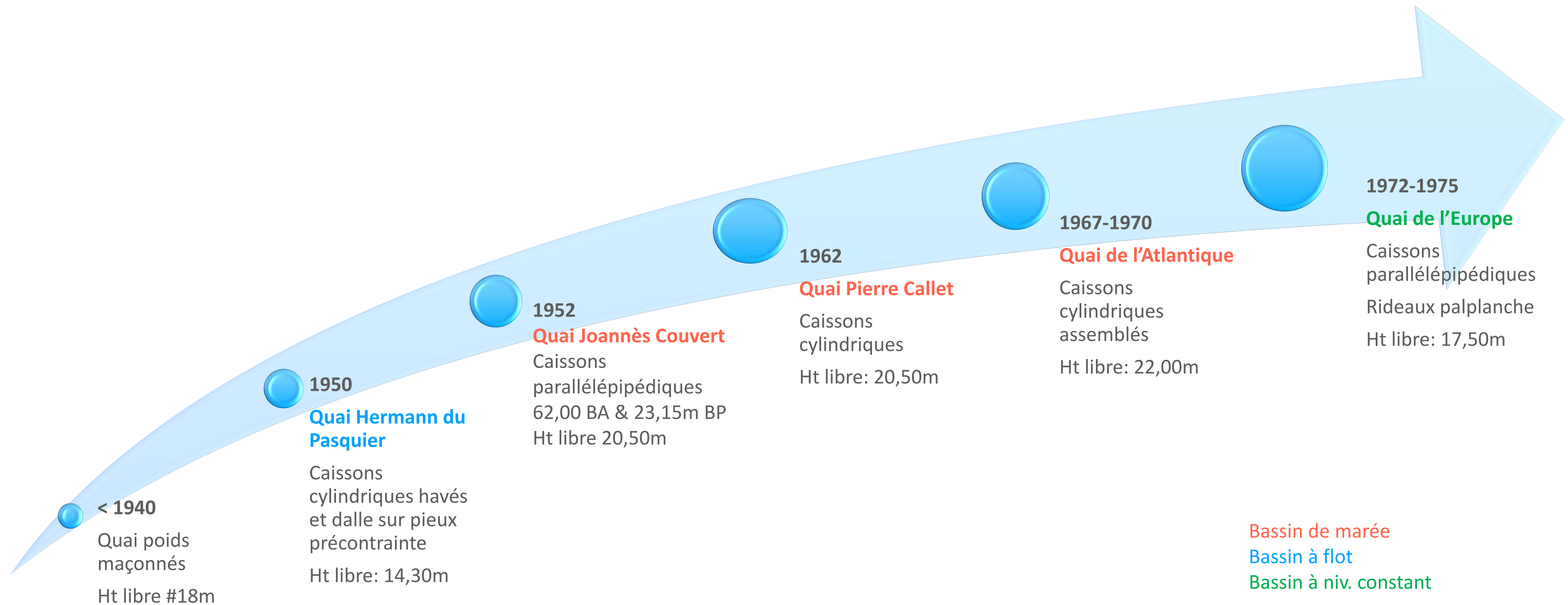


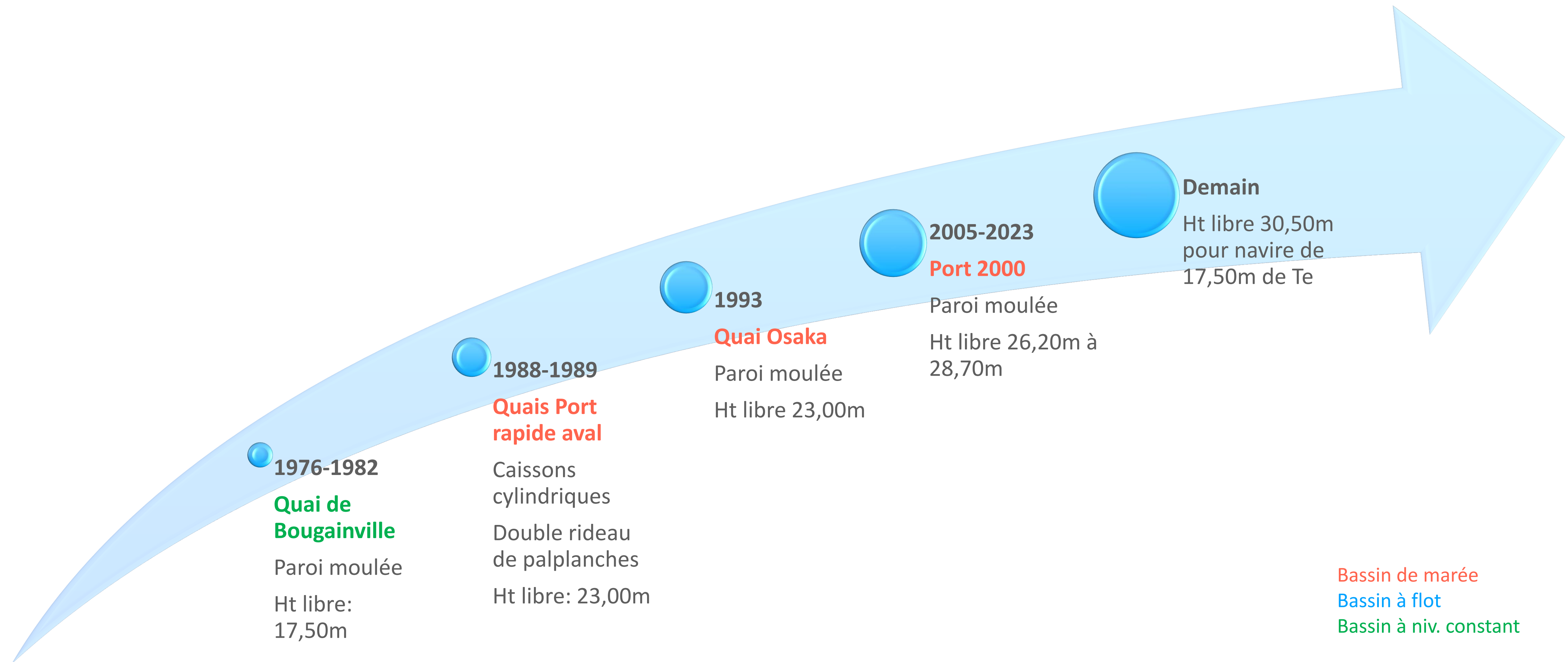
# Les ouvrages de quai du Port du Havre

## Focus sur le quai Pierre Callet

# 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

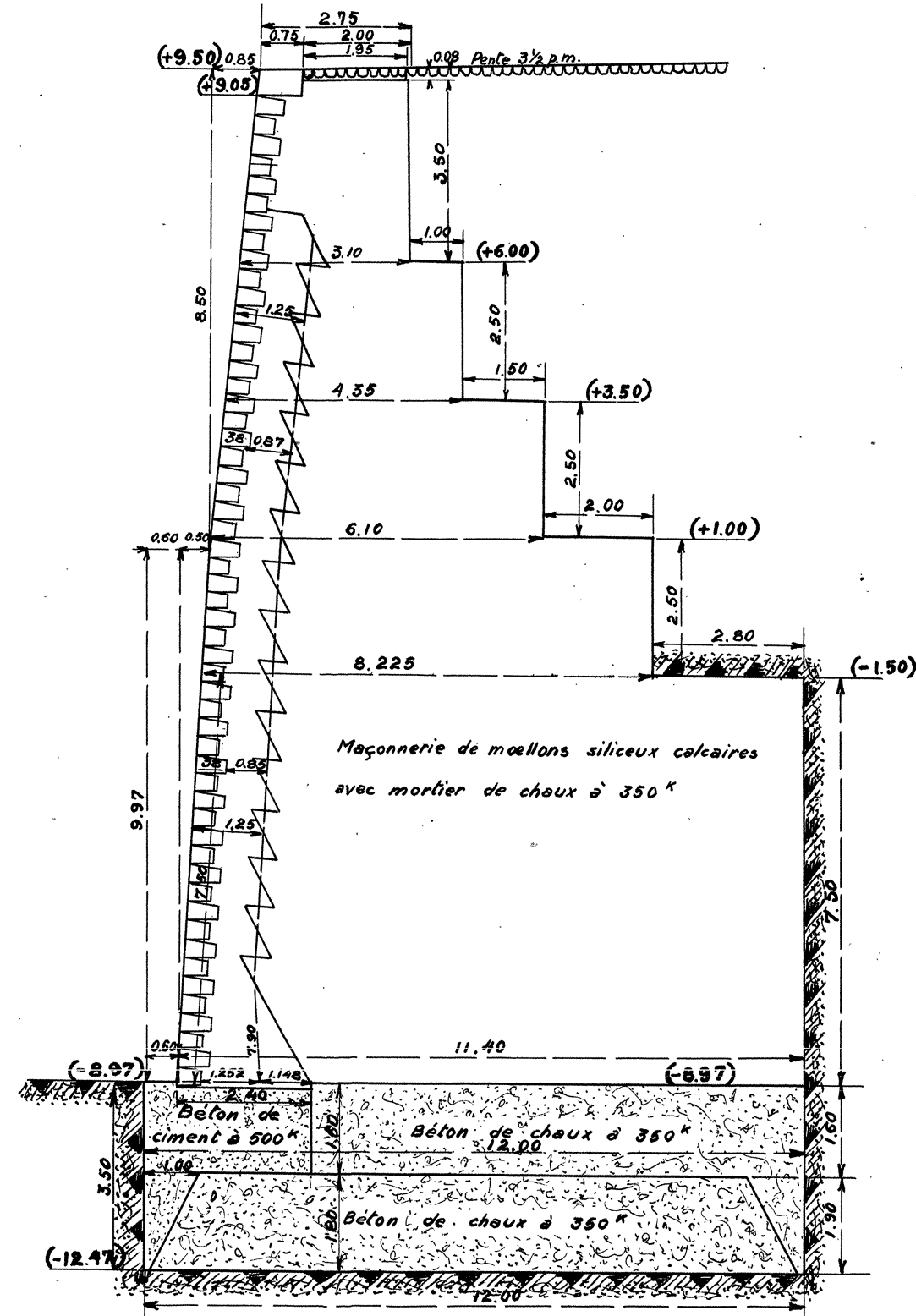
## Une obsolescence non programmée - Grey Port

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



# Les étapes clés

## Avant 1940

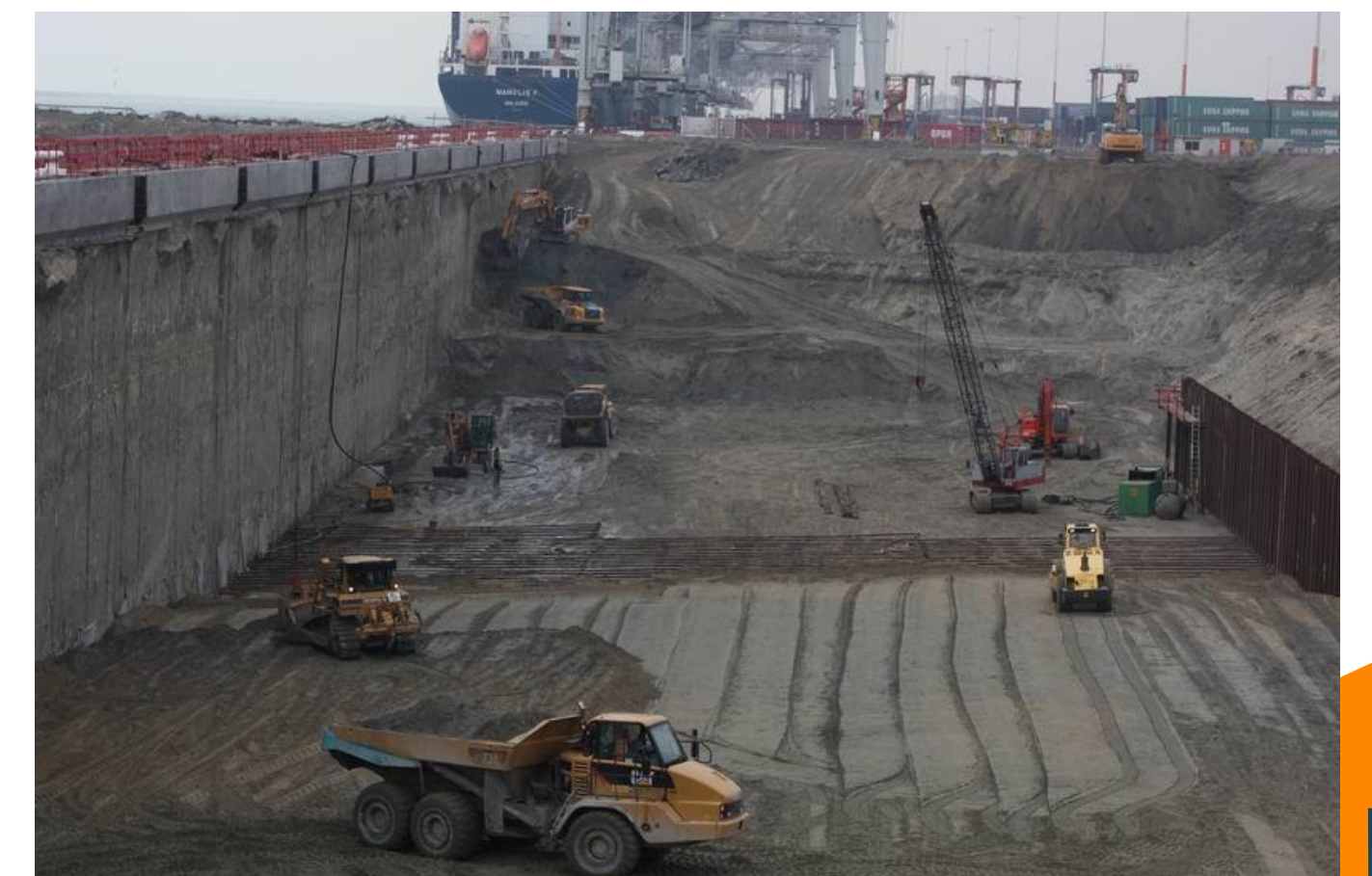


## 1950 – 1962

### 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.

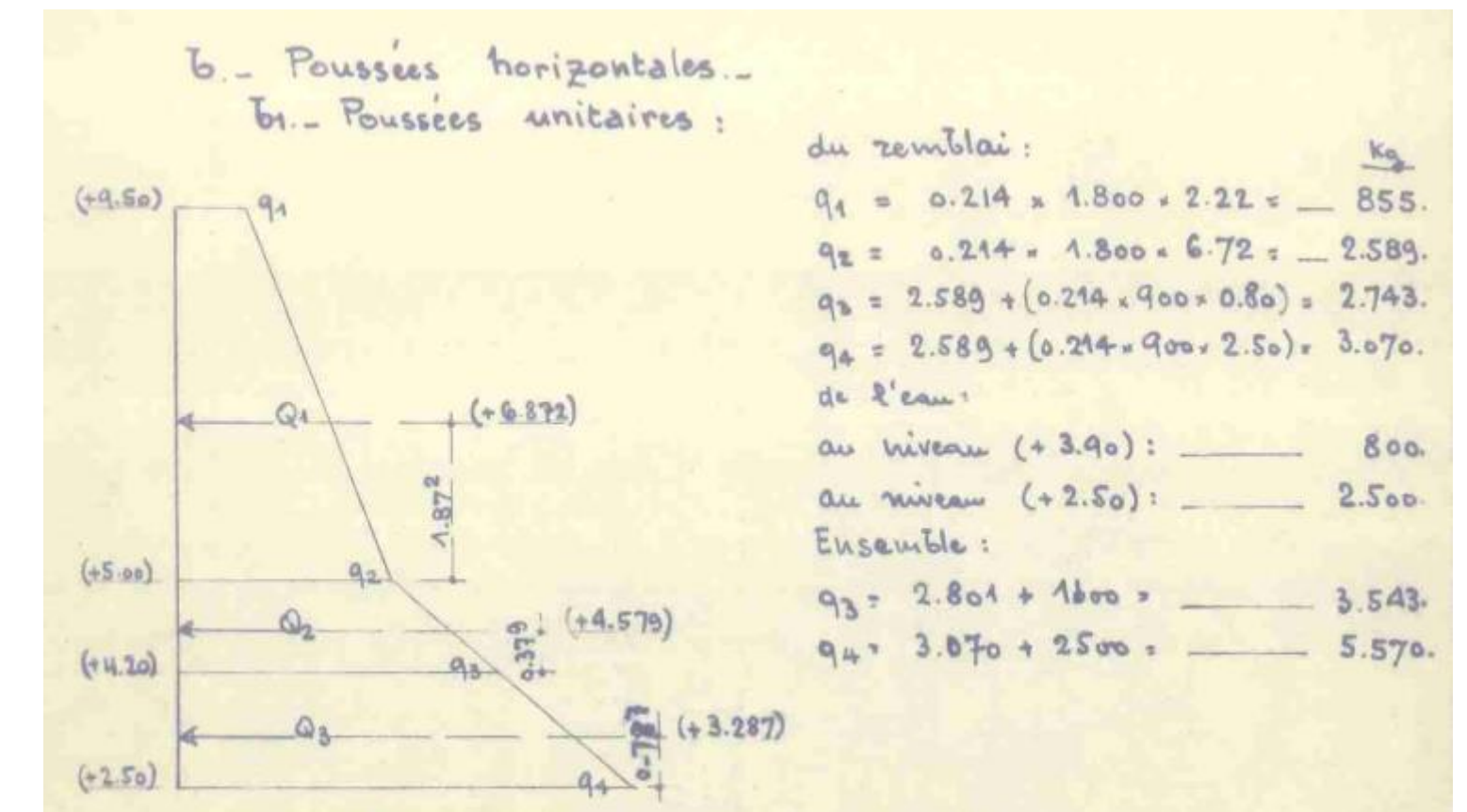
La reconstruction a été le début de l'établissement de notes de calculs parfois très complexes.

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 remplacés 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.

*Poussée 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

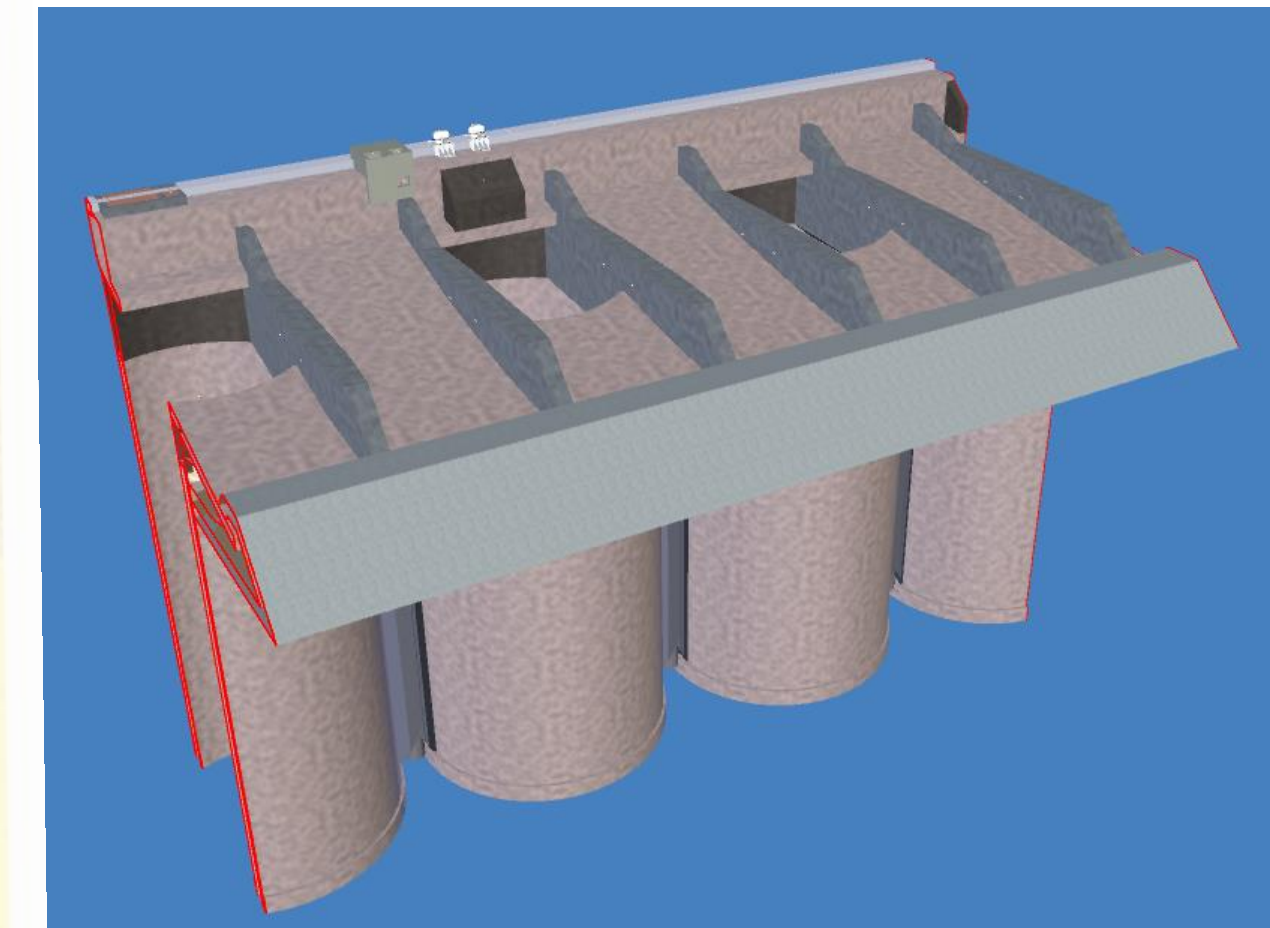
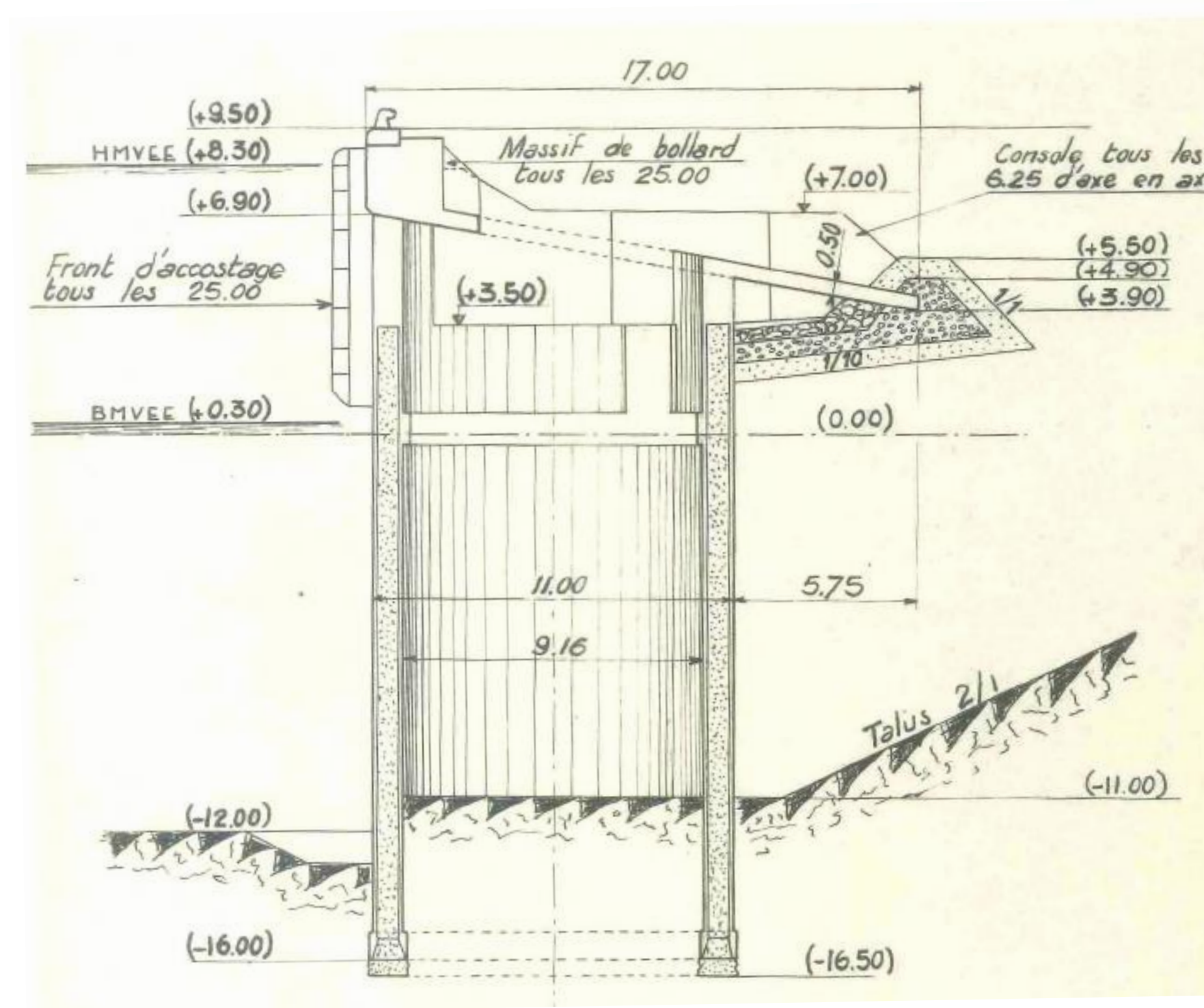
La reconstruction a vu la fin du travail à l'air comprimé.  
Les matériaux restaient chers et les moyens de levage limités.  
L'optimisation était recherchée.

## 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





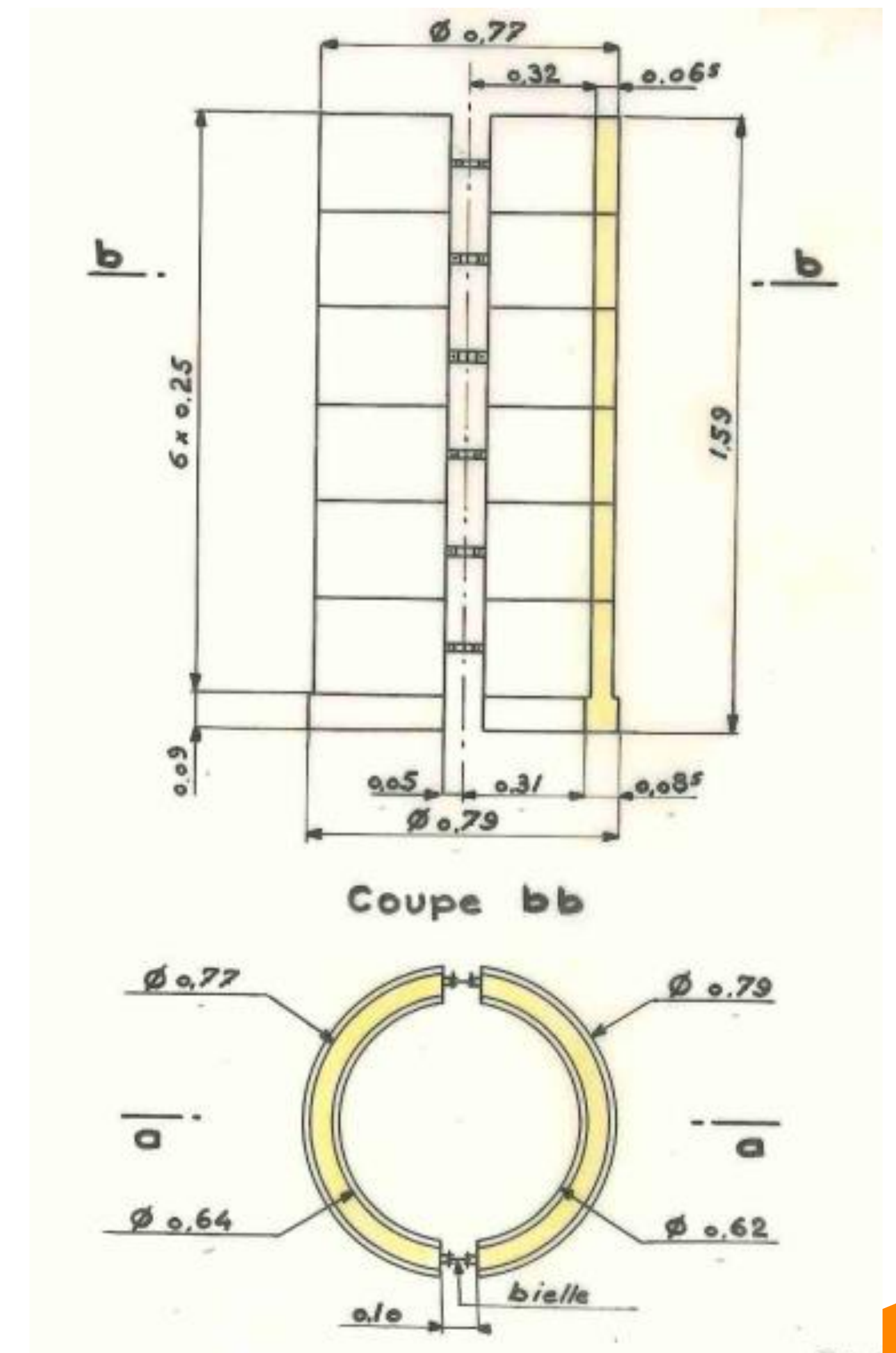
# Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

## 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 jauges 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

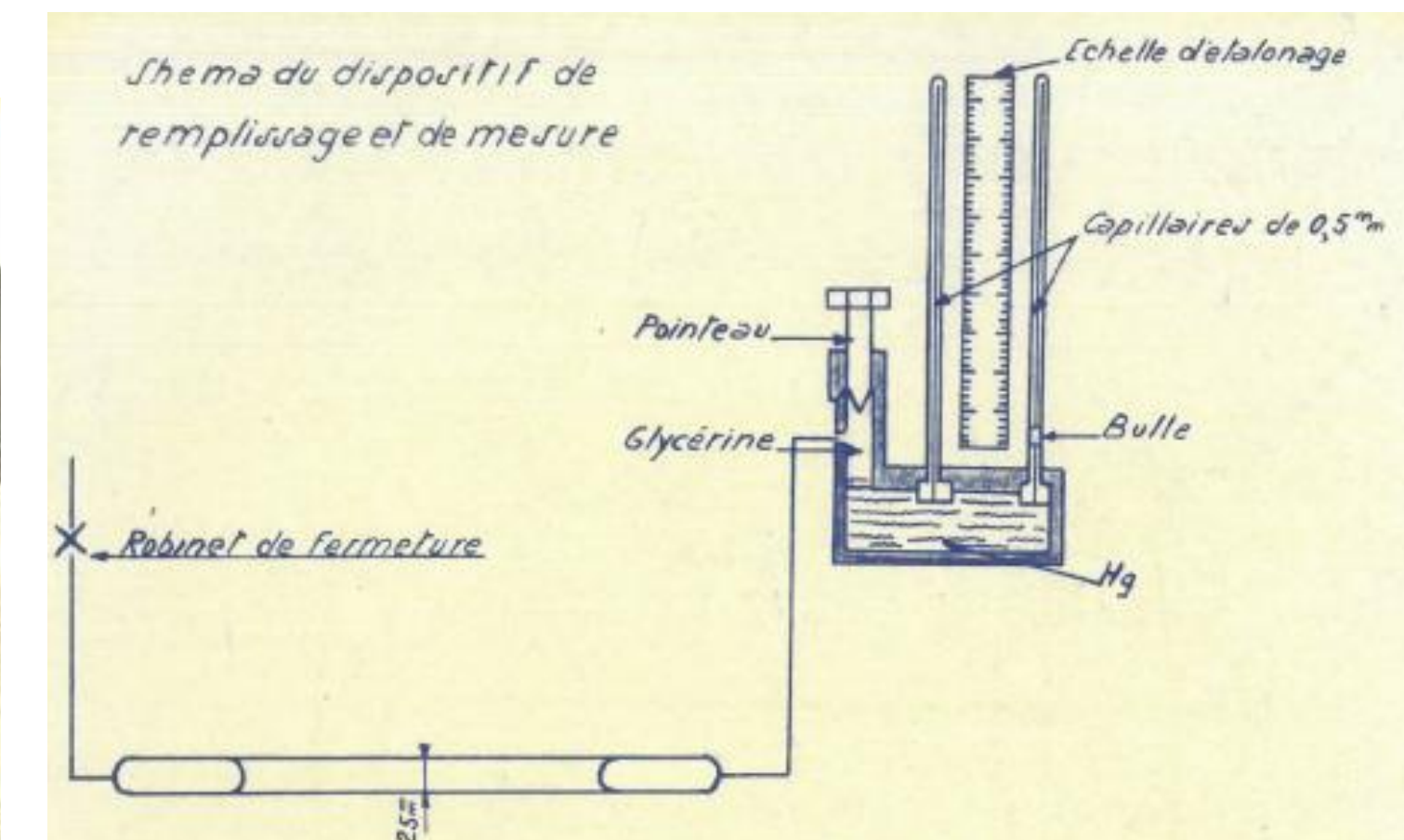
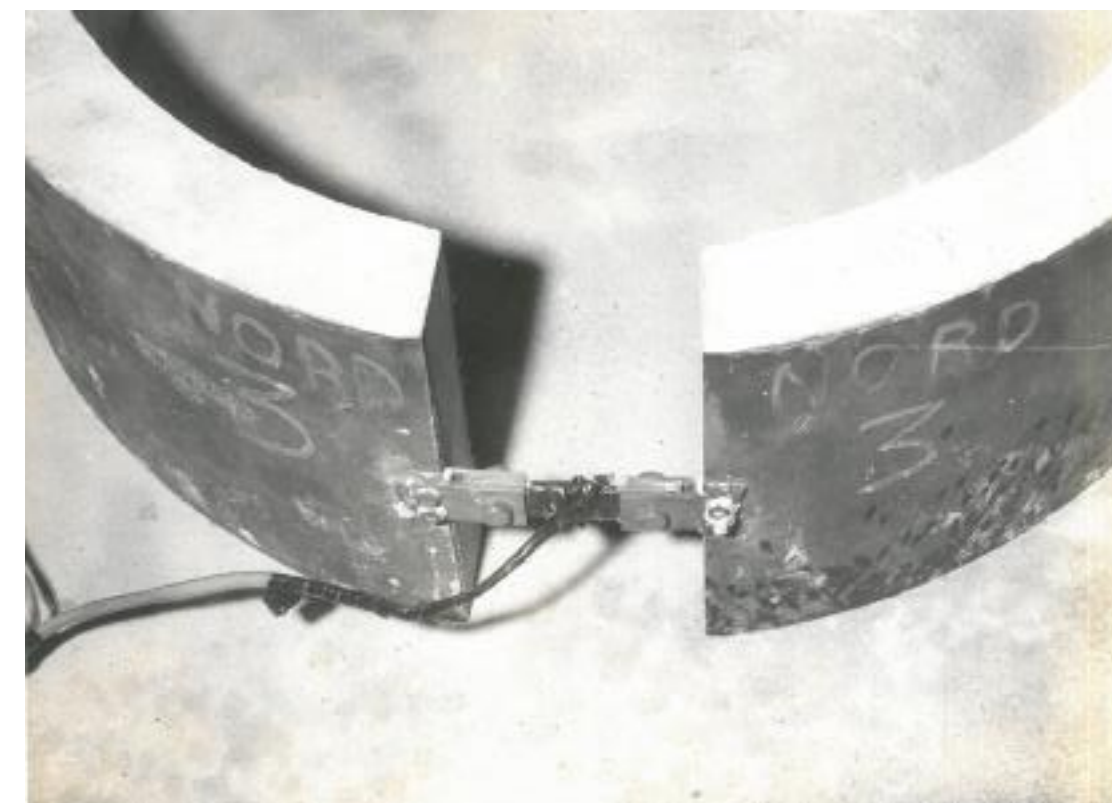
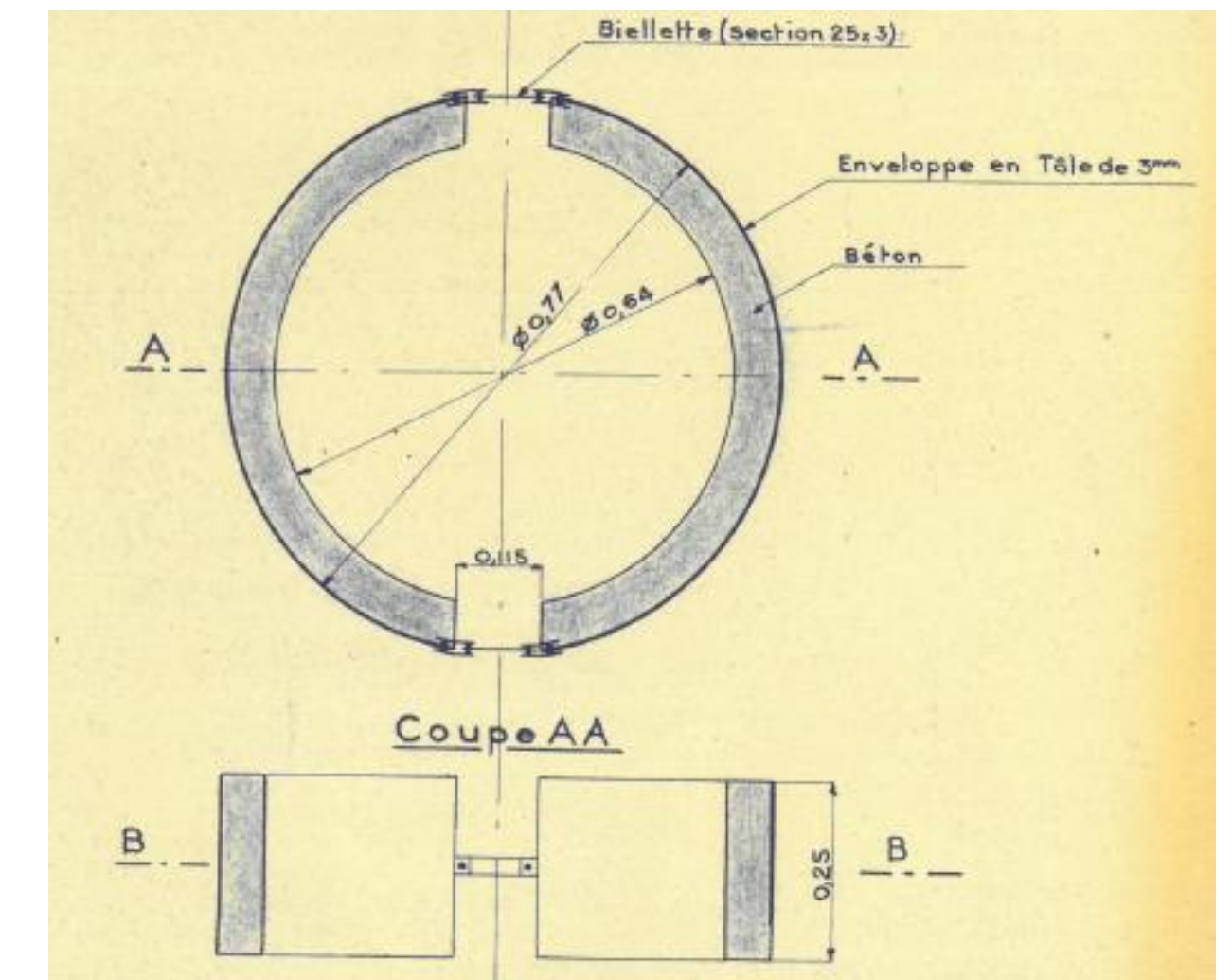




# Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

## Programme d'essai:

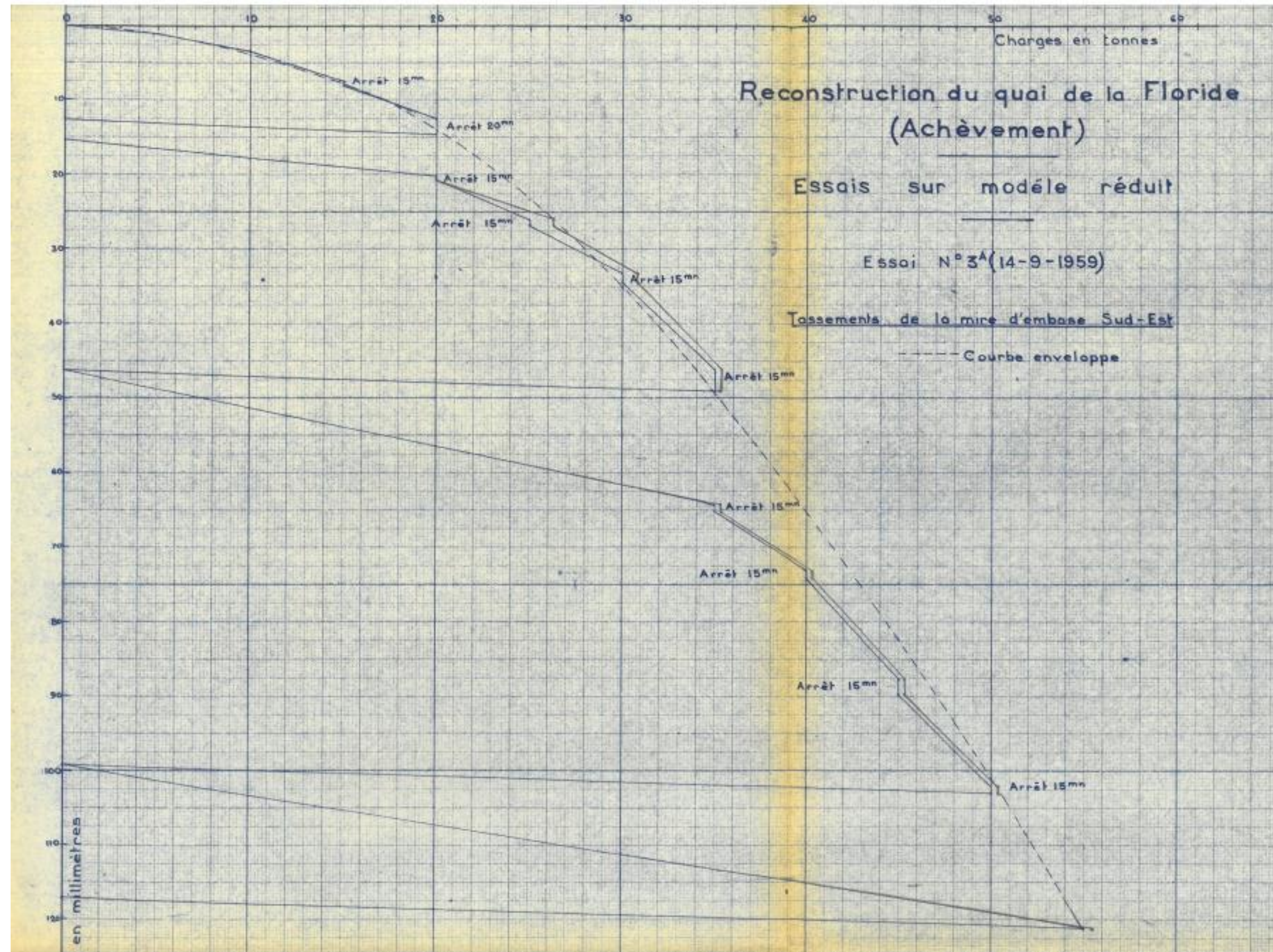
- 9 essais,
- Chargement Vert + Hz par palier avec cycle de déchargement,
- Chargement de 1 à 3 piles.



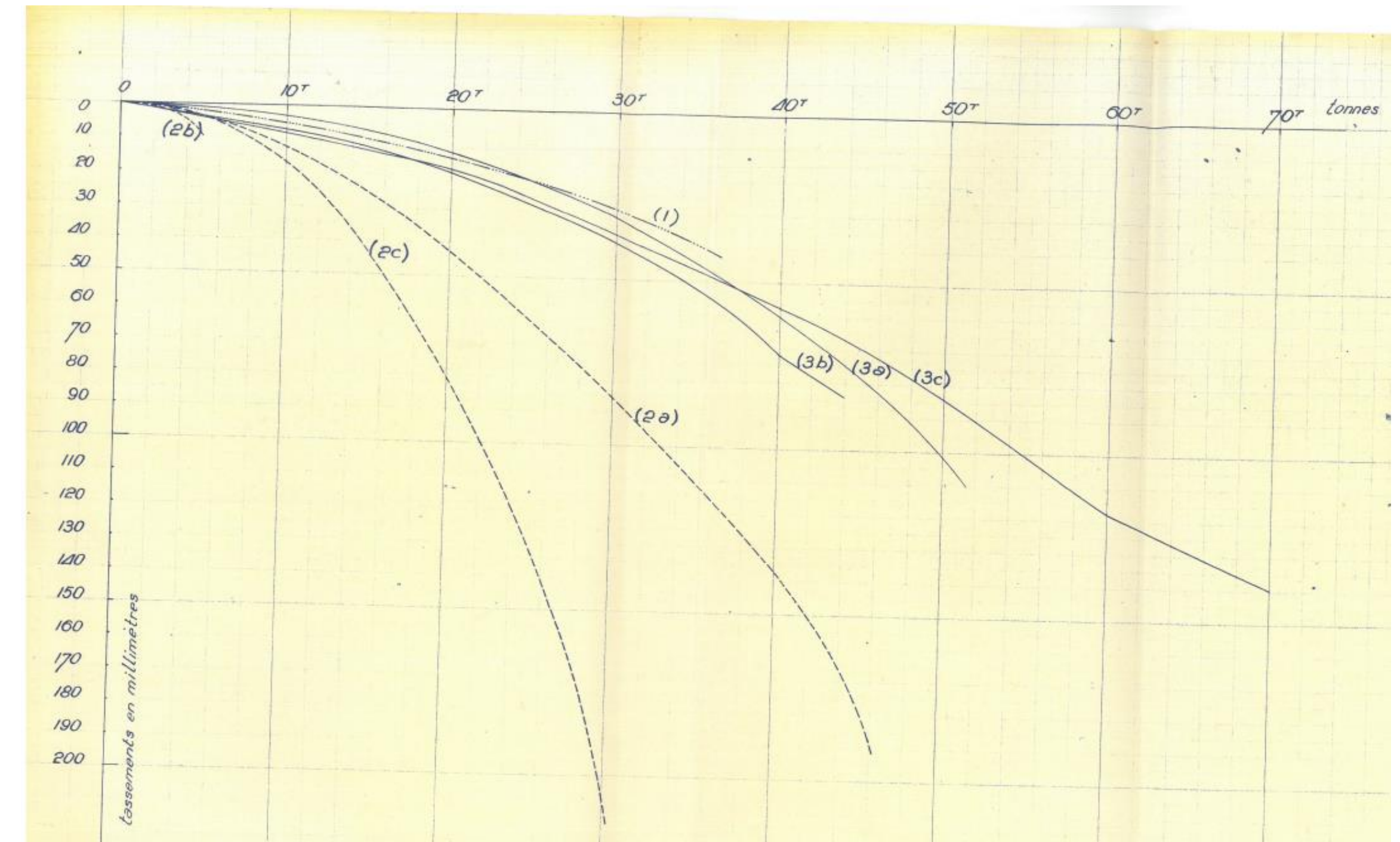


# Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

## 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

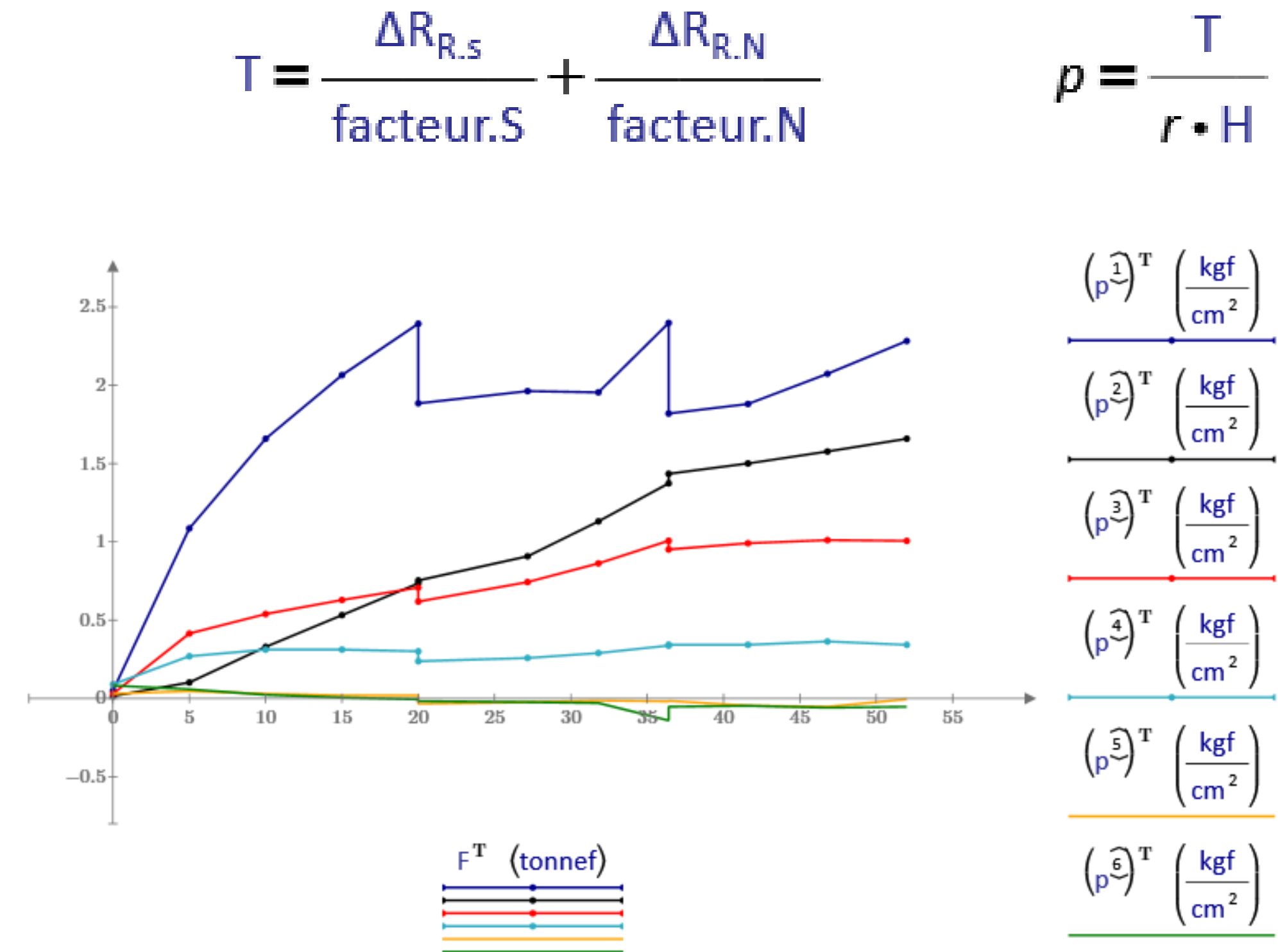
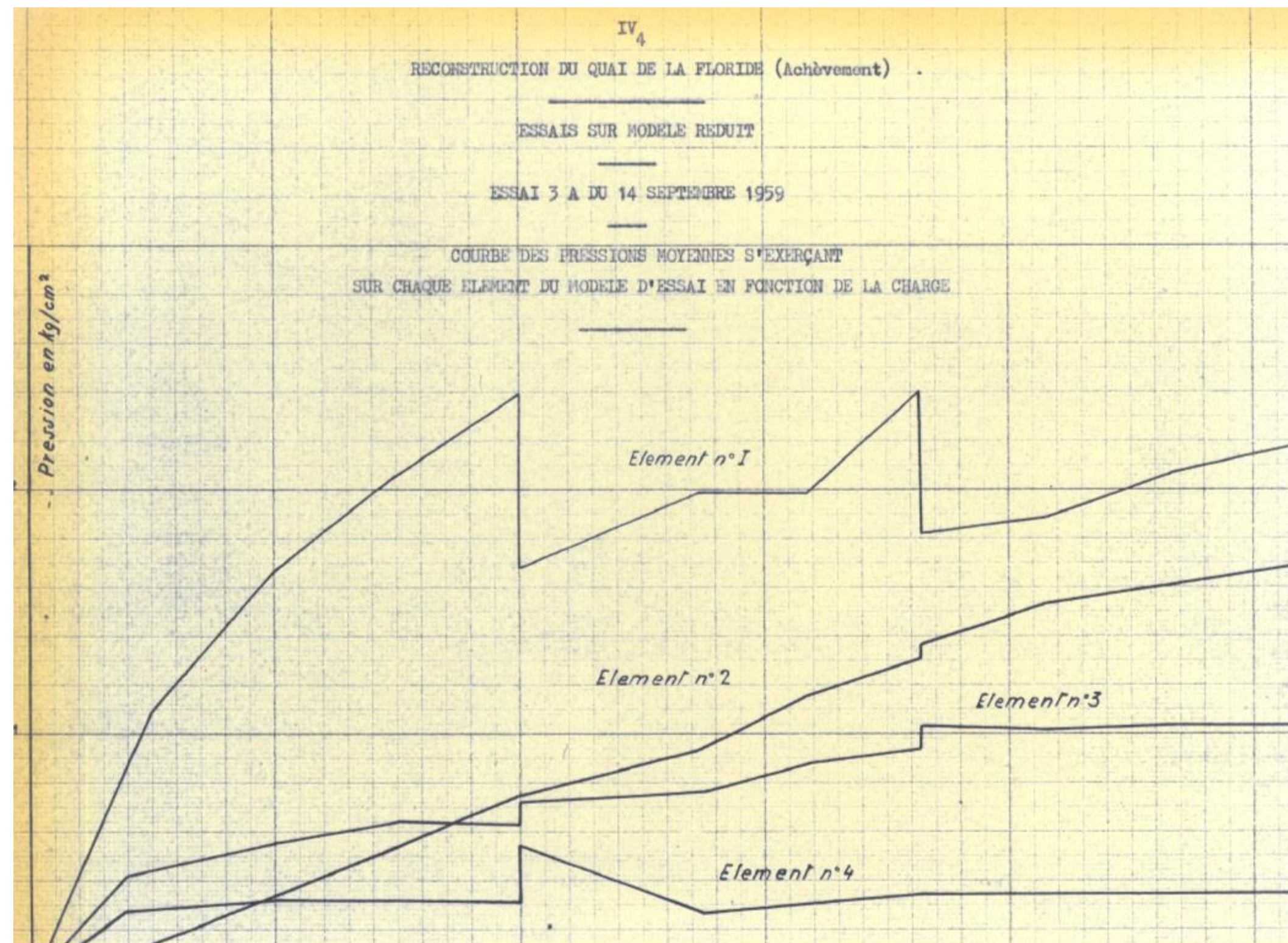




# Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

## Pressions Hz du sol – Essai 3A

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



### Constatation:

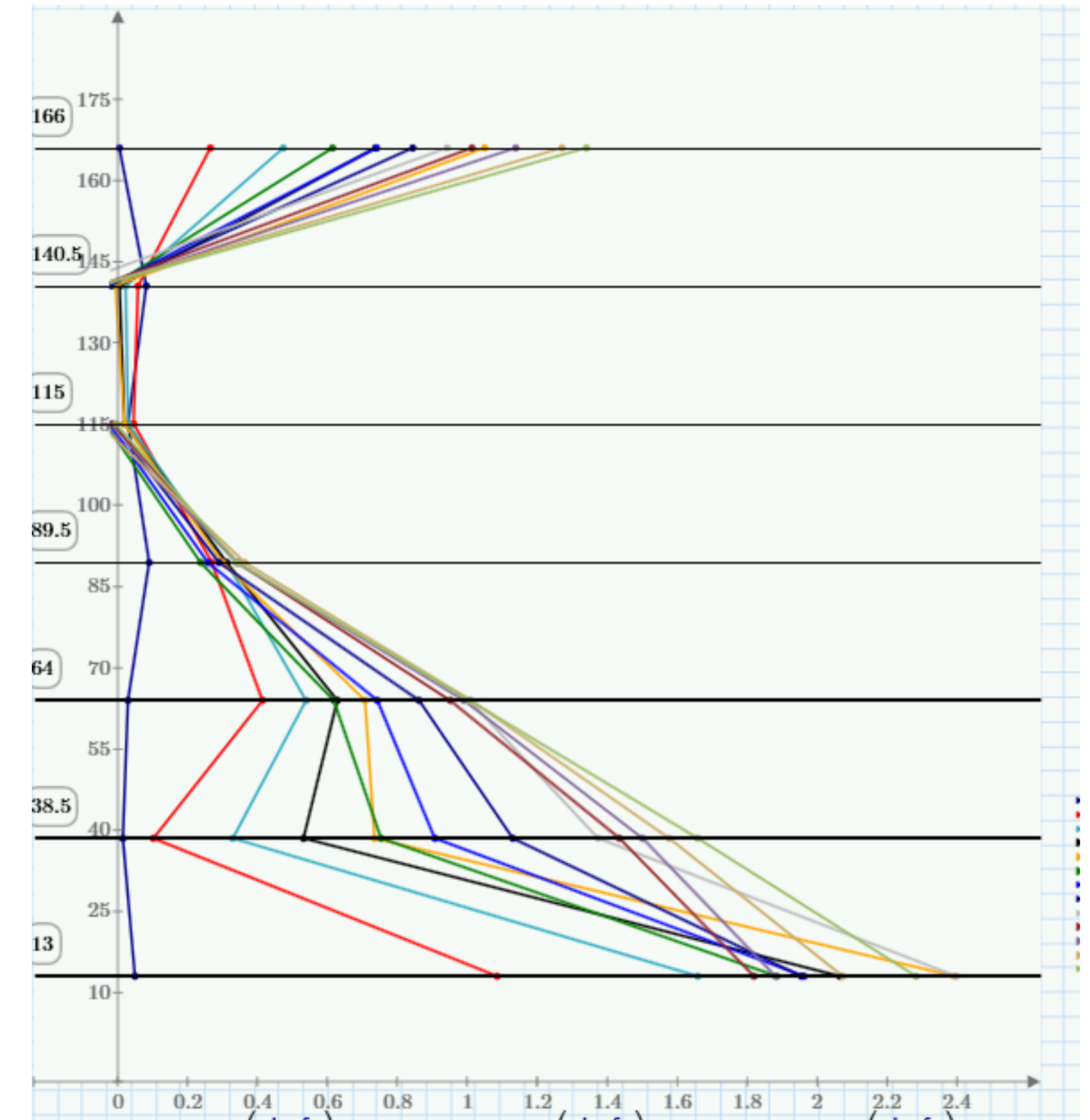
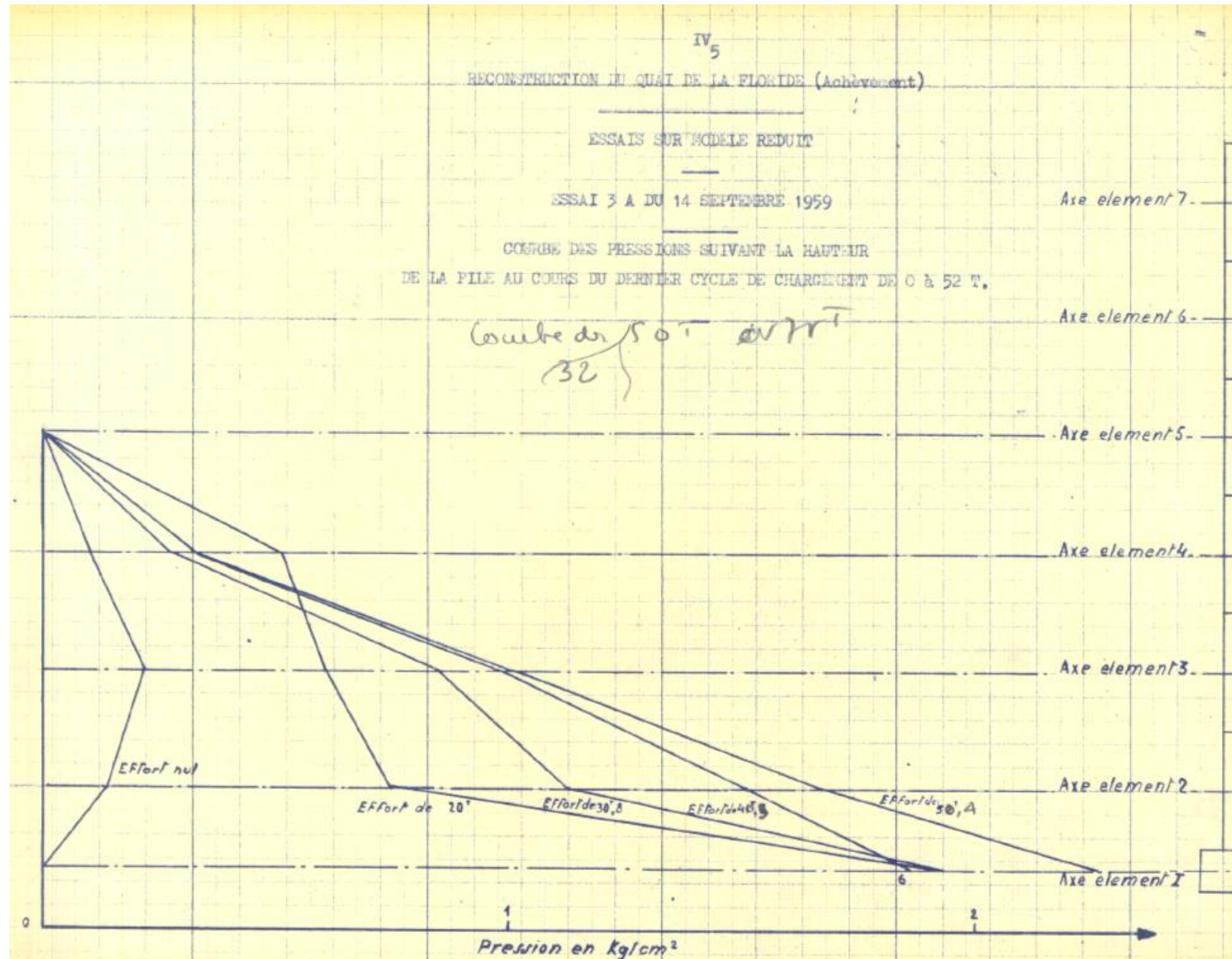
Pression Hz très faible sur les parois de la pile à partir de l'élément 4.



# 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

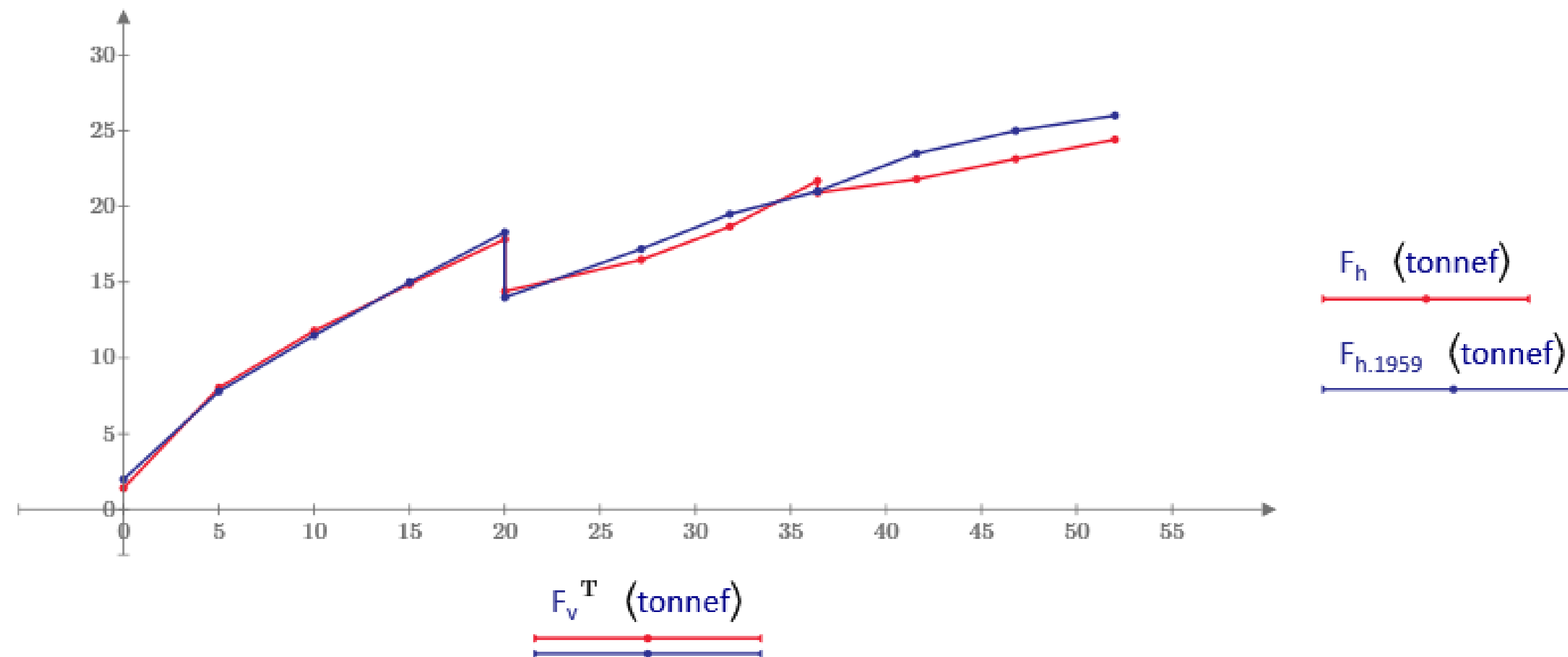


# Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

## Pressions Hz du sol – Essai 3A

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

$$2 \cdot \pi \cdot \int_{H_{cum_1}}^{H_{cum_2}} r_{cal}(z) \cdot p_{inter}(z, i) dz$$

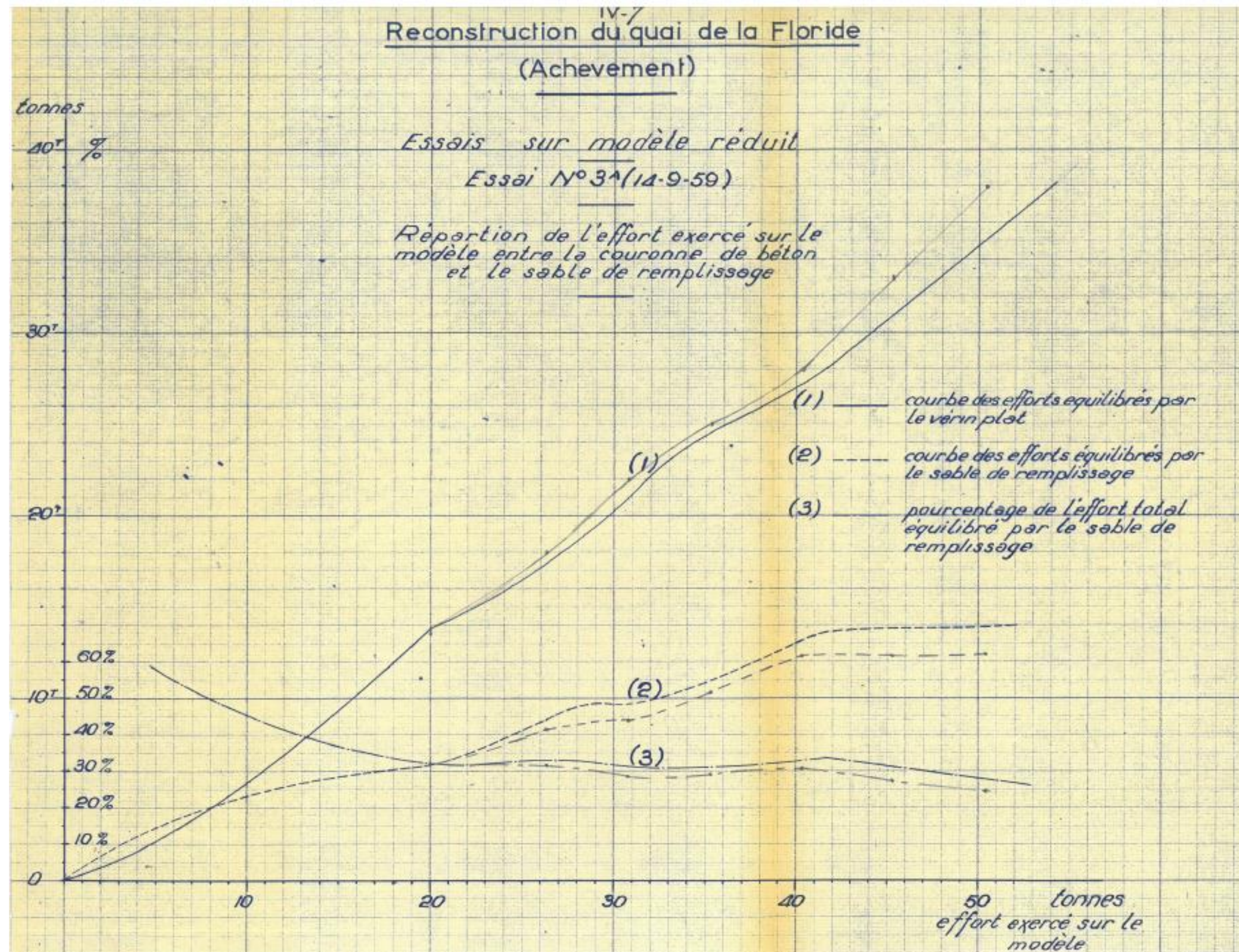




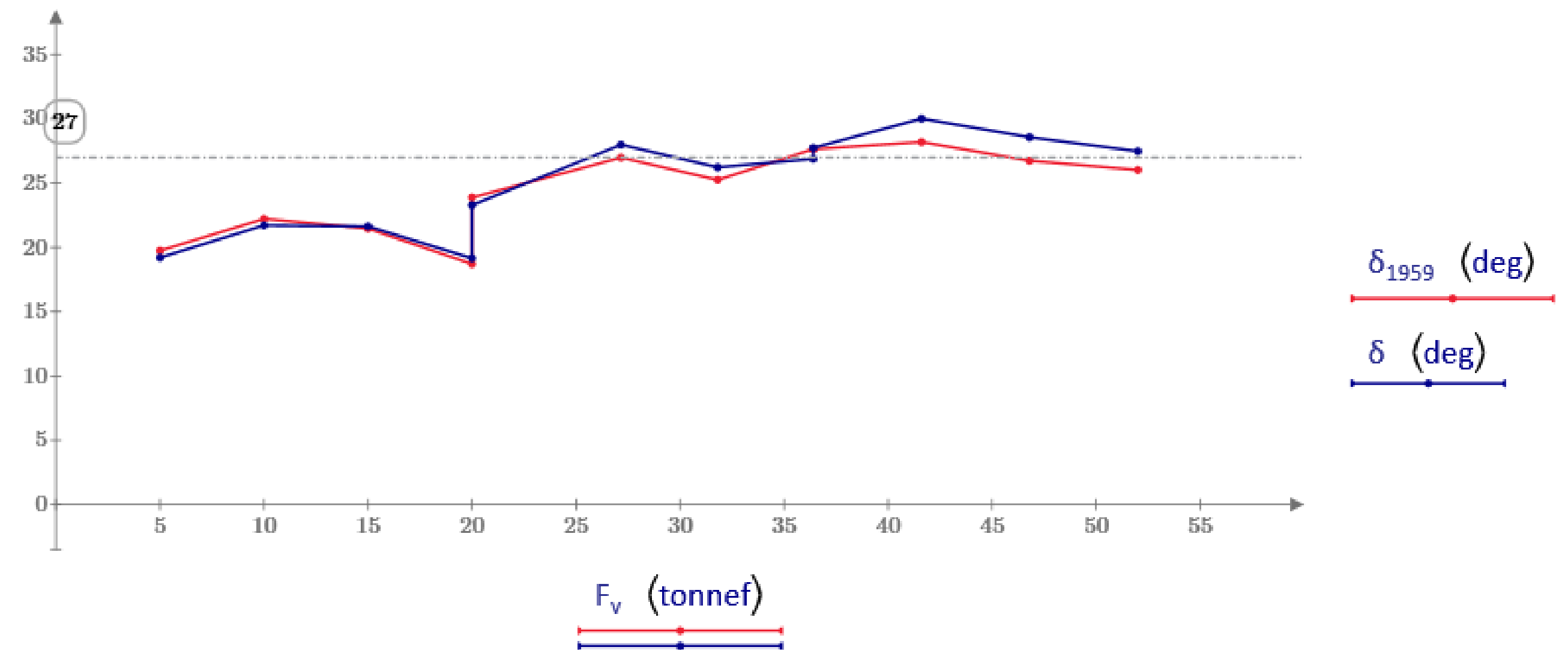
# Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

## Essai 3A

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



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





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

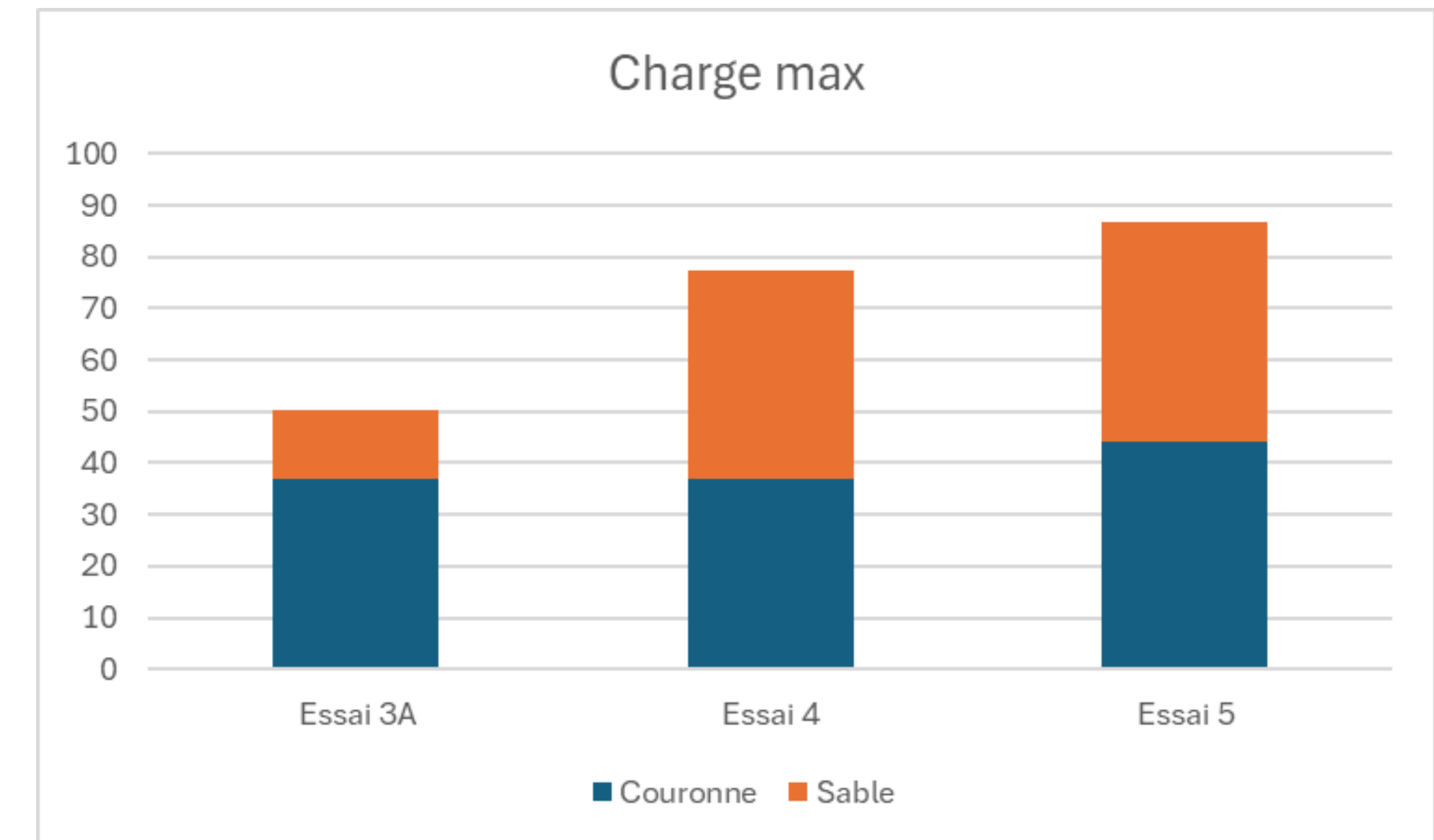
## Portance 3 piles – Essai 4 et 5

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.



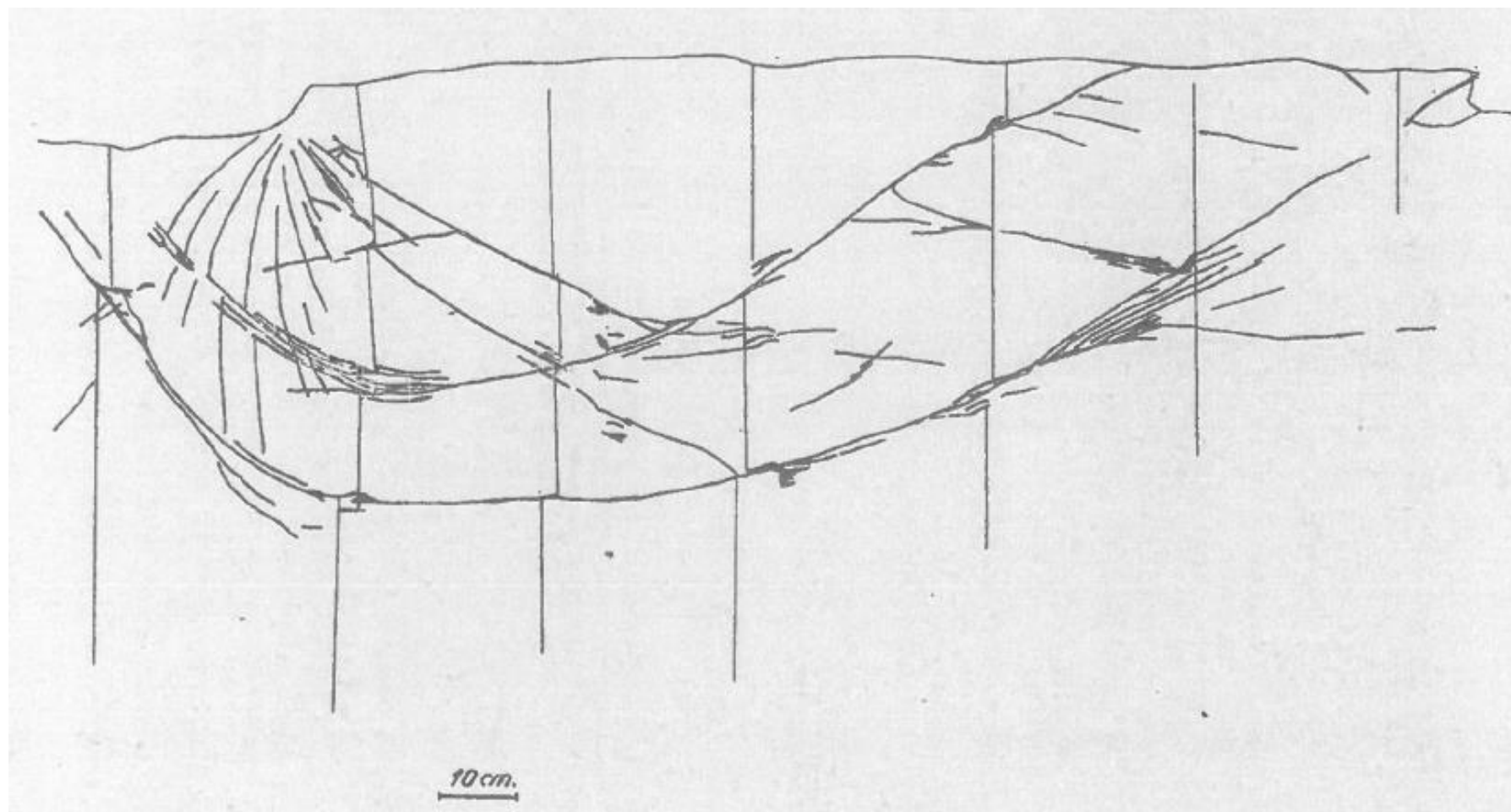


# Le quai Pierre Callet – 1962 – Modèle réduit (1959)

## 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.



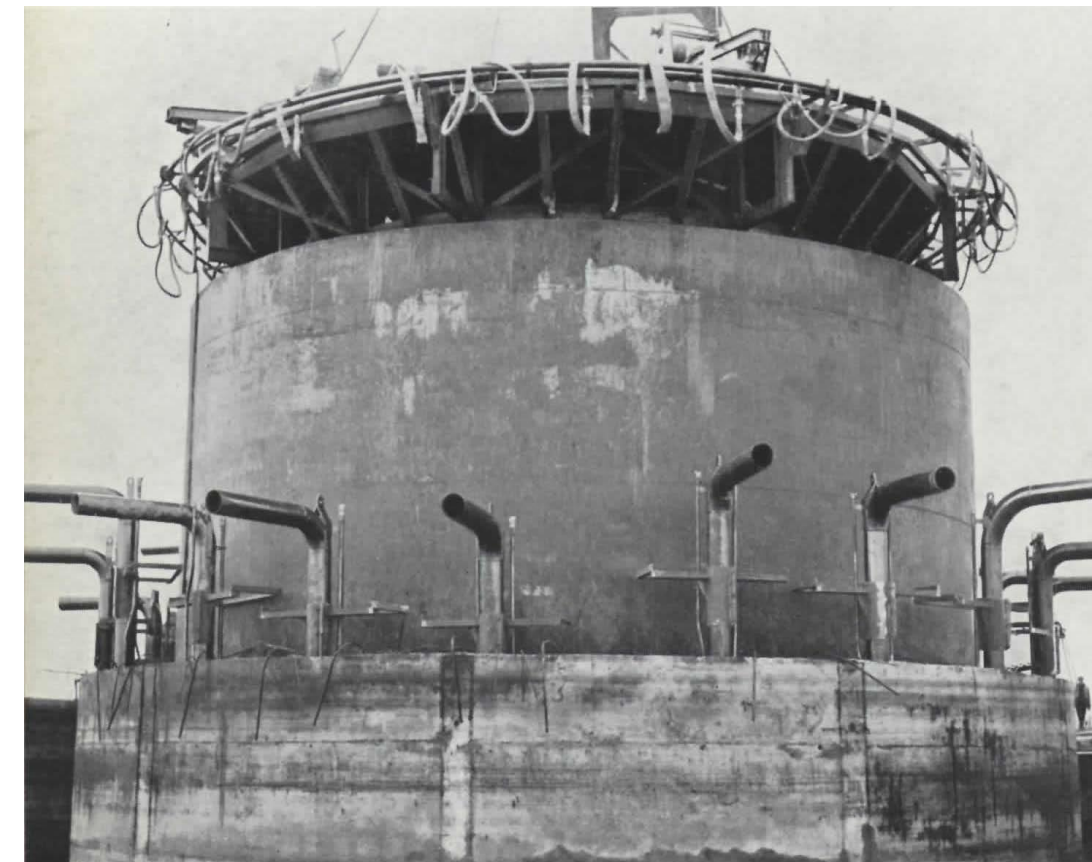
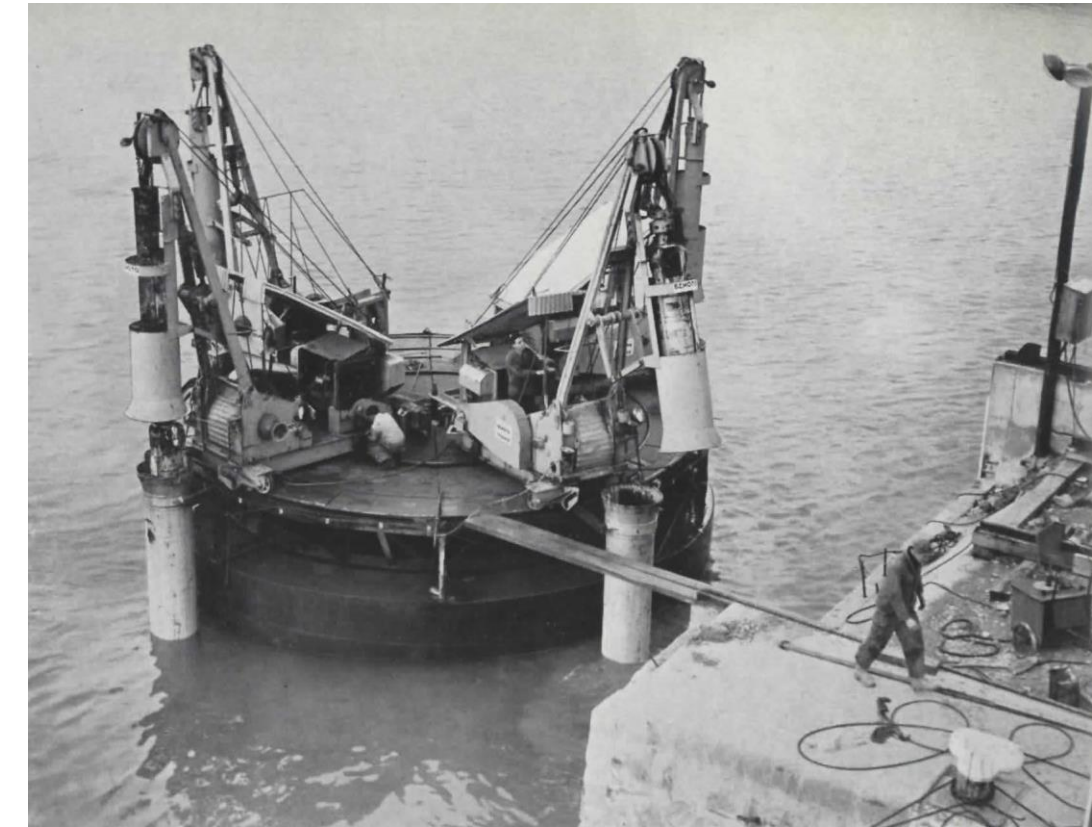
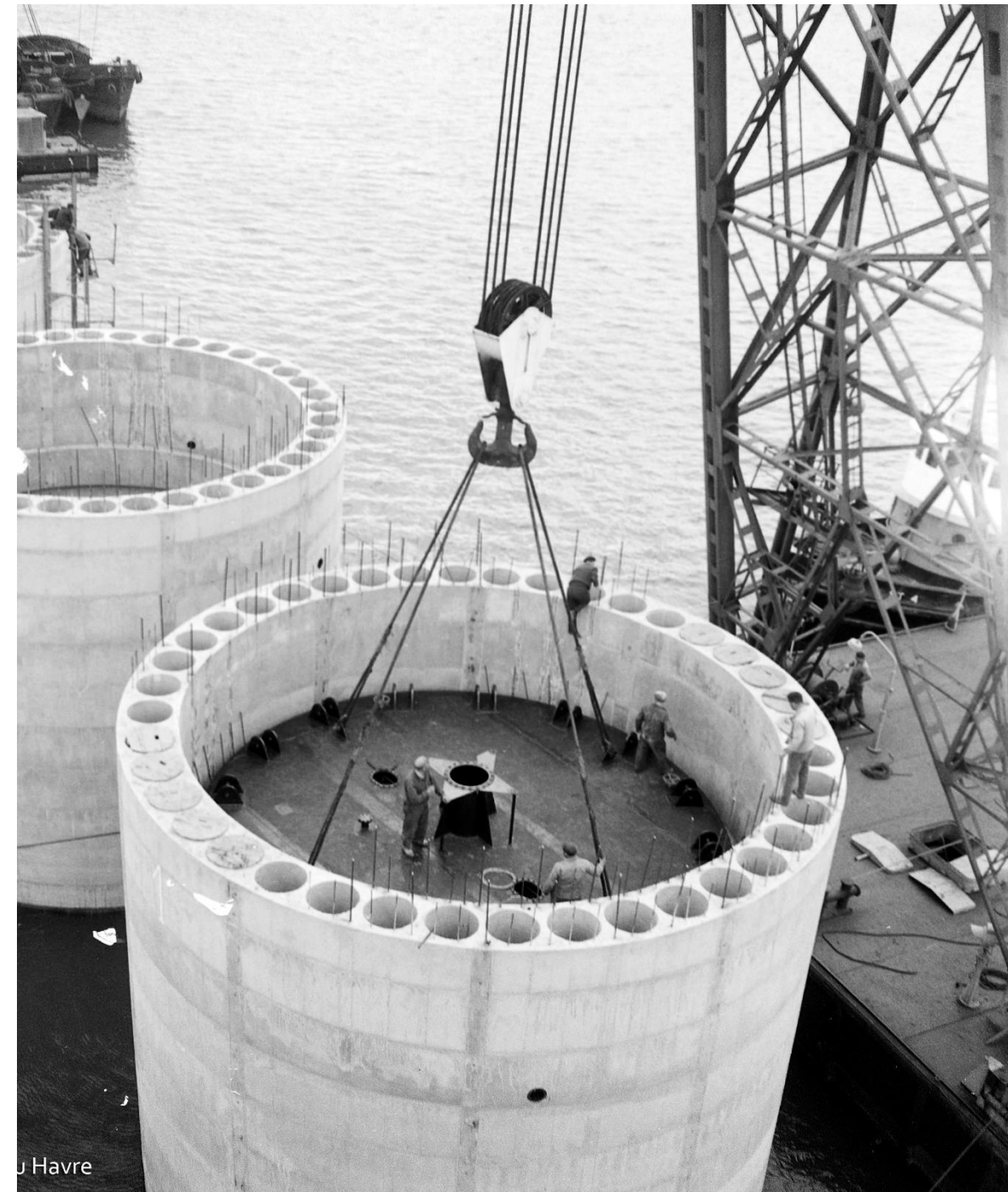
**Les constatations ont permis de statuer sur le comportement global des piles en les assimilant à une fondation rectangulaire équivalente.**

**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