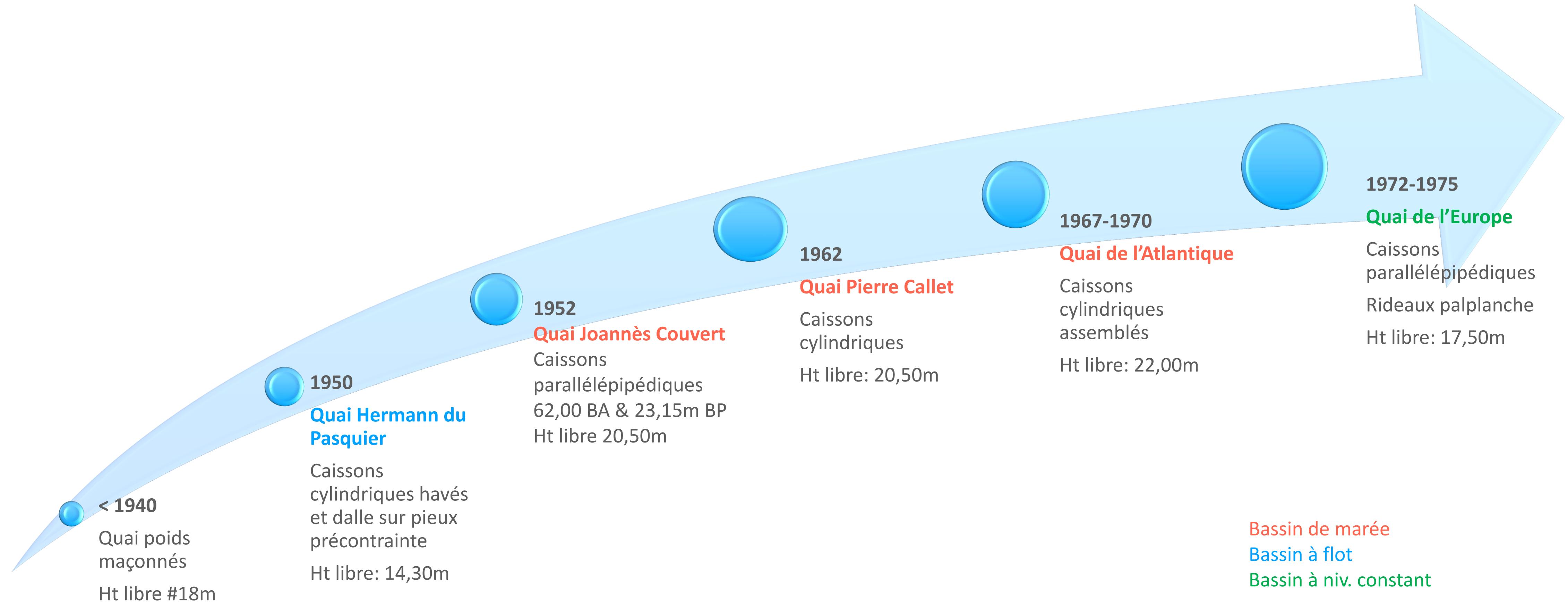


Les ouvrages de quai du Port du Havre Focus sur le quai Pierre Callet

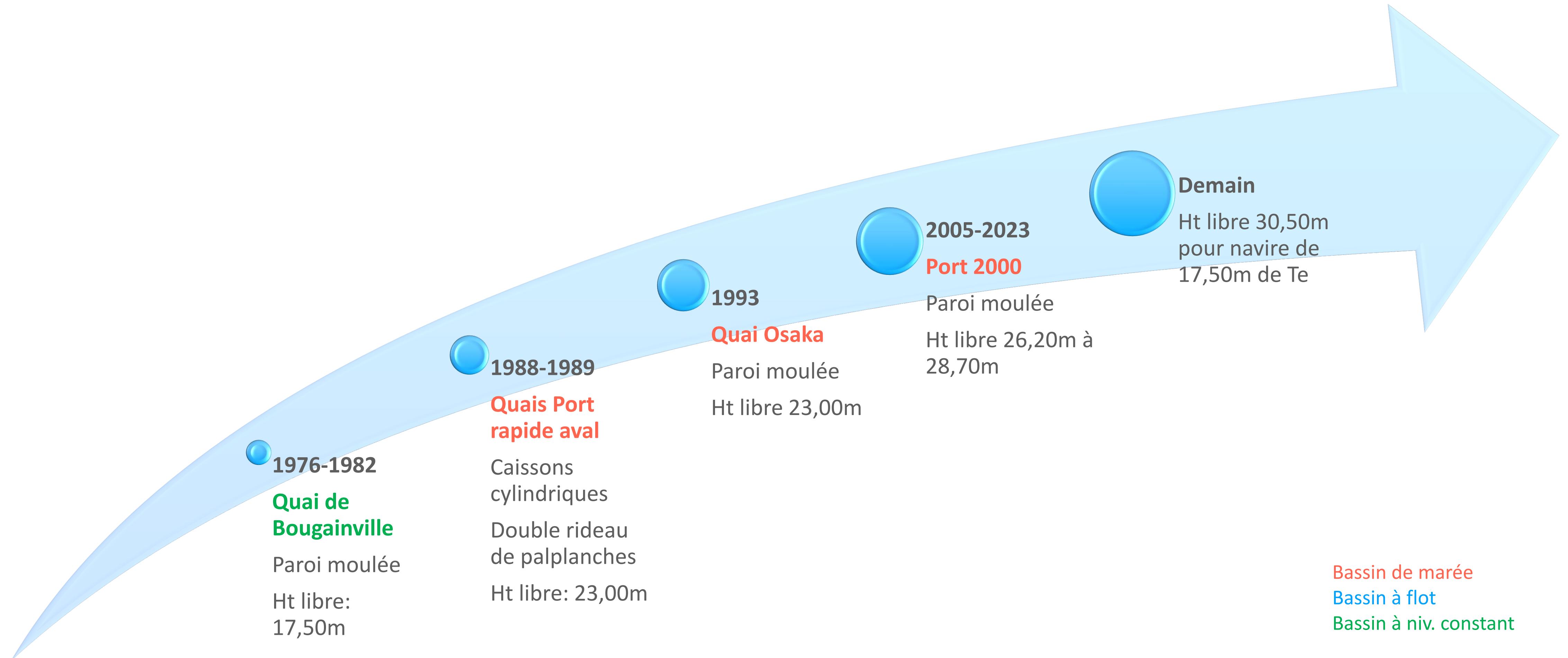
04/12/2025

Philippe Joignant

Rétrospective sur les différents types de quais



Rétrospective sur les différents types de quais



Rétrospective sur les différents types de quais

Des ouvrages parfois anciens:

- Quai du bassin du Roy 1517
- Quai de Garonne 1889

Un patrimoine très varié:

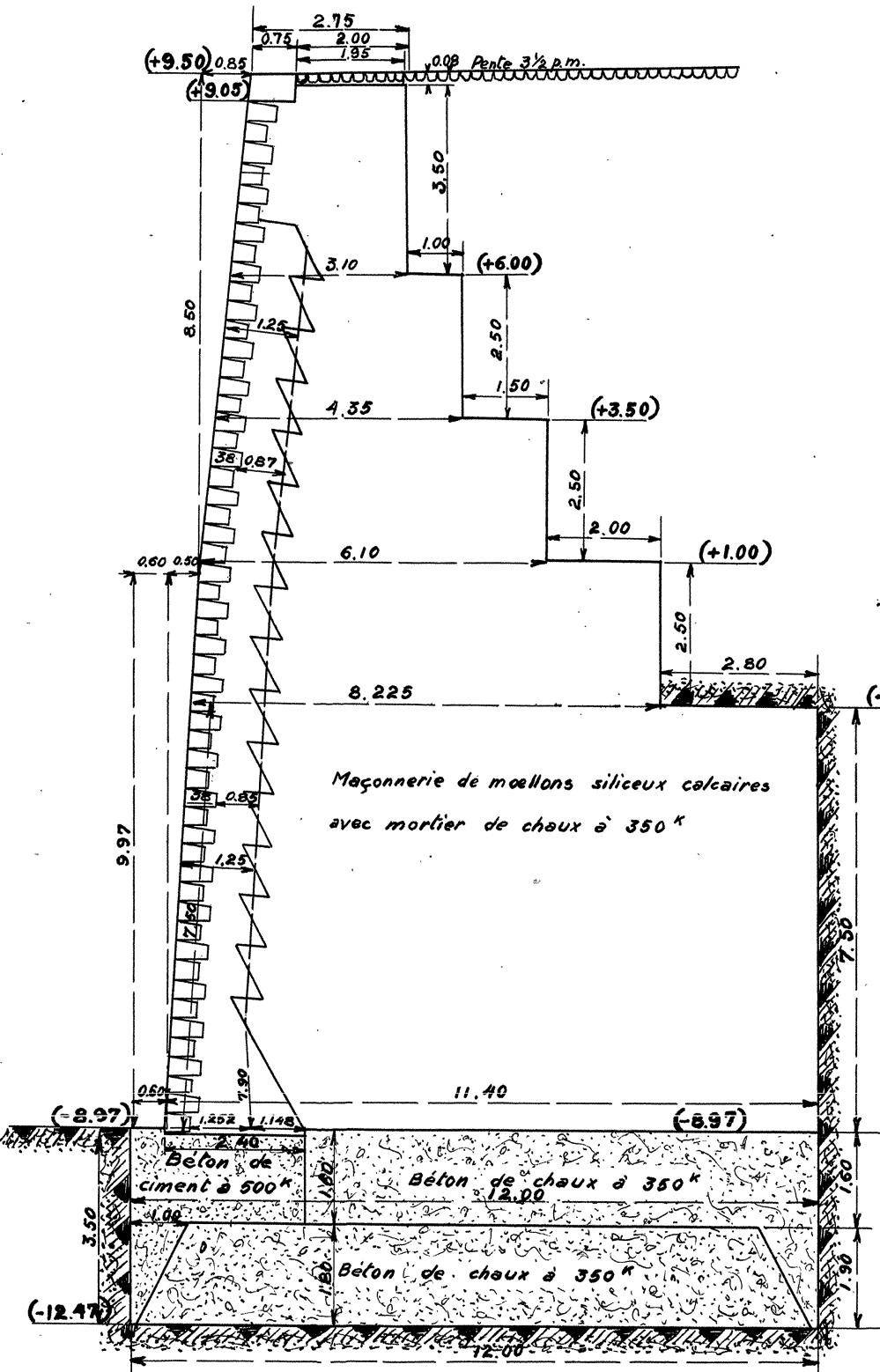
- Maçonnerie
- Quai danois sur pieux bois
- Caissons et dalles en béton précontraint
- Caisson en béton armé
- Quai en palplanche
- Quai en paroi moulée

Une obsolescence non programmée - Grey Port

- Faire du neuf avec du vieux pour plus de capacité et si possible pour pas trop cher...

Les étapes clefs

Avant 1940

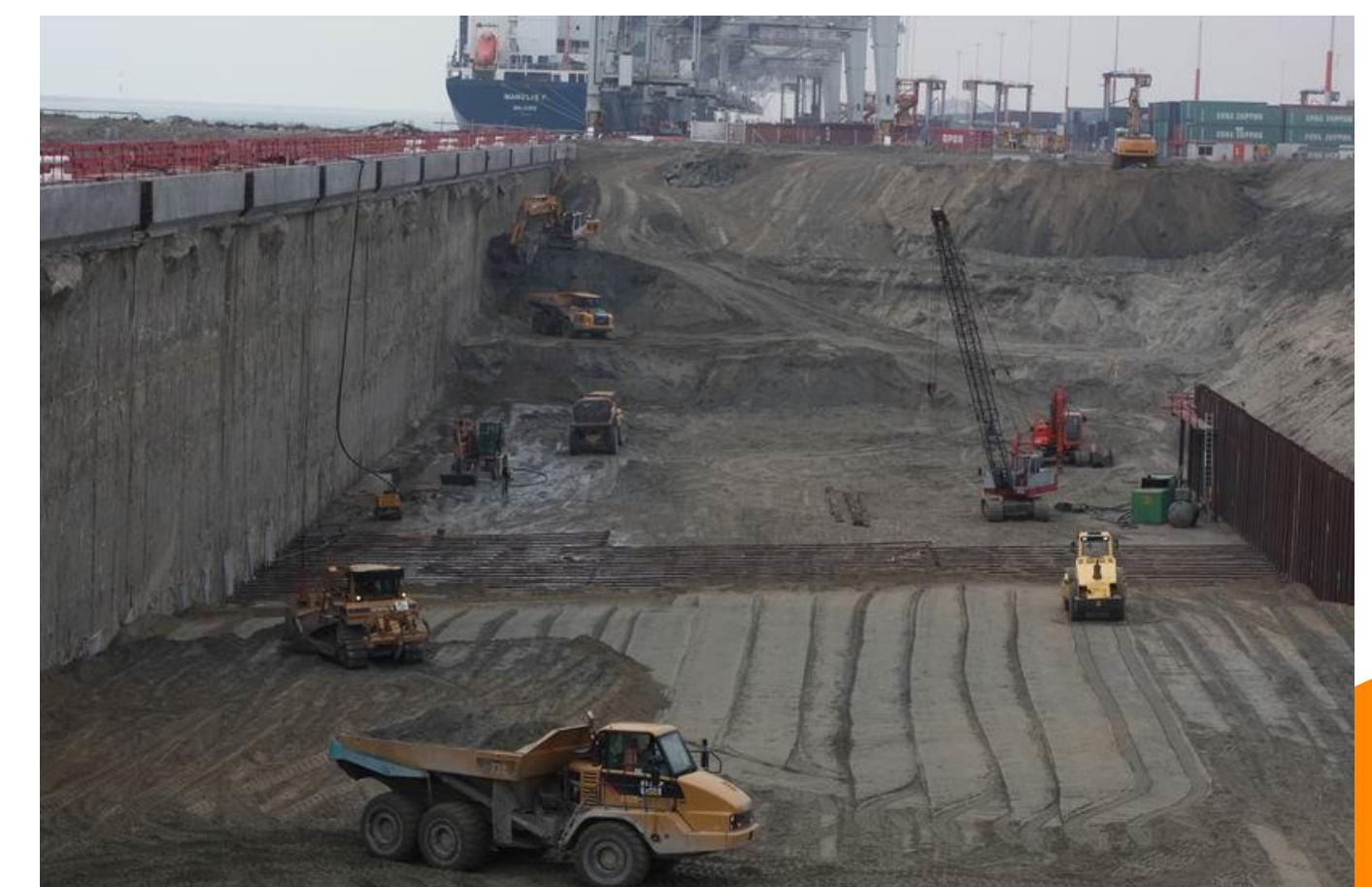


1950 – 1962

La reconstruction



La période moderne 1970 – 1985 - 2000



Les méthodes de calculs

Les notes de calculs étaient parfois limitées à quelques pages rédigées à la plume.

La reconstruction a été le début de l'établissement de notes de calculs parfois très complexes.

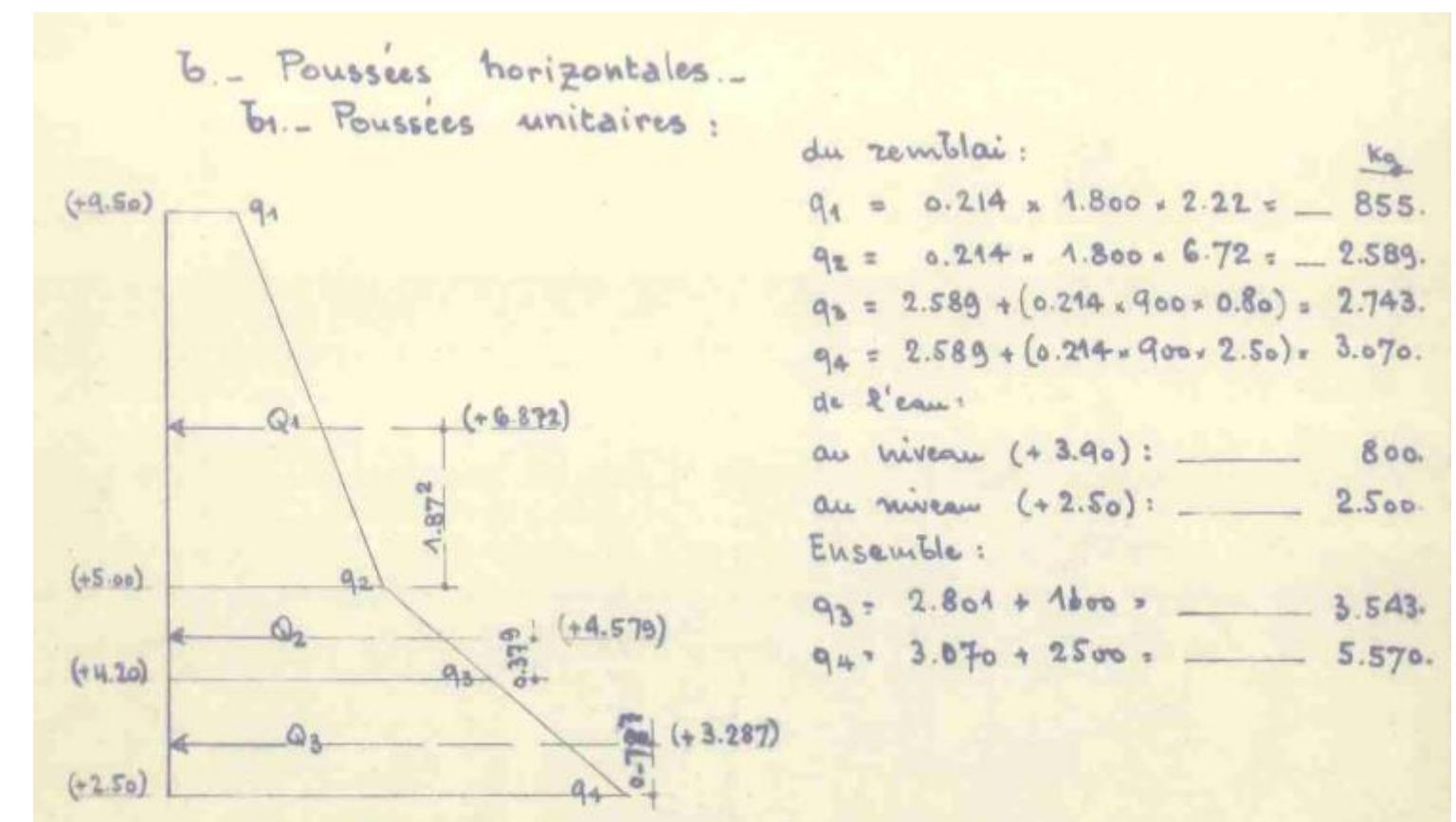
La période moderne a vu poindre les calculs informatiques sur ModComp avec des cartes perforées (écluse Fler) puis sur mini ordinateur avant de se généraliser avec des modèles de calcul élastoplastiques puis éléments finis sur PC.

Aujourd'hui la vérification d'un ouvrage de 1950 est parfois plus facile que celle d'un ouvrage de 2000, les tableurs et boîtes noires ayant replacés la feuille noircie où tout était explicité.

Mais parfois le problème était insoluble avec les méthodes de calculs à disposition alors on pratiquait l'expérimentation.

Poussie Q des terres.

La poussée Q des terres sur le mur en maçonnerie a été calculée suivant la méthode de Poncelet ; nous avons supposé que la ligne



La pointe de Floride - 1961



Le quai Pierre Callet – 1962 – Coupe type

La reconstruction a vu la fin du travail à l'air comprimé.

Les matériaux restaient chers et les moyens de levage limités.

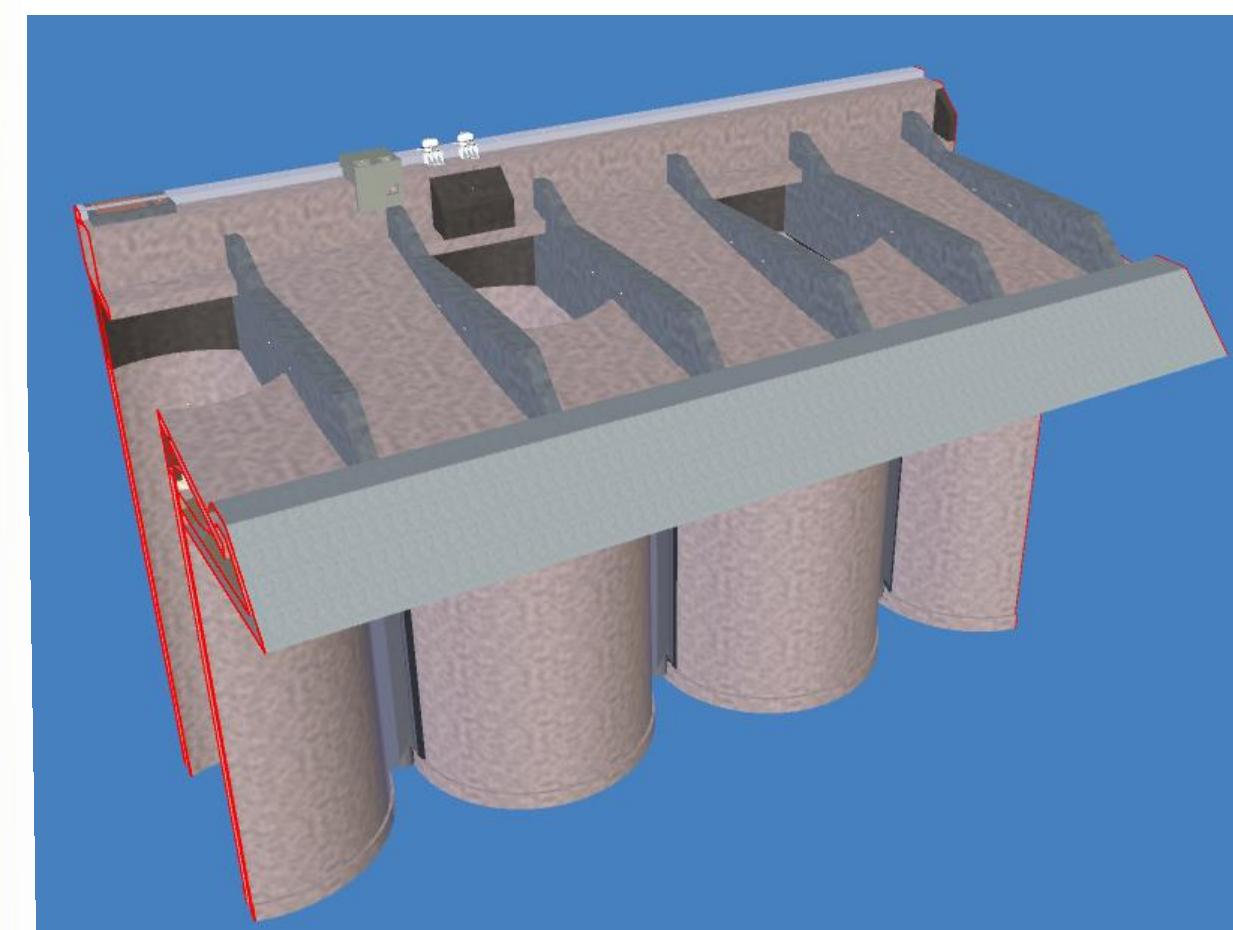
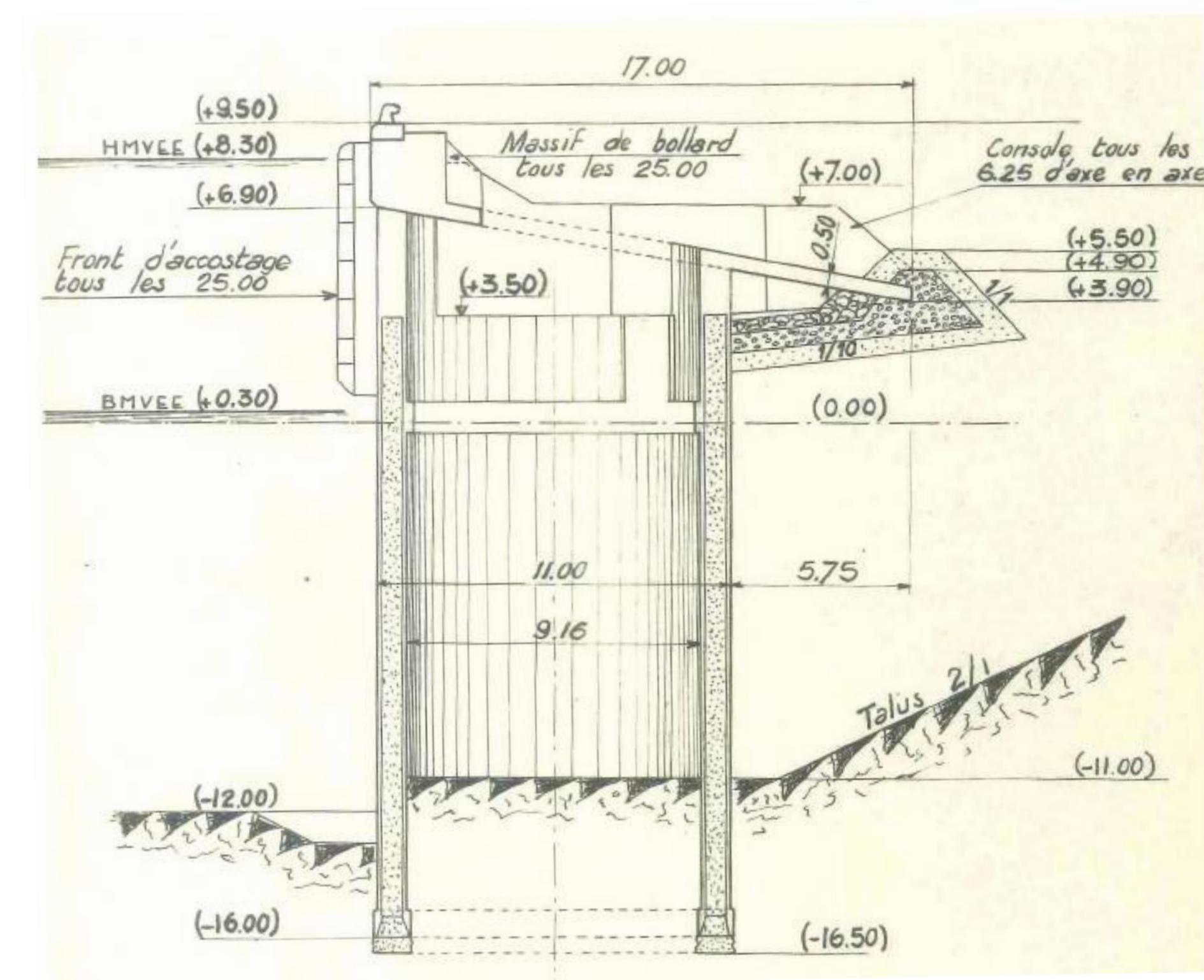
L'optimisation était recherchée.

Ouvrage – Entr. levaux:

- Cylindres havés de 11,00m de diam sans fond
- Epaisseur 92cm
- 2 consoles de 1,00m * 17,00m * 3,50m ht
- 1 dalle de décharge
- 1 Poutre de couronnement
- 1 Filtre arrière

Question:

- Participation du noyau de sol à la portance de la pile



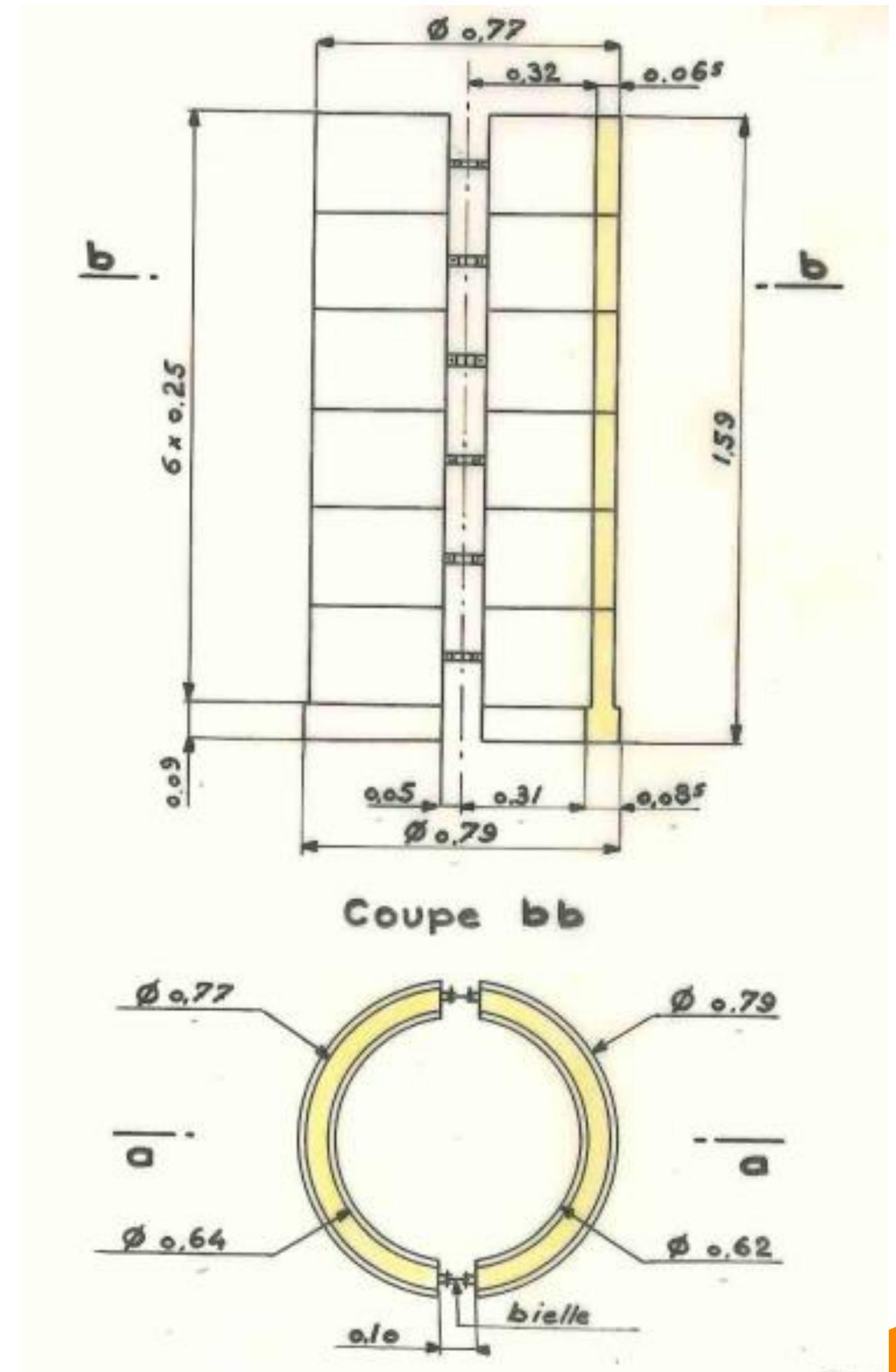
Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

Modèle:

- Ech 7/100,
- Cuve d'essai cylindrique de 6,50m de diam. et 4,35m de ht,
- Sol modélisé par du sable compacté par couche de 35cm,
- Prise en compte de la stratigraphie,
- Prise en compte des efforts Vert et Hz
- Pile modèle constituée de 7 anneaux BA

Mesures:

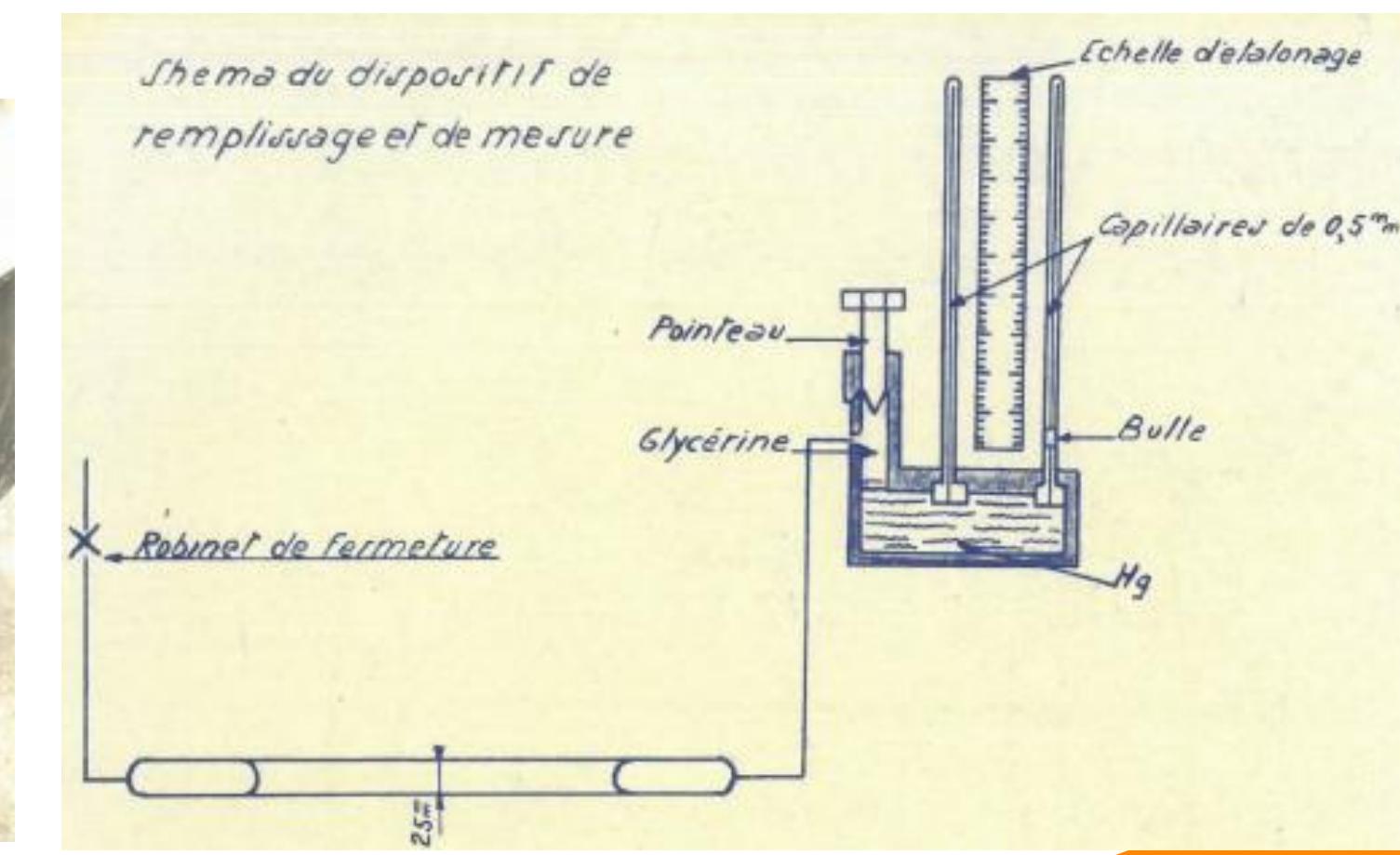
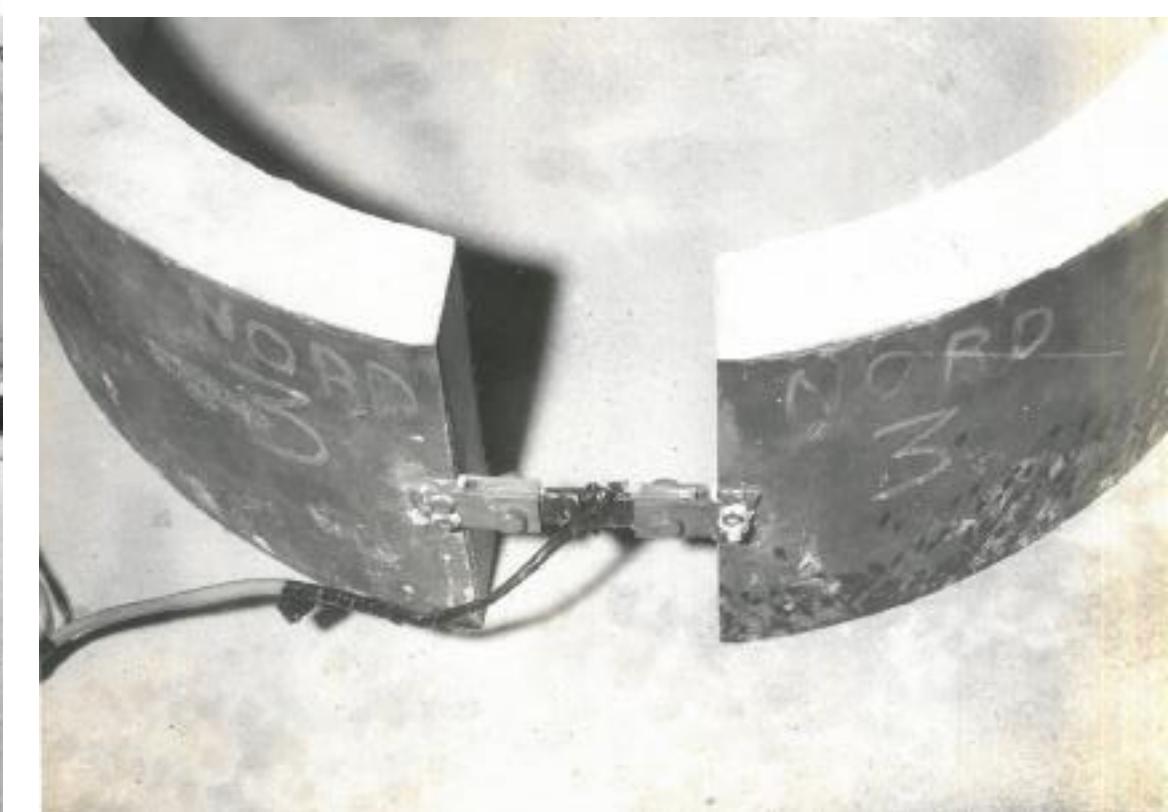
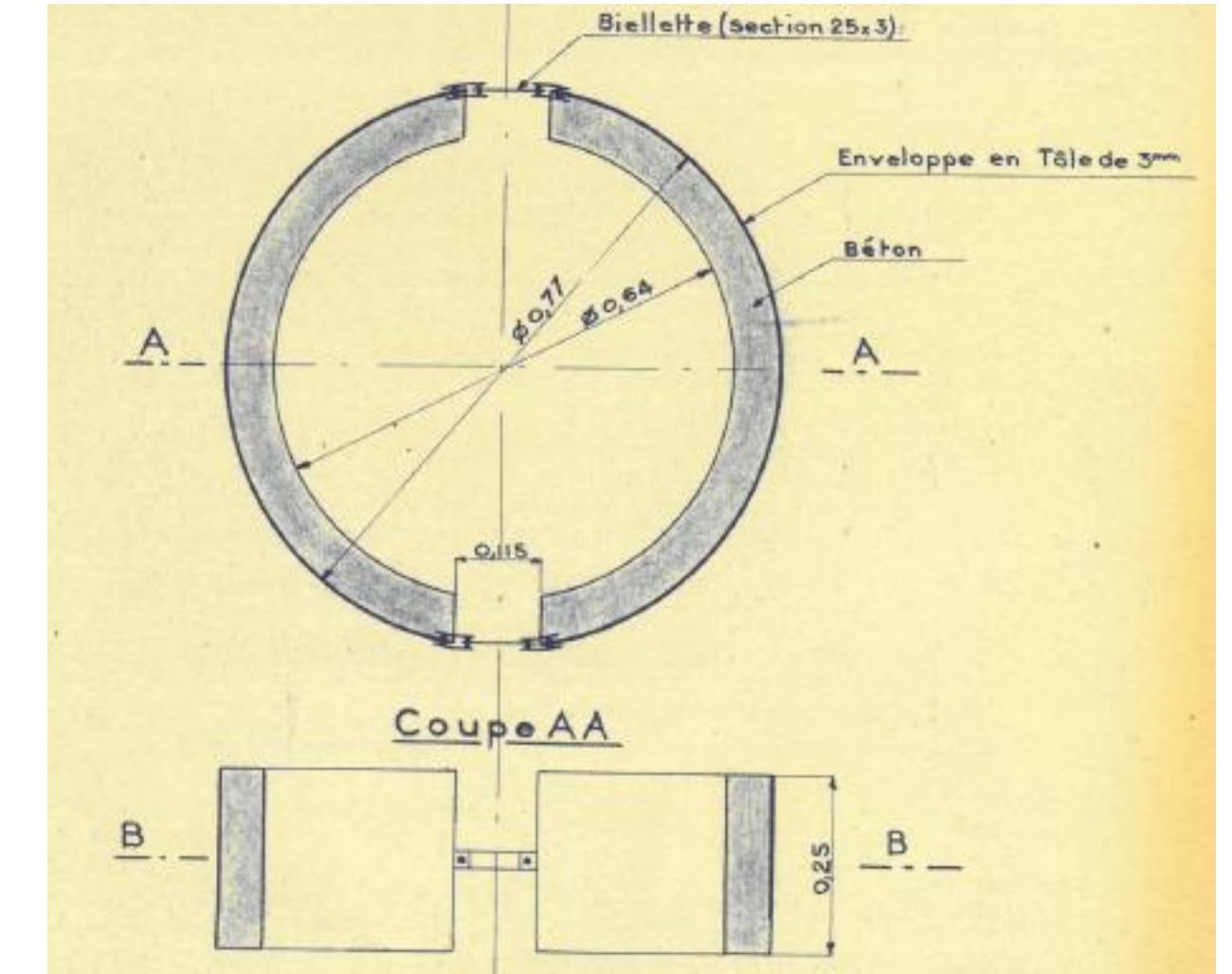
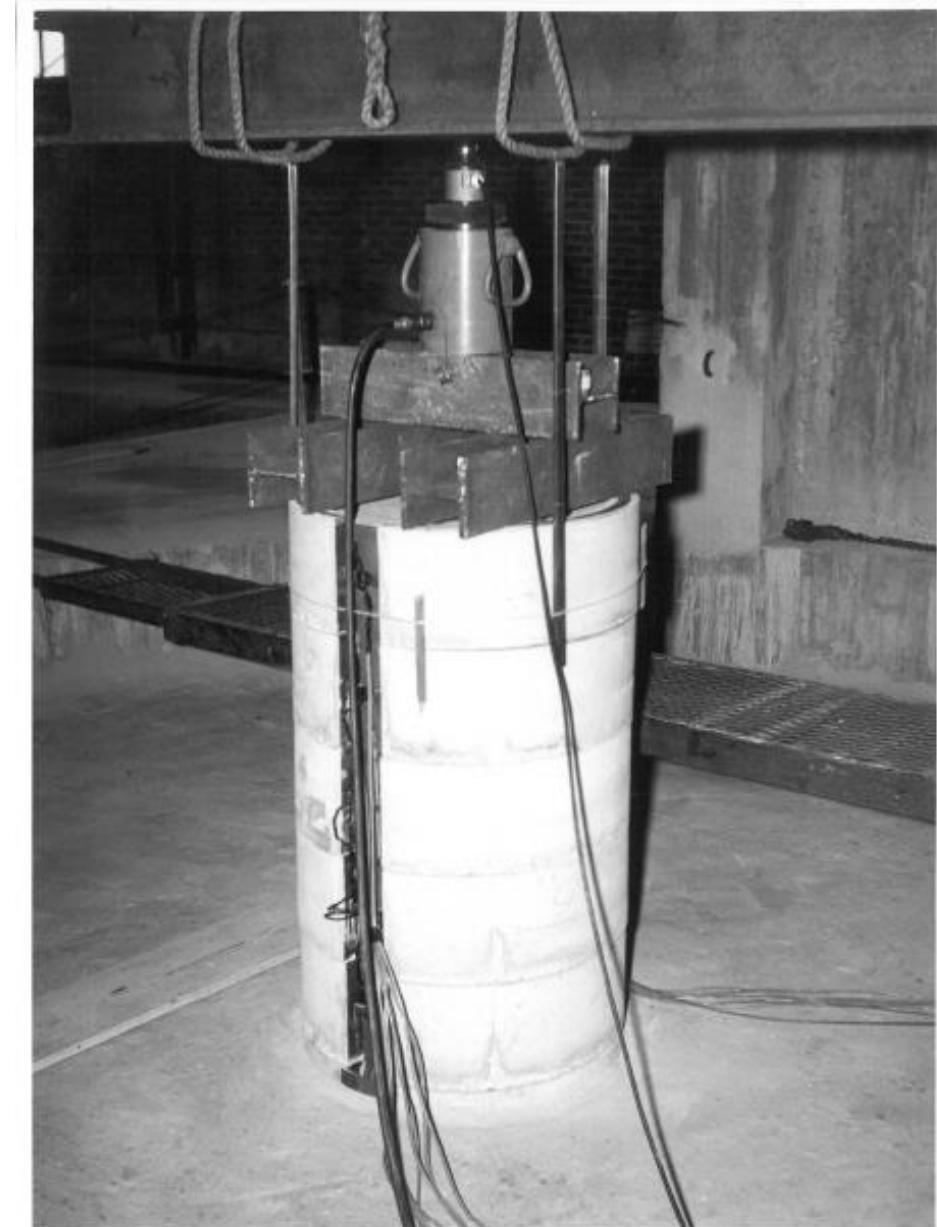
- Anneaux constitués de 2 éléments béton-acier comportant des jauge de contraintes sur les bielles les reliant,
- Vérin plat annulaire à la base de la pile,
- Mesure de tassement en tête et en pied pile + sol,
- Mesure du milieu d'essai: densité, teneur en eau



Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

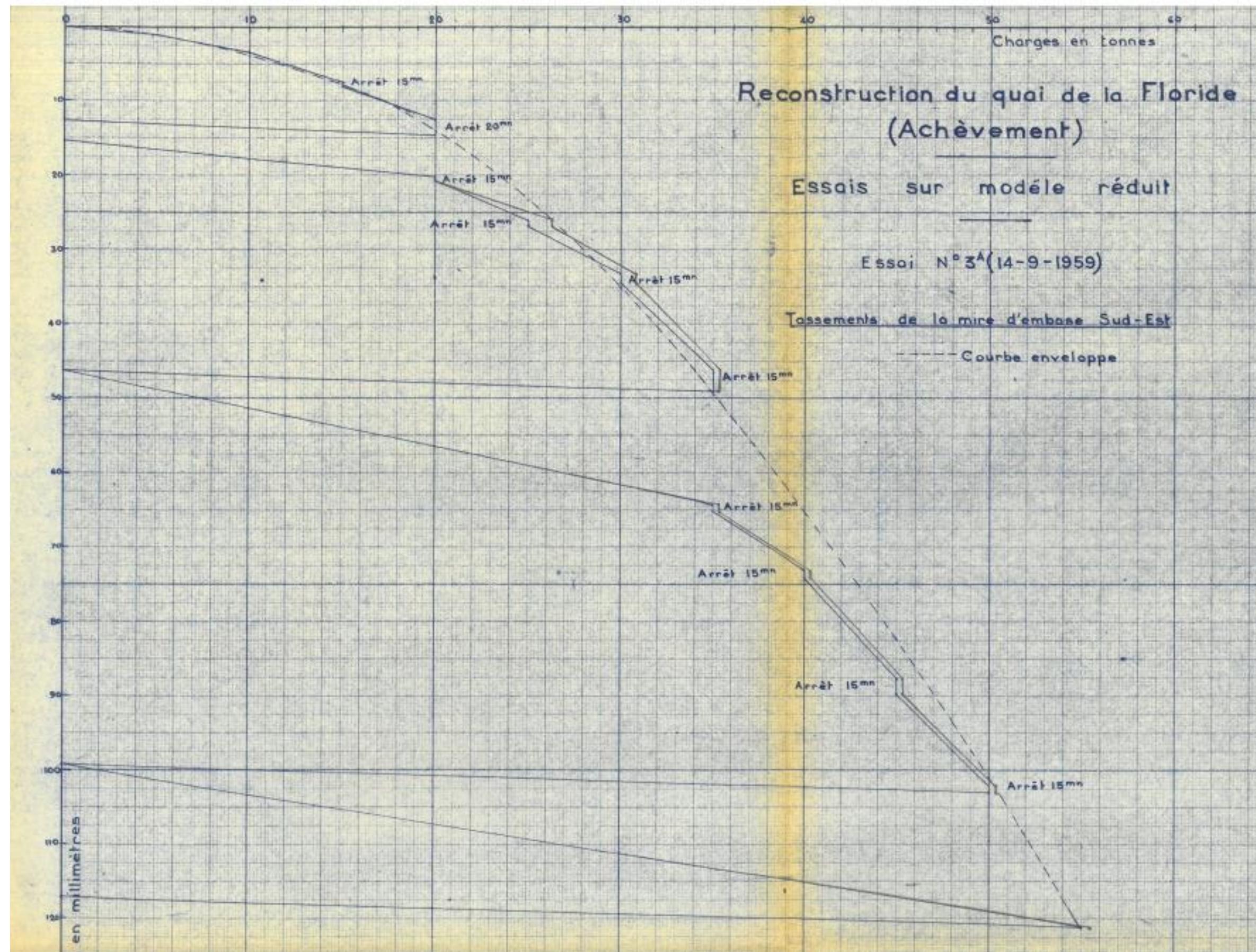
Programme d'essai:

- 9 essais,
- Chargement Vert + Hz par palier avec cycle de déchargement,
- Chargement de 1 à 3 piles.

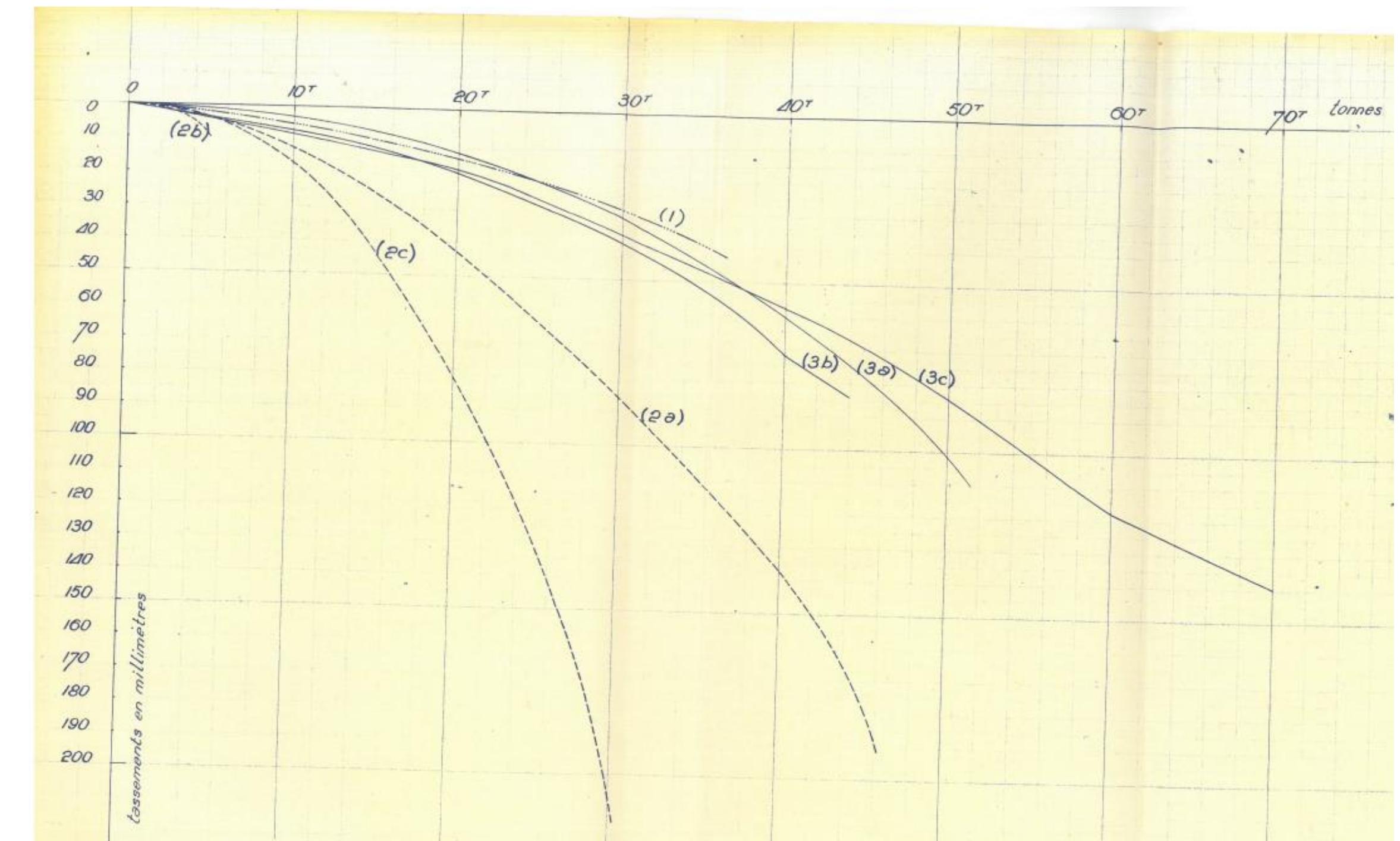


Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

Tassements – Essai 3A



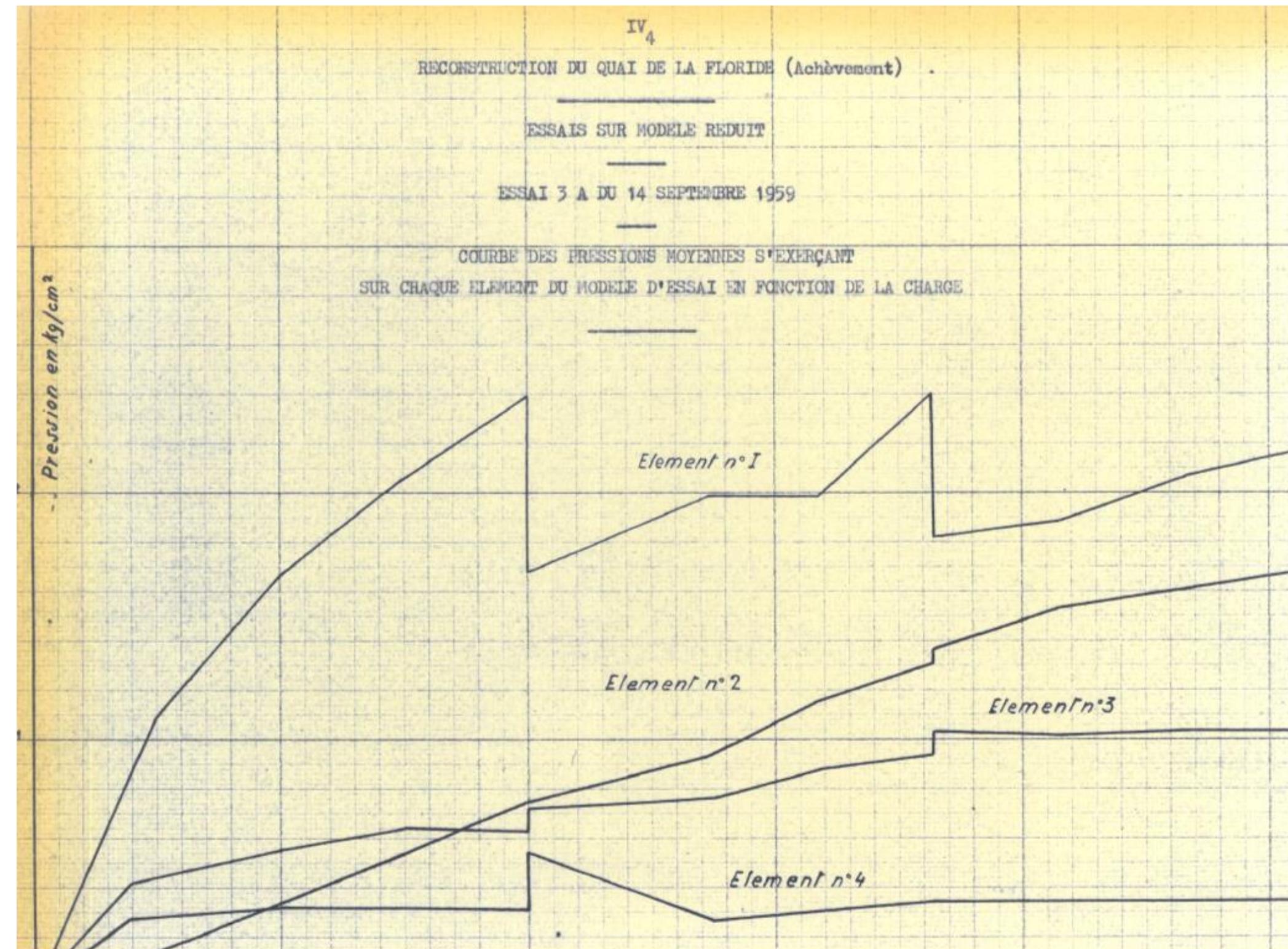
Mod 2a: sol meuble $\gamma=1,45\text{t/m}^3$ ht remblai 1,60m
Mod 2c: sol meuble $\gamma=1,45\text{t/m}^3$ ht remblai 0,30m
Mod 1-3: sol compacté $\gamma=1,70\text{t/m}^3$
Mod 3c: base à fond plein



Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

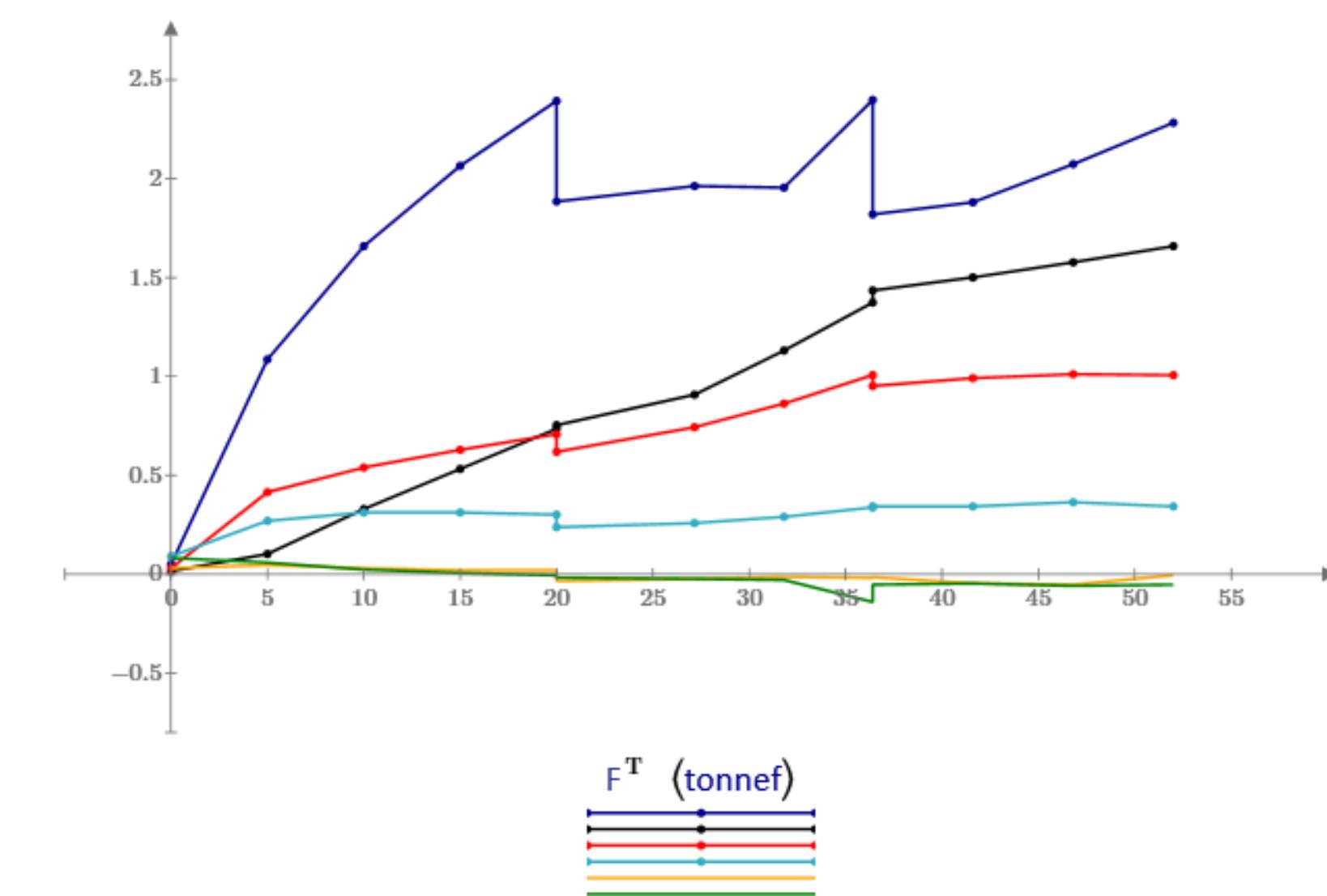
Pressions Hz du sol – Essai 3A

- Calcul de la traction dans chaque anneau
- Calcul de la pression sur l'anneau



$$T = \frac{\Delta R_{R.S}}{\text{facteur.S}} + \frac{\Delta R_{R.N}}{\text{facteur.N}}$$

$$p = \frac{T}{r \cdot H}$$



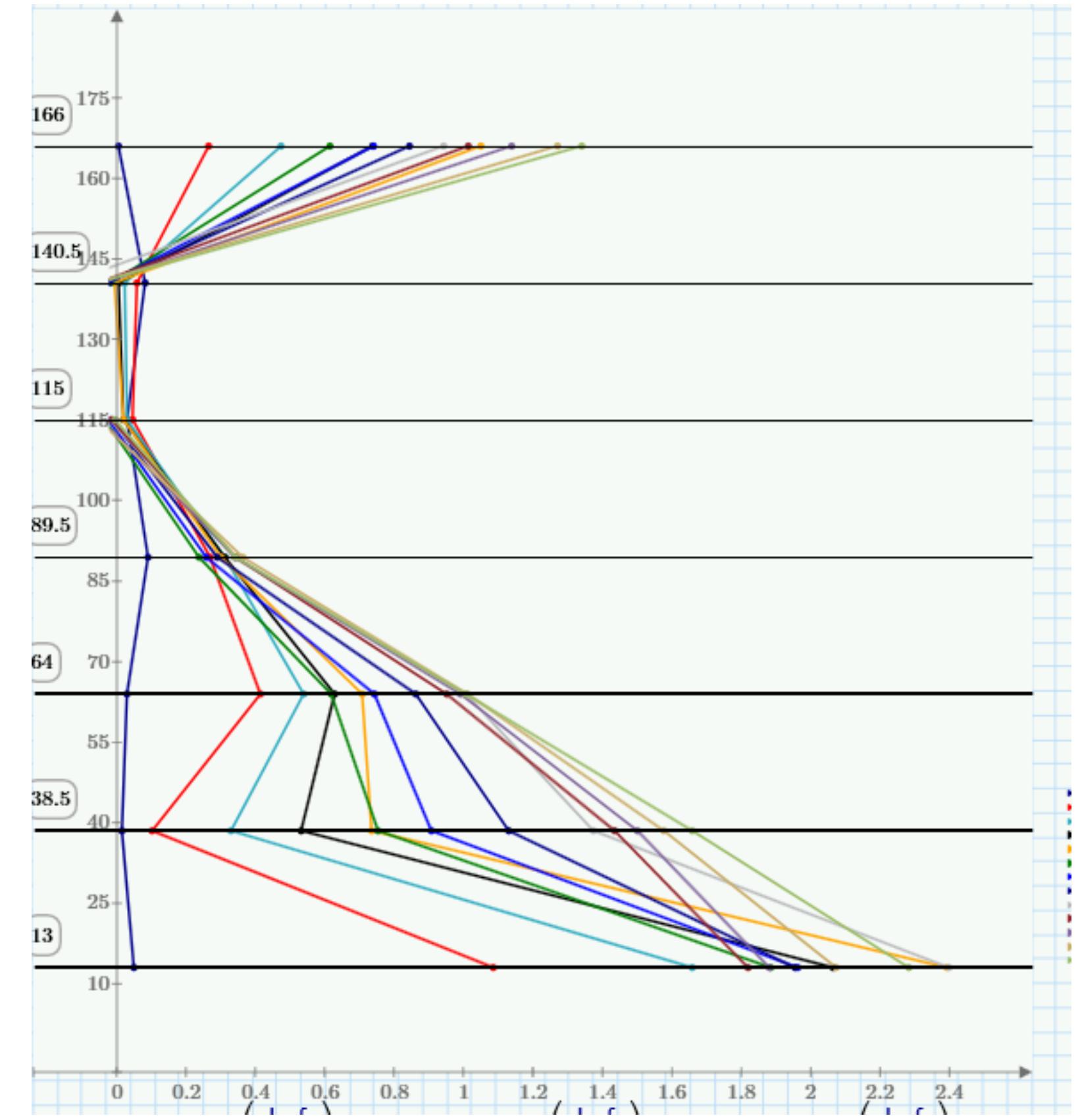
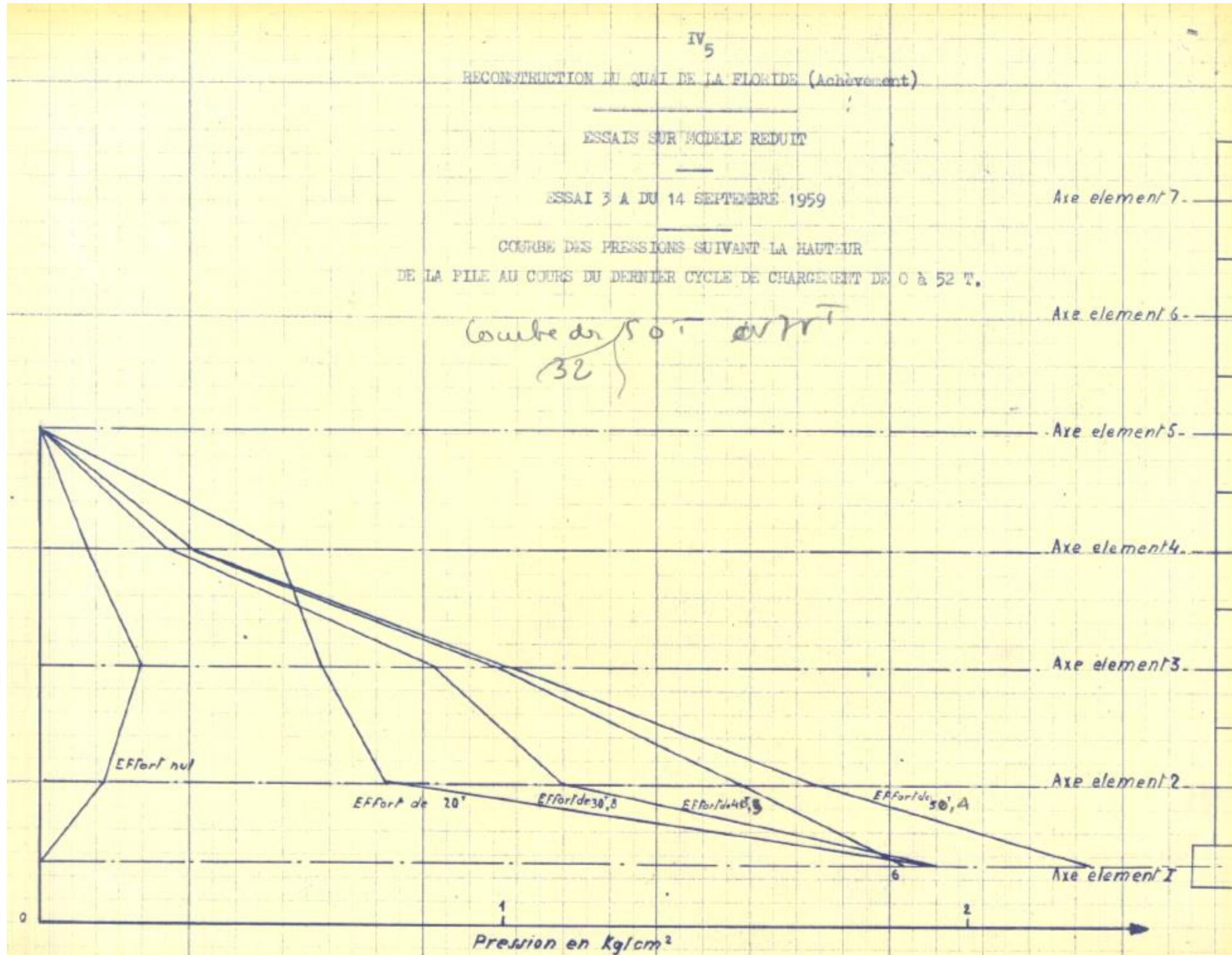
Constatation:

Pression Hz très faible sur les parois de la pile
à partir de l'élément 4.

Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

Pressions Hz du sol – Essai 3A

- Détermination des pressions sur la hauteur de la pile



Constatation:

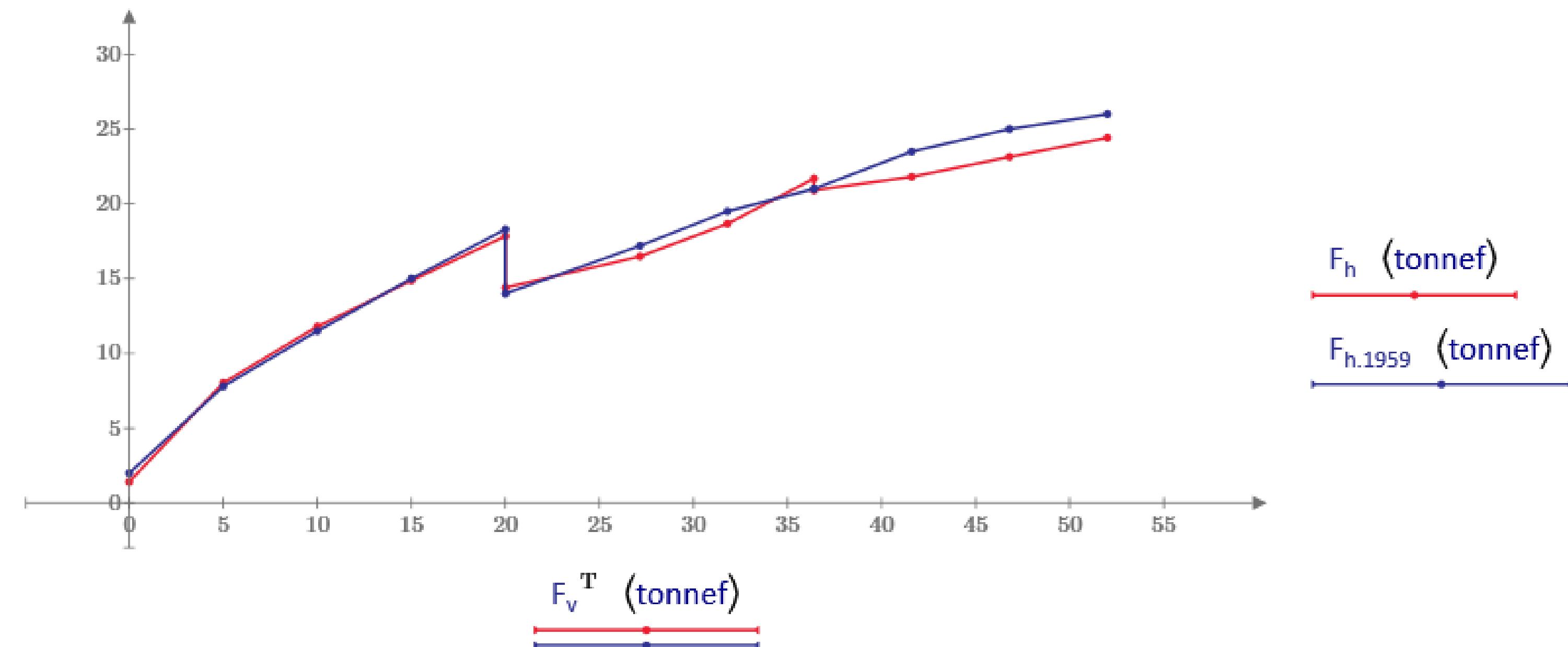
A parti de 40t de poussée, le diag de pression est quasiment linéaire sur les 5 anneaux inférieurs

Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

Pressions Hz du sol – Essai 3A

- Détermination de l'effort Hz sur la hauteur de la pile

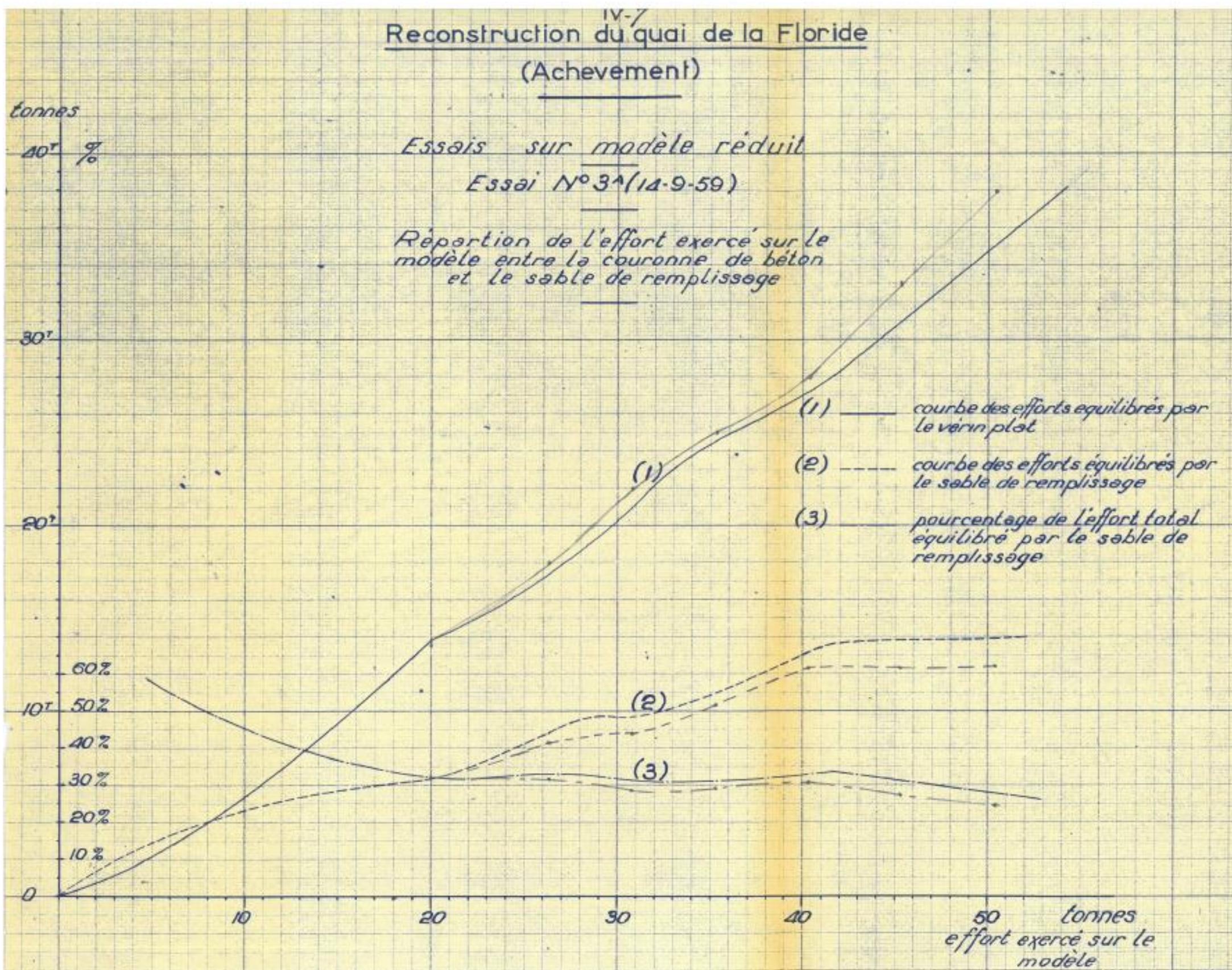
$$2 \cdot \pi \cdot \int_{H_{cum,1}}^{H_{cum,7}} r_{cal}(z) \cdot p_{inter}(z, i) dz$$



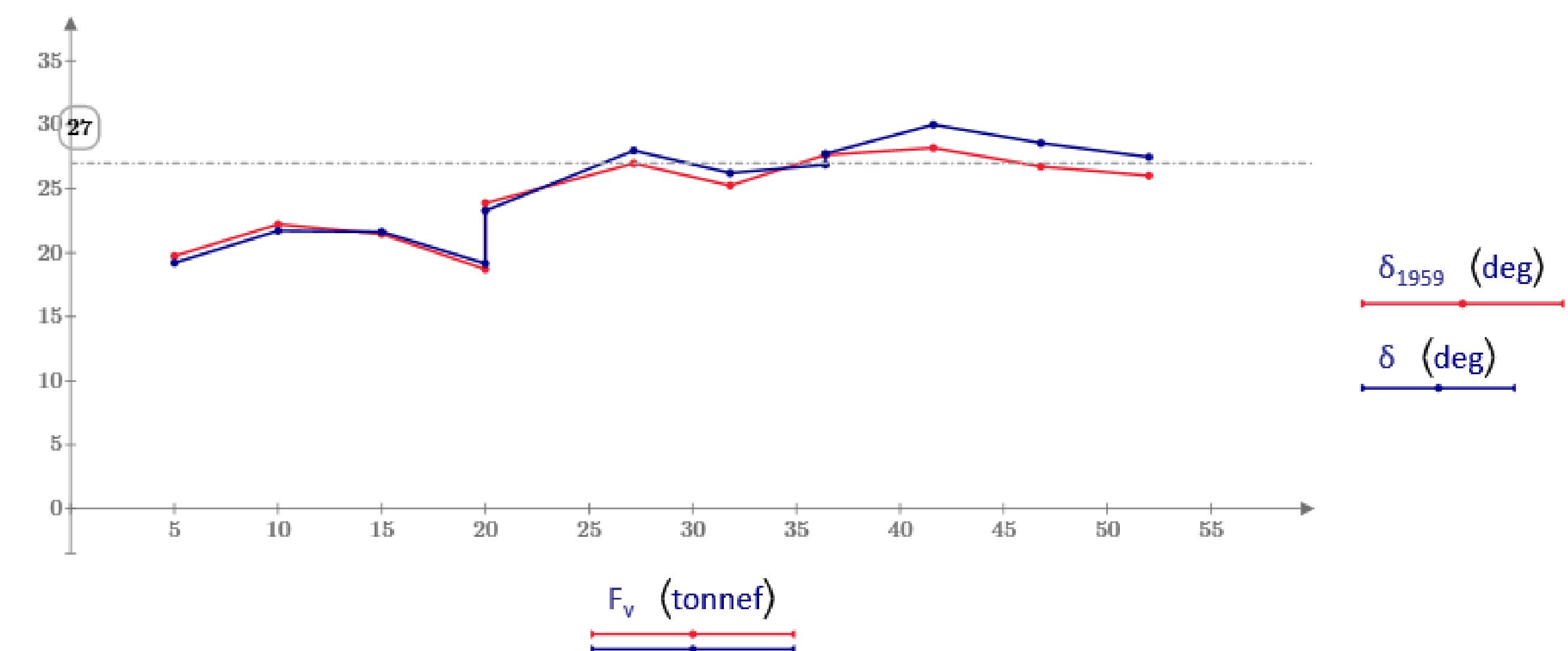
Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

Essai 3A

- Effort repris par le cylindre de sol
- Angle de frottement pile - sol



$$F_{v,sol} = F_v - F_{v,verin} \quad \delta = \tan \left(\frac{F_v - F_{v,verin}}{F_h} \right)$$



Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

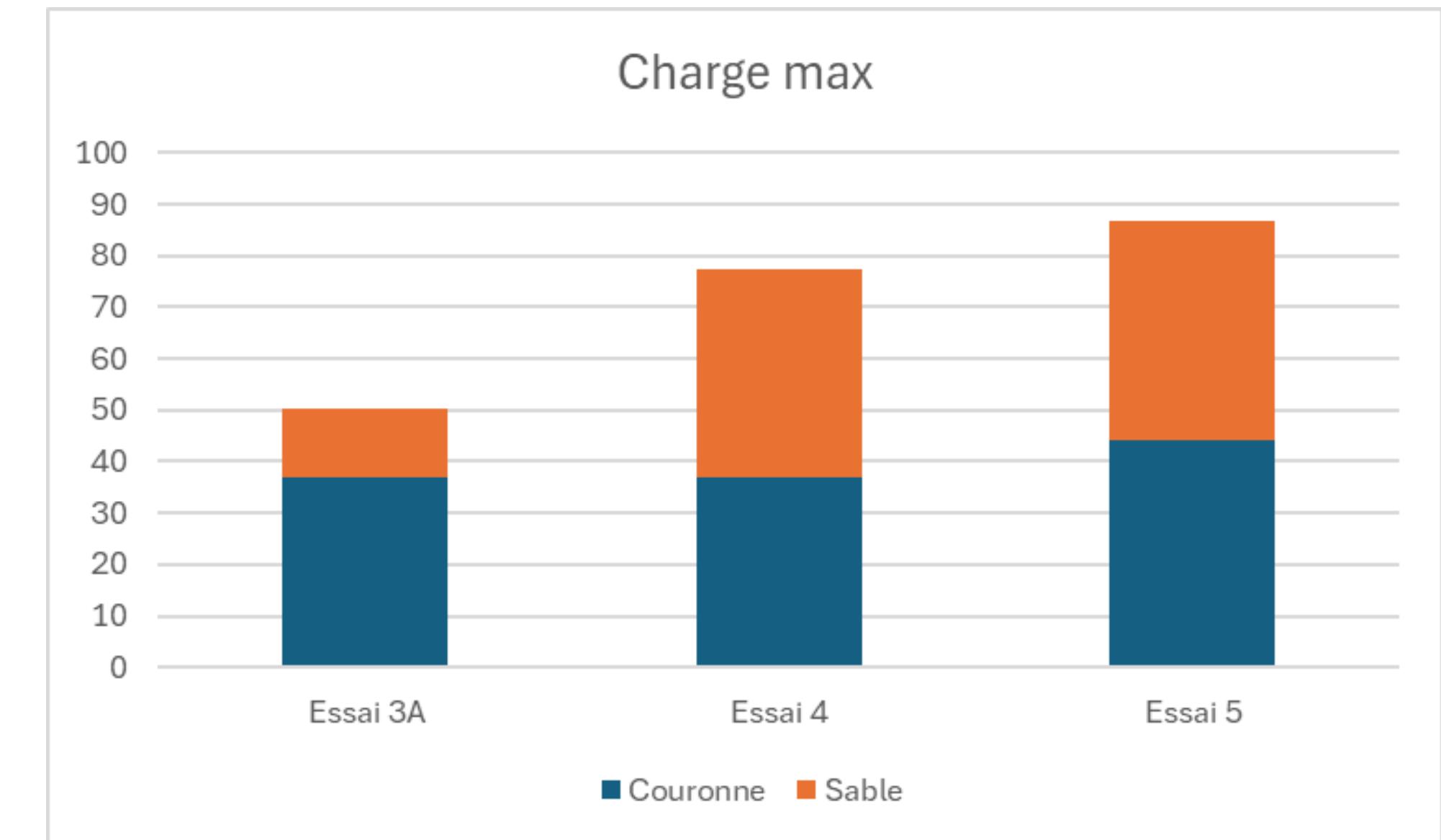
Portance 3 piles – Essai 4 et 5

La charge limite est portée de 50t à 70t + 40%.

La part du noyau passe de 30 à 50% de la charge max par rapport Essai 3A

Mise en évidence d'arc-boutements des piles.

Le tassement de la pile centrale diminue fortement: divisé par 2 à 3.

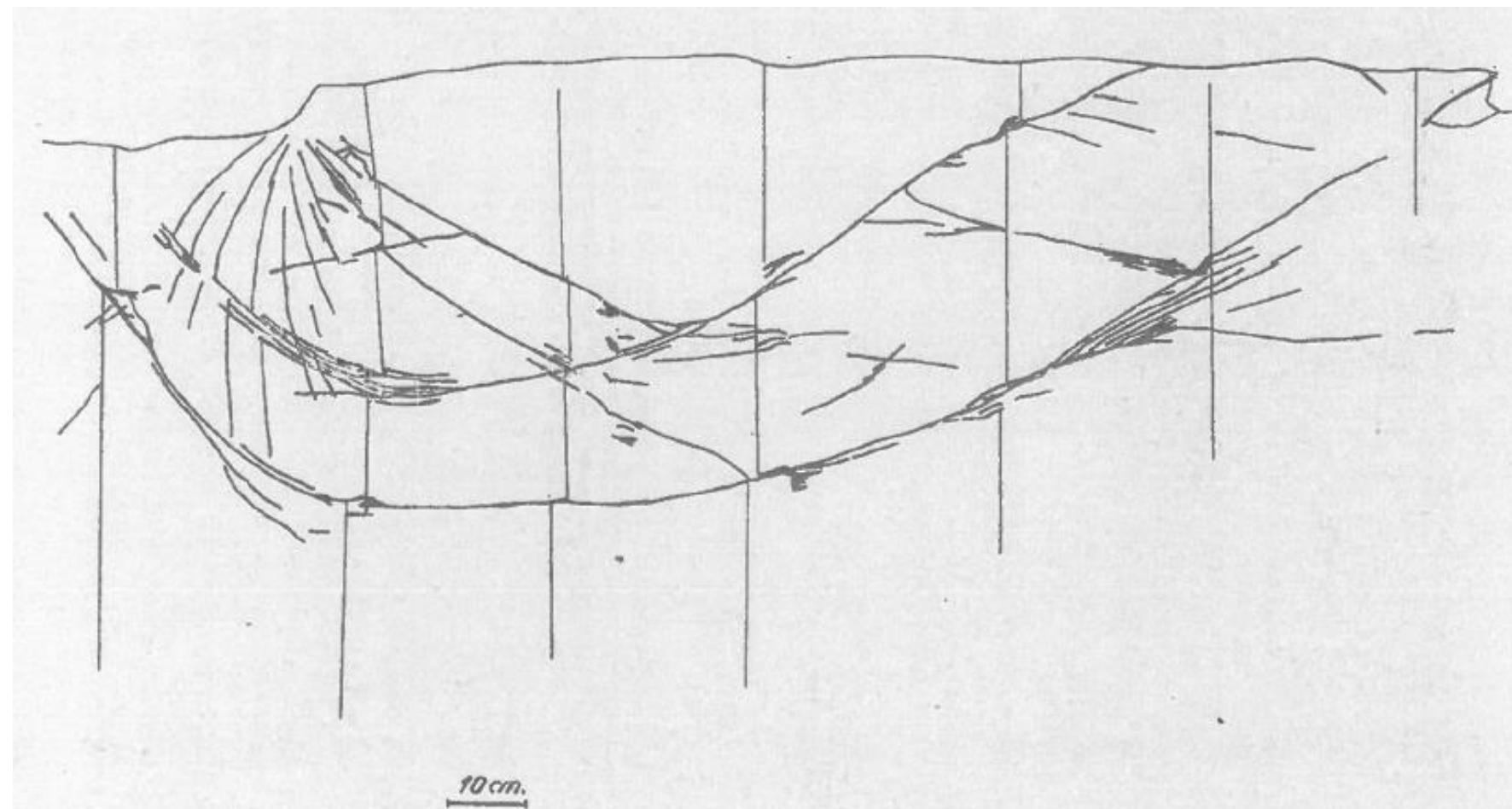


Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

Conclusions

Les 9 essais menés par le labo du PAH ont permis d'apprécier :

- La distribution des pressions de sol sur la pile,
- Le frottement du cylindre de sol sur la pile,
- Le comportement d'une pile en isolant la contribution du sol annulaire et de la pile béton,
- Le comportement en portance d'une succession de piles et la mise en évidence d'arc-boutements,
- La distribution des lignes de glissement sous les piles dans le sol modèle.

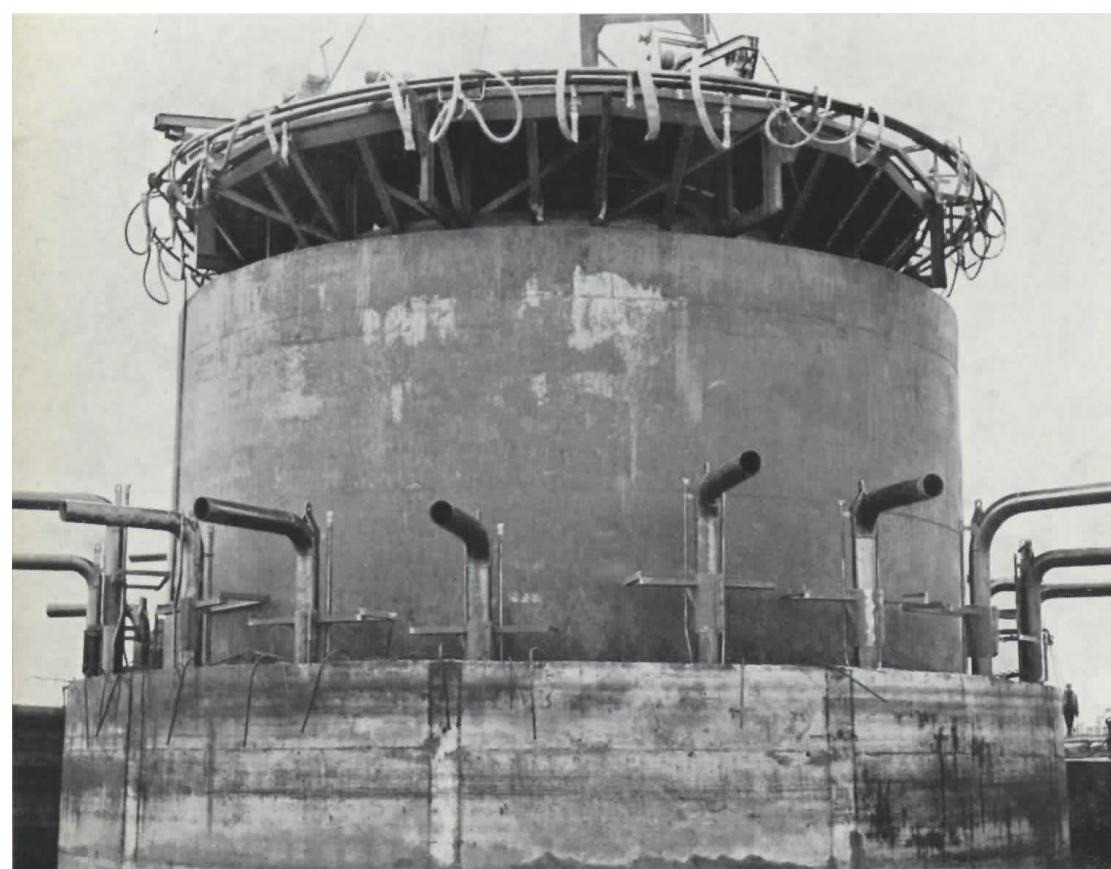
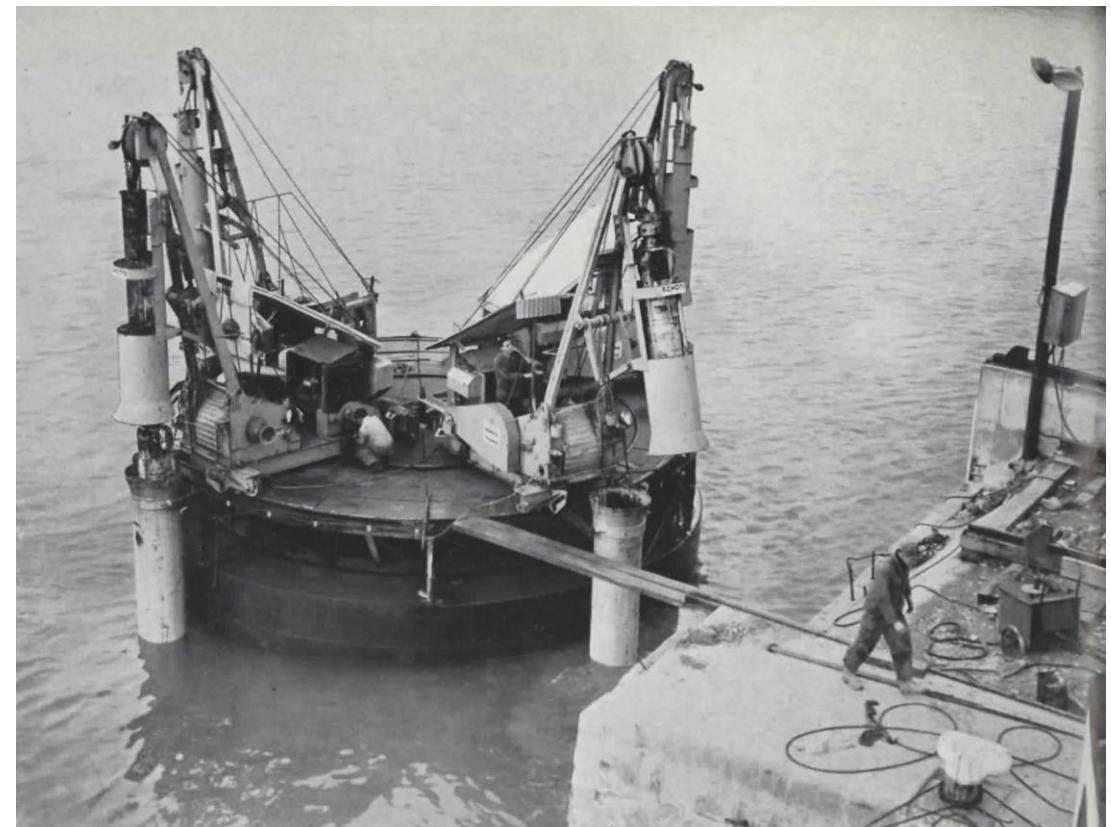


Les constatations ont permis de statuer sur le comportement global des piles en les assimilant à une fondation rectangulaire équivalente.

Le suivi in situ a été effectué sur la pile laboratoire 32 ...

Le quai Pierre Callet - 1962

La réalisation des piles



Merci de votre attention



HAROPA
PORT
Le Havre
Rouen
Paris

Les ouvrages de quai du Port du Havre
Focus sur le quai Pierre Callet