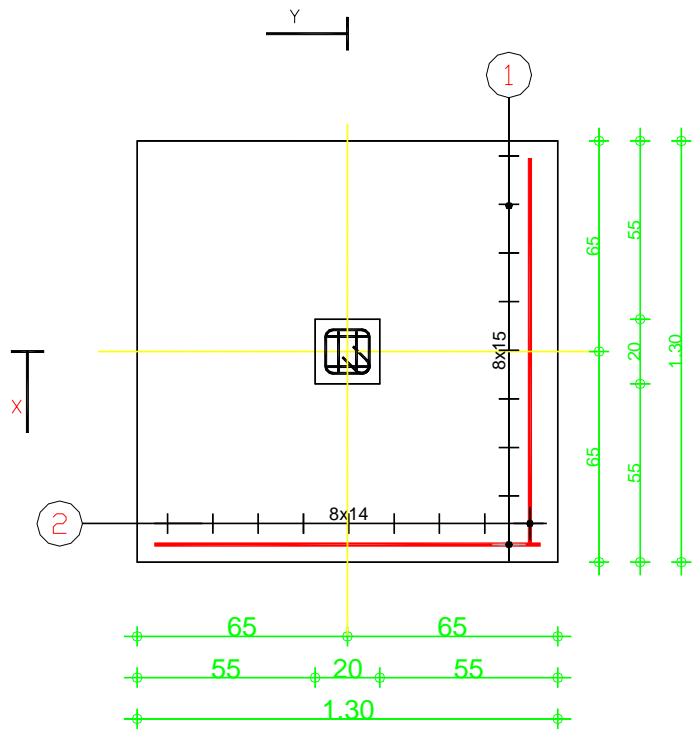
$\theta = 40^\circ \text{ C}$, Temps calme et sec



SOL HOMOGENE : ARGILE LIMONEUSE ROUGE , PAS DE NAPPE

Charge limite $q_L \cong 4,5 \text{ daN/cm}^2$
Charge admissible $q_a = 1,45 \text{ daN/cm}^2$
Tassement = 3mm ; Ancrage = 1,6 m

A N N E X E
AVANT PROJET D'UN PLAN TYPE DE FONDATION



Pos.	Armature	Code	Forme	Pos.	Armature	Code	Forme
①	9HA8 l=1.46	2.02		④	2HA6 l=91	5.20	
②	9HA8 l=1.46	2.02		⑤	3HA6 l=69	5.20	
③	2HA6 l=89	5.20					

Fissuration peu préjudiciable

Béton = 0.592m3	Acier HA = 11.6kg	HA500
Fc28 = 25MPa		
Surface du coffrage = 1.82m2	Enrobage c1 = 5cm, c2 = 3cm	
Densité = 19.59kg/m3		
	Echelle pour la vue 1/20	Semelle
	Echelle pour la section 1/20	

FLAMBAR
INGENIEURS CONSEILS
18, Rue El Yasmine - Beauséjour- Casablanca
TEL : (022) 94-21-84 / 39-54-91 FAX : (022) 39-54-91
Email: flambar@wanadoo.net.ma

PROJET:
**FONDATEMENTS
HOPITAL DE GUELMIM**