



BRGM

B. DELLERY - G. DUROZOY  
J. LALEYE - J. MARGAT

Etude hydrogéologique de la Crau  
Essais de débit sur forage  
grand diamètre

Paris, le 22.7.1963

BUREAU DE RECHERCHES  
GEOLOGIQUES & MINIERES  
74, rue de la Fédération  
PARIS XV<sup>e</sup>

Tél: SUF 94-00

DEPARTEMENT DES SERVICES  
GEOLOGIQUES REGIONAUX  
Service géologique régional  
Provence Corse  
16, Bd Pàdre - MARSEILLE 8<sup>e</sup>  
Tél. 76-00-40

DIRECTION SCIENTIFIQUE

DEPARTEMENT GEOLOGIE

Service hydrogéologique

## ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA CRAU

### ESSAIS DE DEBIT SUR FORAGE GRAND DIAMETRE

par

B. DELLERY  
G. DUROZOY  
J. LALEYE  
J. MARGAT

Le présent rapport expose les résultats obtenus sur le forage d'essai effectué à Fos-sur-Mer en 1963.

## **1 - GENERALITES**

**11 - Situation du forage et des piézomètres** : (voir plan)  
Implantés sur la commune de Fos-s/Mer, à 6 km au NW du clocher à 600 m au NE du mas de la Feuillane, le long de la route nationale 568 d'Arles à Fos et à 37 m du canal d'irrigation de la Feuillane.

## **12 - Coordonnées Lambert sud III du forage**

x = 807,75  
y = 133,62  
z = + 6,210 m

## **13 - But**

Etude de la transmissivité, de la perméabilité et du coefficient d'ennagasinement des alluvions de Crau.

## **14 - Commandant**

Ministère de la Construction - 7 avenue  
du Général Leclerc - Marseille.

## **15 - Surveillance géologique**

BRGM - SGR Provence Corse - 16. boulevard  
Pèbre - Marseille 8°.

16 - Entreprise

Société SOLETANCHE - 7 rue de Logelbach -  
Paris - Agence d'Aix-en-Provence.

17 - Durée d'exécution

171 - Fouage

10 décembre 1962 au 22 décembre  
1962.

172 - Essais de débit

24 avril 1963	9h00
25 avril 1963 de 11h00 à 23h00	
26 avril 1963	de 15h30
au 27 avril 1963	24h00
28 avril 1963 de 16h30 à 17h00	
29 avril 1963 de 7h00 à 14h00	

18 - Coupes techniques

Voir en annexe - Forage d'essai et pié-  
zomètres.

19 - Mesures diverses

Essai de débit à l'aide d'un rotamètre  
Haudes branché sur la canalisation de part et  
d'autre d'un opercule calibre de 158,5 mm de  $\phi$   
pour le 1er essai et de 173,6 mm de  $\phi$  pour le  
2ème essai.

Niveaux piézométriques et dynamiques me-  
surés à l'aide de sondes électriques modèle So-  
létanche sur le forage, modèle Rossignol et ohm-  
mètre sur les piézomètres.

Date de prise d'échantillons d'eau : le  
25 avril 1963 - voir résultats.

Fonctionnement du moteur et mesures sur  
forage assurés par personnel Solétanche ; mesures  
sur piézomètres effectuées par personnel BRGM.

## 2 - RESULTATS GEOLOGIQUES

Echantillons conservés au SGR Provence Corse  
Coupes géologiques : voir annexes.

## 3 - ESSAIS DE DEBIT

Profondeur du forage : 20,20 m

Profondeur des piézomètres : 10 m

Disposition des piézomètres : voir plan  
d'implantation.

Installation : voir schéma.

### 31 - Caractéristiques de la pompe

Pompe Richier P 200 à amorçage automatique sans clapet de pied.

Diamètre intérieur des orifices d'aspiration et de refoulement 200 mm.

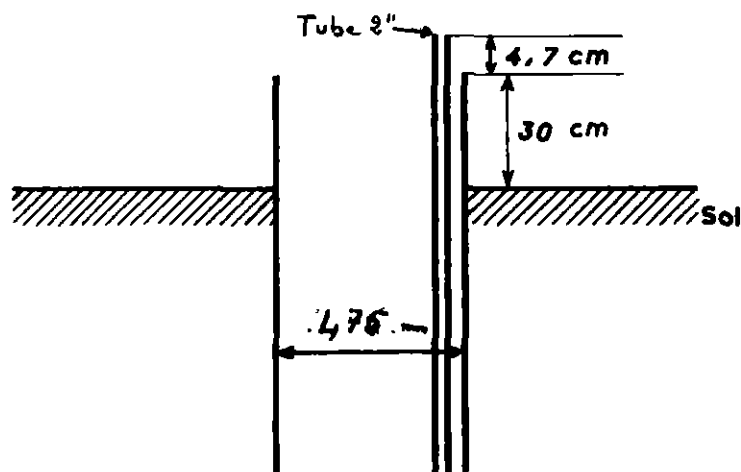
Entrainement par moteur Berliet de 100 CV (Diesel) à accouplement direct (de ce fait le débit maximum de la pompe ne peut être obtenu instantanément).

Profondeur aspiration : 3,89 m

Longueur refoulement 437 m de tuyaux en 200 mm de  $\phi$  - voir schéma - plus 20 m de 150 mm de  $\phi$  .

### 32 - Origine des mesures

Bord du tube descendant dans le forage.



### 33 - Paliers de pompage

3 paliers

1er palier 130 m<sup>3</sup>/h pendant 12h de pompage. Remontée 3 h Arrêt de 13h 30 après la remontée. Arrêt prolongé dû au manque d'opercule pour la mesure du débit du 2ème palier.

2ème palier : 400 m<sup>3</sup>/h pendant 48h de pompage.  
Remontée : 12h 30. Arrêt de 2h après la remontée.

3ème palier : 200 m<sup>3</sup>/h pendant 7h de pompage.  
Remontée : 10h

#### 4 - CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE LA COUCHE AQUIFERE

Nous admettons que les conditions de terrain et de l'exécution des essais s'approchent suffisamment des conditions d'application de la formule d'approximation logarithmique de Theis que nous utilisons.

Nous avons construit les courbes rabattements - logt à tous les paliers pour tous les piézomètres (descente et remontée voir graphiques joints) et les courbes rabattement - log $\frac{t}{r}$  pour les remontées (la courbe de descente du forage n'est pas utilisable) (voir graphique).

Le palier à 400 m<sup>3</sup>/h a donné les rabattements les plus importants que nous utiliserons pour la détermination de T et S. Le tableau ci-joint donne les résultats des calculs et des mesures en fonction des graphiques construits.



# TABLEAU DES RÉSULTATS OBTENUS

41 - Essai à 400 m<sup>3</sup>/h

	X	Descente						Remontée					
		i	t <sub>0</sub>	t <sub>0</sub> / x <sup>2</sup>	T	K <sup>(1)</sup>	S	i	i par Δ log t/t'	t <sub>0</sub>	T	K <sup>(1)</sup>	S
Forage	0 <sup>m</sup> 232												
P <sub>1</sub>	7 <sup>m</sup> 50	0 075	50"	0 89	0 30	2 2 x 10 <sup>-2</sup>	0 6	0 035	0 04		0 58	4 25 x 10 <sup>-2</sup>	
P <sub>2</sub>	15 <sup>m</sup>	0 055	50"	0 22	0 36	2 65 x 10 <sup>-2</sup>	0 18	0 04	0 04	50"	0 51	3 75 x 10 <sup>-2</sup>	0 25
P <sub>3</sub>	30 <sup>m</sup>	0 050	180"	0 20	0 40	2 94 x 10 <sup>-2</sup>	0 18	0 035	0 04	17"	0 58	4 25 x 10 <sup>-2</sup>	0 025
P <sub>4</sub>	60 <sup>m</sup>	0 050	280"	0 078	0 40	2 94 x 10 <sup>-2</sup>	0 07	0 035	0 04	80"	0 58	4 25 x 10 <sup>-2</sup>	0 025

(1) Coefficient de perméabilité - K calculé d'après H = 13 60 mètres

### 5 - NOTE DE CALCUL

#### 51 - Transmissivité hydraulique T

$$T = \frac{0,183 Q}{i} \quad (1)$$

Q = débit de pompage en m<sup>3</sup>/h

i = pente de la partie droite de la courbe de Theis

T = transmissivité hydraulique exprimée en m<sup>2</sup>/h

La moyenne des T pour les piézomètres P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> donne 1300 m<sup>2</sup>/h soit 0,36 m<sup>2</sup>/s.

Précision de T : En utilisant la théorie des erreurs, on a, d'après

$$(1) \left| \frac{\Delta T}{T} \right| = \left| \frac{\Delta Q}{Q} \right| + \left| \frac{\Delta i}{i} \right|$$

ce qui donne T = 0,36 m<sup>2</sup>/s à 10% près

#### 52 - Coefficient d'emmagasinement

##### a) Méthode de, to

S est calculé d'après la formule

$$S = \frac{2,25 T t_0}{x^2}$$

T : transmissivité hydraulique en m<sup>2</sup>/s

t<sub>0</sub> : Abscisse du point d'intersection de la partie droite de la courbe de Theis avec l'axe des temps (Δ = 0) en seconde.

x : distance d'un piézo au forage en mètres.

On fait la moyenne des  $\frac{t_0}{x^2}$  pour les piézo P<sub>2</sub> et P<sub>3</sub> soit 0,21 on trouve S = 0,18

Précision de S : On trouve d'après le calcul des erreurs  $\left| \frac{\Delta S}{S} \right|$  égal à 25%

d'où S = 0,18 à 25% près.

##### b) Méthode d'un point choisi sur la droite représentative

S est calculé d'après la formule :

$$\Delta = \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{2,25 T t}{x^2 S}$$

avec  $\frac{0,183 Q}{T} = i$

Nous prendrons un même temps t = 1800 secondes pour tous les essais et pour tous les piézomètres.

Essai à Q = 400 m<sup>3</sup>/h

Piézo 1 : t = 1800" Δ = 0,12m i = 0,075 T = 0,30 m<sup>2</sup>/s x = 7,50m

$$0,12 = 0,075 \log a \quad \text{avec} \quad a = \frac{2,25 T t}{x^2 S} =$$

$$\log a = \frac{0,12}{0,075} = 1,6 \quad \text{donc} \quad a = 39,82$$

$$S_1 = \frac{2,25 \times 0,30 \times 1800}{56,25 \times 39,82} = 0,54$$

Piézo 2 : t = 1800" Δ = 0,08 m i = 0,055 T = 0,36 m<sup>2</sup>/s x = 15 m

$$0,08 = 0,055 \log a \quad \log a = 1,45 \quad a = 28,48$$

$$S_2 = \frac{2,25 \times 0,36 \times 1800}{225 \times 28,48} = 0,22$$

Piézo 3 : t = 1800" Δ = 0,05m i = 0,05 T = 0,40 m<sup>2</sup>/s x = 30 m

$$0,05 = 0,05 \log a \quad \log a = 1 \quad a = 10$$

$$S_3 = \frac{2,25 \times 0,4 \times 1800}{900 \times 10} = 0,18$$

Piézo 4 : t = 1800" Δ = 0,045m i = 0,05 T = 0,40 m<sup>2</sup>/s x = 60 m

$$0,045 = 0,05 \log a \quad \log a = 0,9 \quad a = 7,95$$

$$S_4 = \frac{2,25 \times 0,40 \times 1800}{7,95 \times 3600} = 0,05$$

Essai à Q = 200 m<sup>3</sup>/h

En opérant de même que pour l'essai à 400 m<sup>3</sup>/h on trouve :

pour le piézo 1	S <sub>1</sub> = 0,28
piézo 2	S <sub>2</sub> = 0,19
Piézo 3	S <sub>3</sub> = 0,11
piézo 4	S <sub>4</sub> = 0,14

Essai à 130 m<sup>3</sup>/h

Dans les mêmes conditions on trouve

piézo 1	S <sub>1</sub> = 0,23
piézo 2	S <sub>2</sub> = 0,007
piézo 3	S <sub>3</sub> = 0,04
piézo 4	S <sub>4</sub> = 0,0005

Remarques

Les résultats de l'essai à 130 m<sup>3</sup>/h (notamment pour les piézo 2,3 et 4) sont visiblement erronés. Aussi nous les rejeterons complètement.

Les valeurs de  $S$  égales à 54 % pour  $P_1$  et à 5% pour  $P_4$  nous paraissent erronées, la première étant trop forte et la seconde trop faible.

La moyenne des autres valeurs ( $S_2$  et  $S_3$  pour l'essai à 400 m<sup>3</sup>/h et  $S_1, S_2, S_3, S_4$  pour l'essai à 200 m<sup>3</sup>/h) donne  $S = 18\%$

Ce chiffre paraît assez fort pour le coefficient d'emmagasinement de notre terrain. Néanmoins il confirme la valeur trouvée pour  $S$  par la méthode graphique.

## TABLE DES PLANCHES HORS TEXTE

Planches I et II - Schéma d'implantation de la station d'essai

Planches III - IV - Coupes géologiques du forage et des piézomètres  
1, 3 et 4.

Planche V - Schéma d'installation de la pompe

Planches VI et VII - Diagramme et résultats d'analyses d'eau.

Planches VIII à XIX - Essai à 400 m<sup>3</sup>/h

Pl. VIII à XVI : courbes de descente et de remontée en  $\Delta - \log t$  pour le forage et les piézo 1, 2, 3, et 4.

Pl. XVII & XVIII : Courbes de remontée en  $\Delta - \log \frac{t}{t'} =$   
 $\frac{t : \text{temps total de pompage}}{t' : \text{temps de remontée}}$

Pl. XIX : Droite  $\Delta - \log x$  avec :

D : droite donnée directement par le graphique

D' : droite corrigée

Pl. XX à XXIII : Essai à 200 m<sup>3</sup>/h

Courbes de descente et de remontée pour les piézomètres  
1, 2, 3 et 4

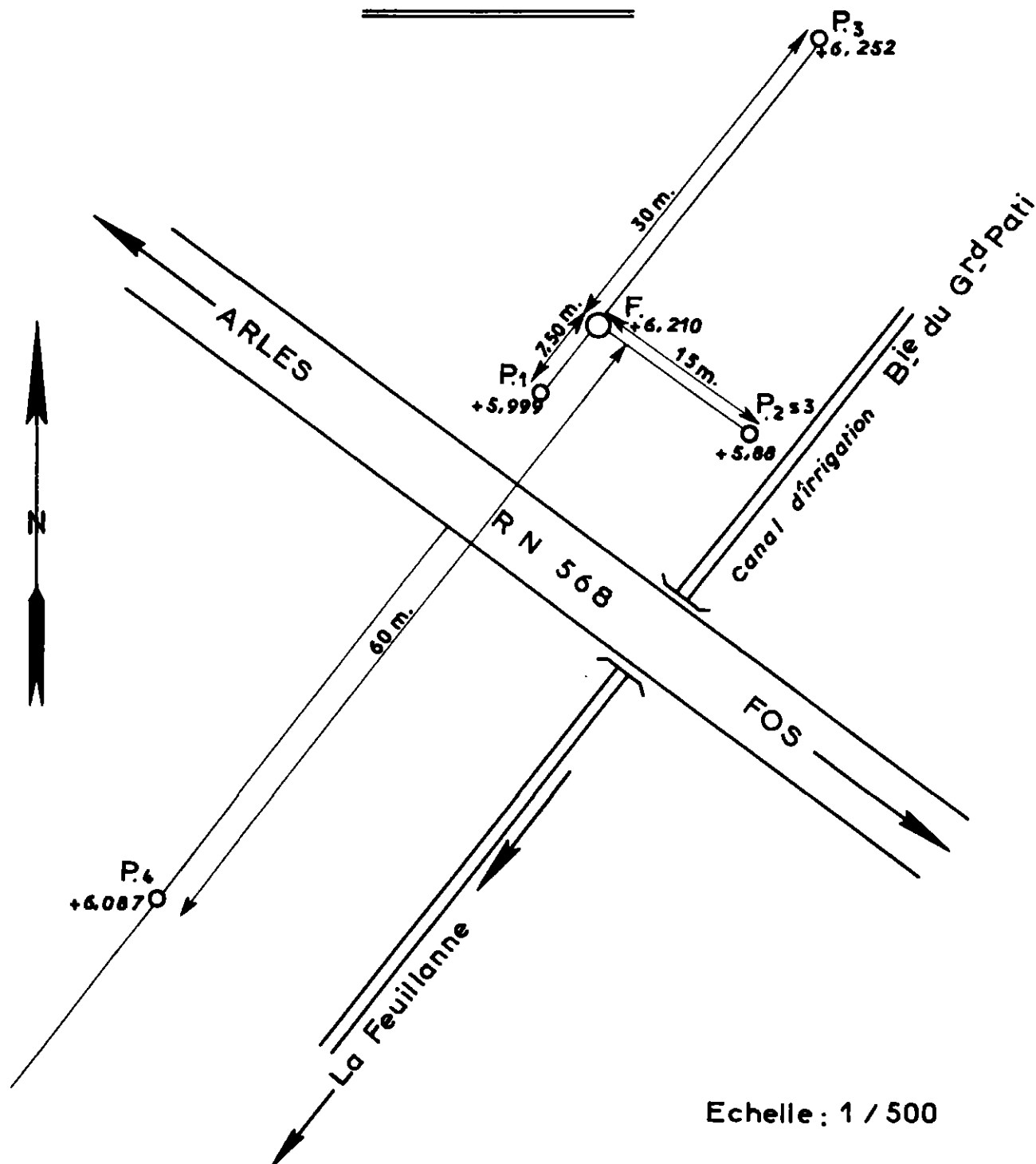
Pl. XXIV à XXVII : Essai à 130 m<sup>3</sup>/h

Courbes de descente et de remontée pour les piézomètres  
1, 2, 3 et 4.

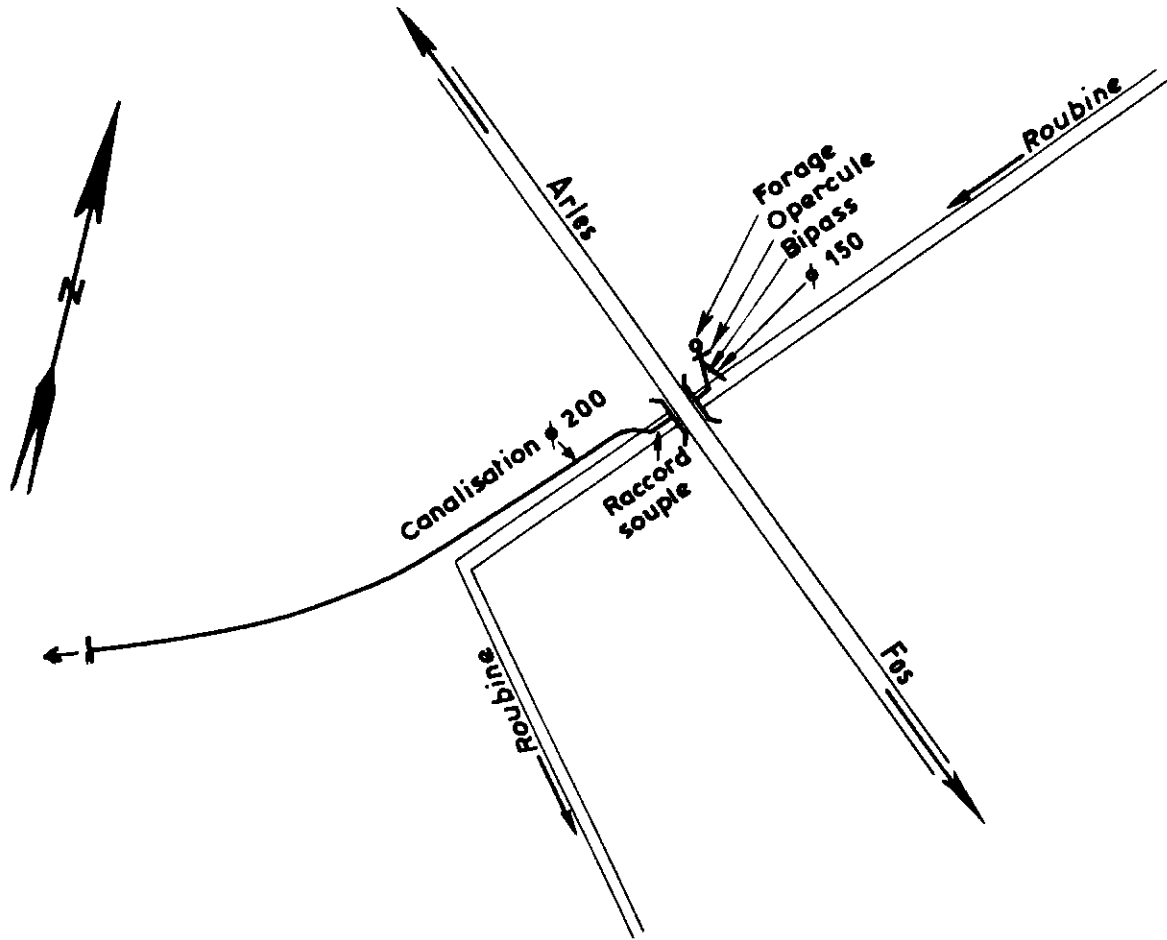
# Nappe de la Crau

## Essais de pompage

Schéma d'implantation du forage grand diamètre  
et des piézomètres



Echelle : 1 / 500



Echelle : 1 / 5.000

DÉPARTEMENT : BOUCHES-du-RHÔNE

COMMUNE : FOS-sur-MER

Coupe établie par : Ph. CHARBONNIER

Interprétation de M. Ph. CHARBONNIER

Indice de classement

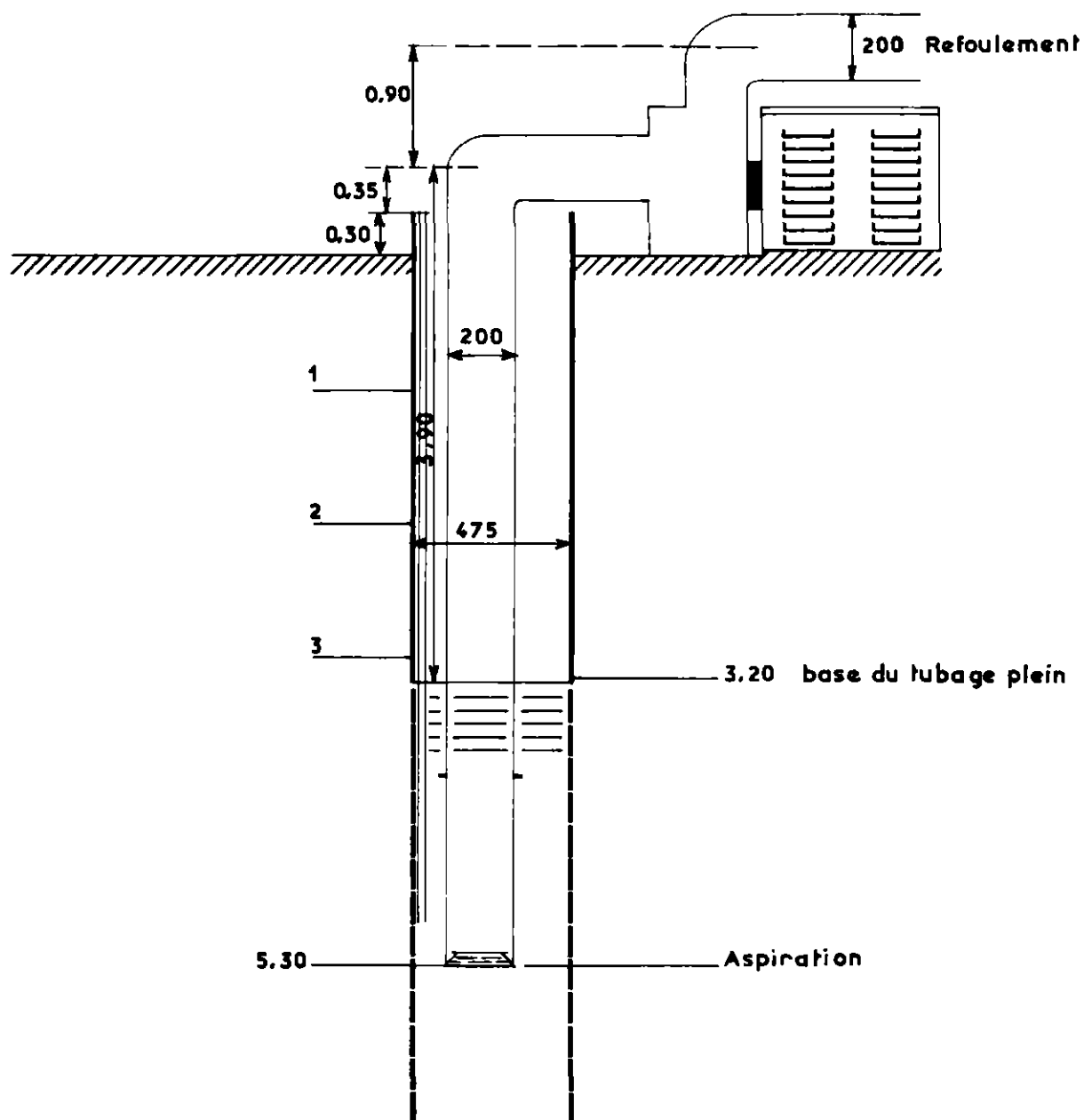
1019

3

76

Profond.	Demi-coupe technique	Nappes et plans d'eau	Echant.	Coupe	Description géologique par---	Etages
					<p>Galets cimentés avec graviers</p> <p>5.80</p> <p>Sable gris avec galets</p> <p>8.00 Galets</p> <p>8.60 Sable jaunâtre avec galets</p> <p>Graviers - Galets - Sable -</p> <p>17.15 Marnes sableuse et ocre avec q.q graviers</p> <p>17.50 Grès marneux micacé glauconieux</p> <p>20.20</p>	<p>Alluvions de Crau</p> <p>Miocène remanié</p> <p>Miocène</p>

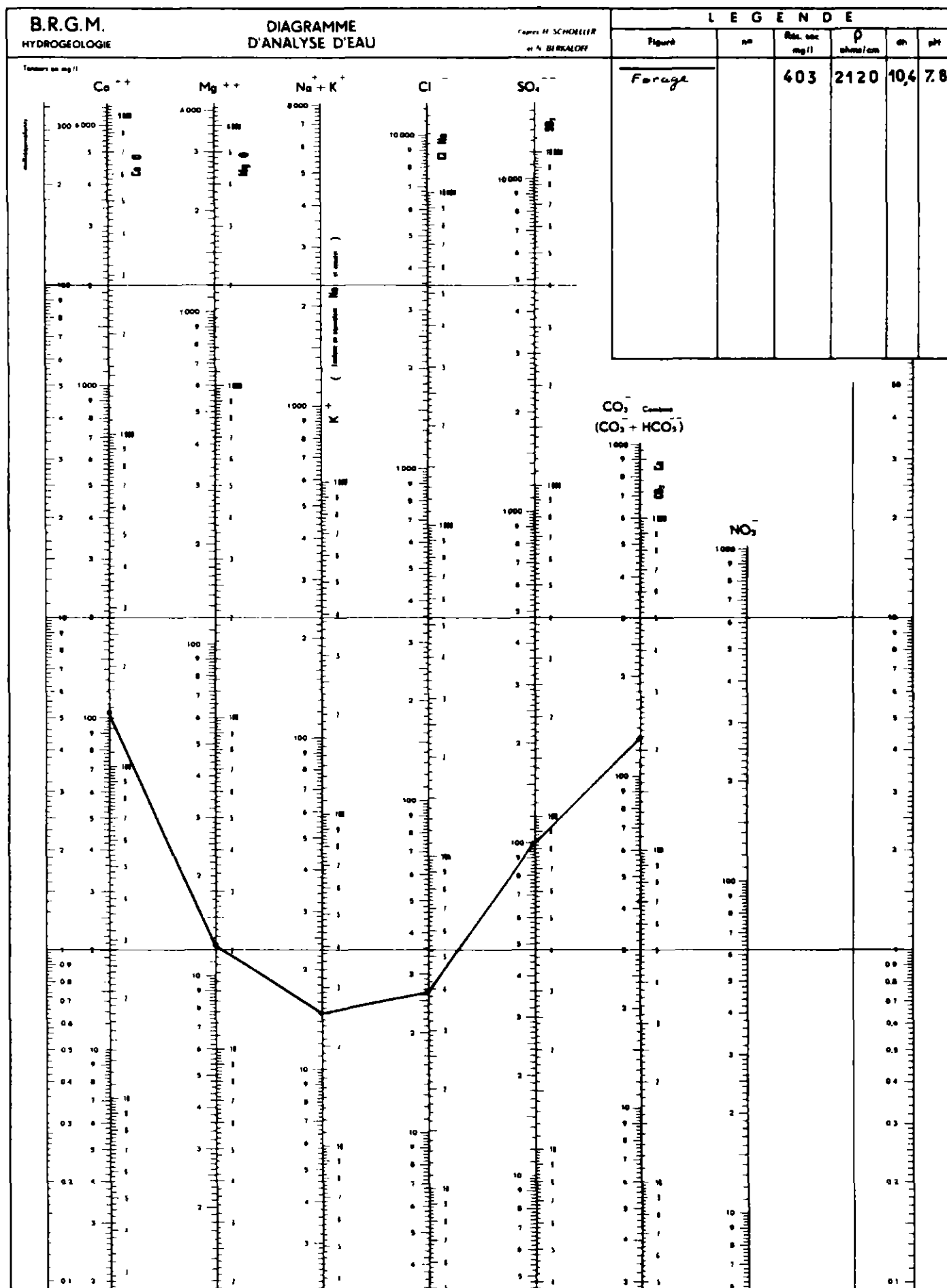




# SCHÉMA D'INSTALLATION DE LA POMPE

ECHELLE Hauteur : 0,02 p . 1m  
Largeur : 0,005 p . 100 mm





INSTALLATIONS THERMIQUES

— TRAITEMENT DES EAUX —

APPAREILS DE CONTRÔLE

## RÉSULTATS D'ANALYSES

V. réf. :

Bulletin N° 6374

N. réf. : GT/BFL 21222

Firme : S.A.G.S.A.

ÉTUDE. 1562

Echantillon Forage d'essai - FOS-  
SUR-MER - 1er Essai

Prélèvement du 15.04.63 à 12. heure

Dureté totale (complexon III) ( $Ca^{++} + Mg^{++}$ )	= 31,0	d° F	Température de prélév.	= 15 °C
Dureté temporaire (TAC)	= 21,2	"	Couleur	= sans
Dureté permanente (TH - TAC)	= 10,4	"	Odour	= sans
Alcalinité {	à la phénolphtaléine (TA)	= 0,0	Acide carbonique libre	d° F
	au méthylorange (TAC)	= 21,2		

CATIONS		d° F	mg/l	ANIONS		d° F	mg/l
Calcium	$Ca^{++}$	26,5	106,0	Bicarbonates	$CO_3H^-$	21,2	258,6
Magnésium	$Mg^{++}$	3,1	12,0	Chlorures	$Cl^-$	3,8	26,6
Sodium	$Na^+$	3,2	15,0	Sulfates	$SO_4^{--}$	10,2	98,0
Potassium	$K^{++}$	0,2	1,5	Silicates	$SiO_3H^-$	-	-
Fer	$Fe^{++}$	-	traces	Nitrates	$NO_3^-$	0,0	0,0
	$Fe^{+++}$	-	-	Nitrites	$NO_2^-$	0,0	0,0
Ammonium	$NH_4^+$	0,0	0,0	Phosphates	$PO_4^{--}$	0,0	0,0
Total		35,0	134,8	Total		35,2	383,2

Extrait sec à 105° C :

- Echantillon non filtré = - mg/l

- Echantillon filtré = 403 "

d'où Matières en suspension = - "

Turbidité (d° F de Silice) = - "

Matières organiques :

- en mg/l de  $O_2$  - Milieu alcalin 1,5

- en mg/l de  $O_2$  - Milieu acide -

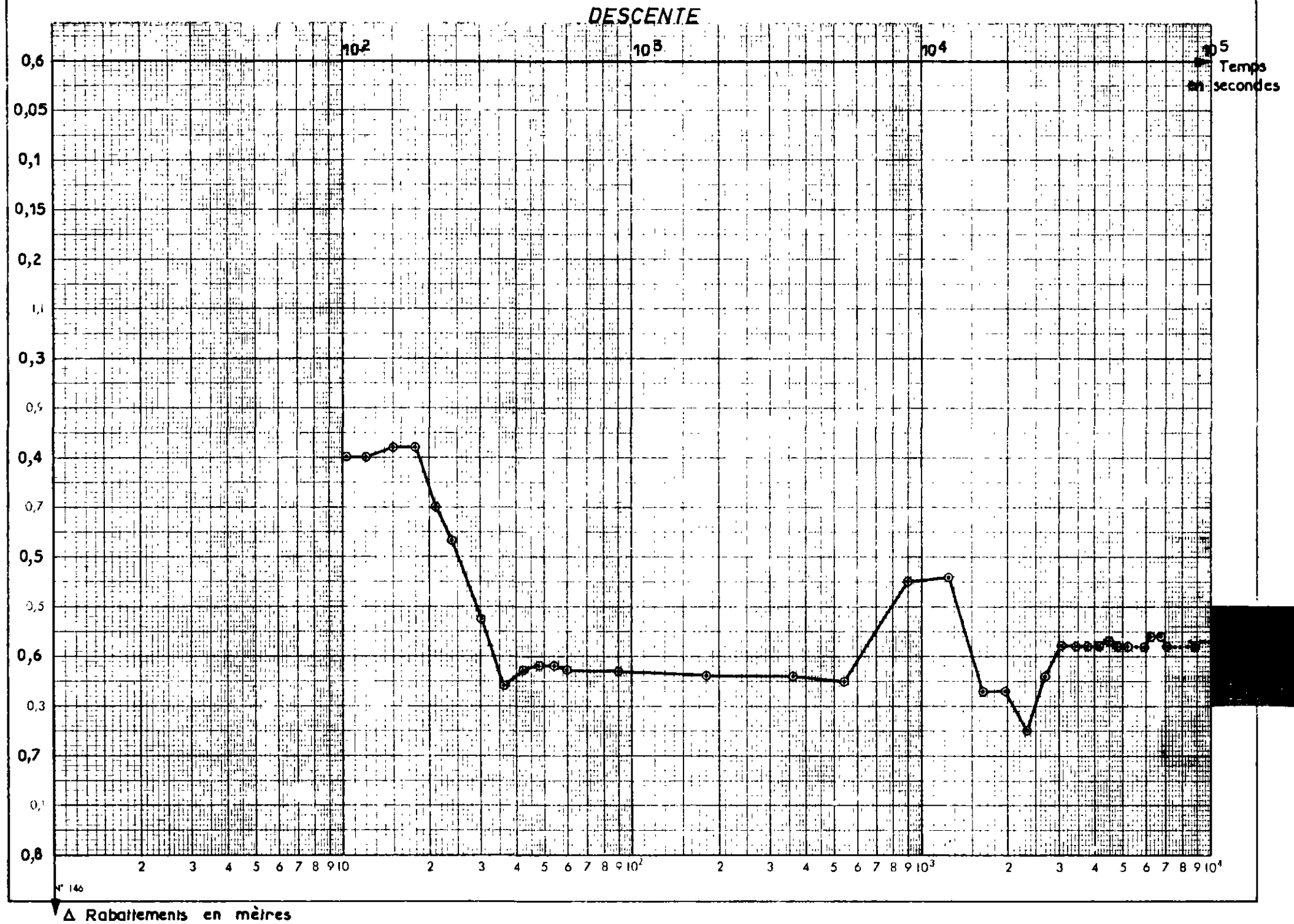
Résistivité :  $\Omega \text{ cm}^2/\text{cm}$  à 20° C 2120

pH 7,8

Observations : silice en  $SiO_2$  6,8 mg/l

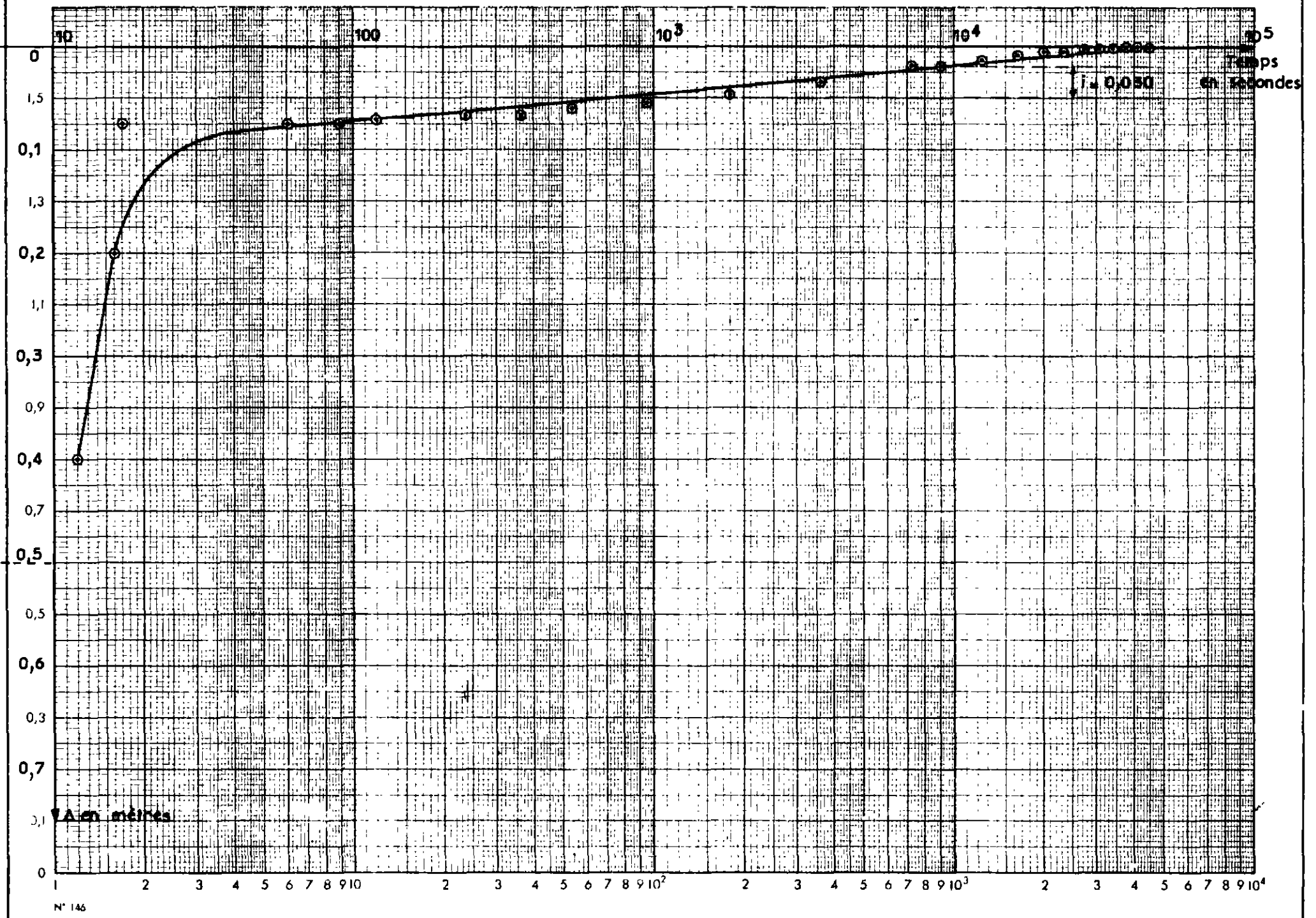
Aix en Provence le 7 Mai 1963

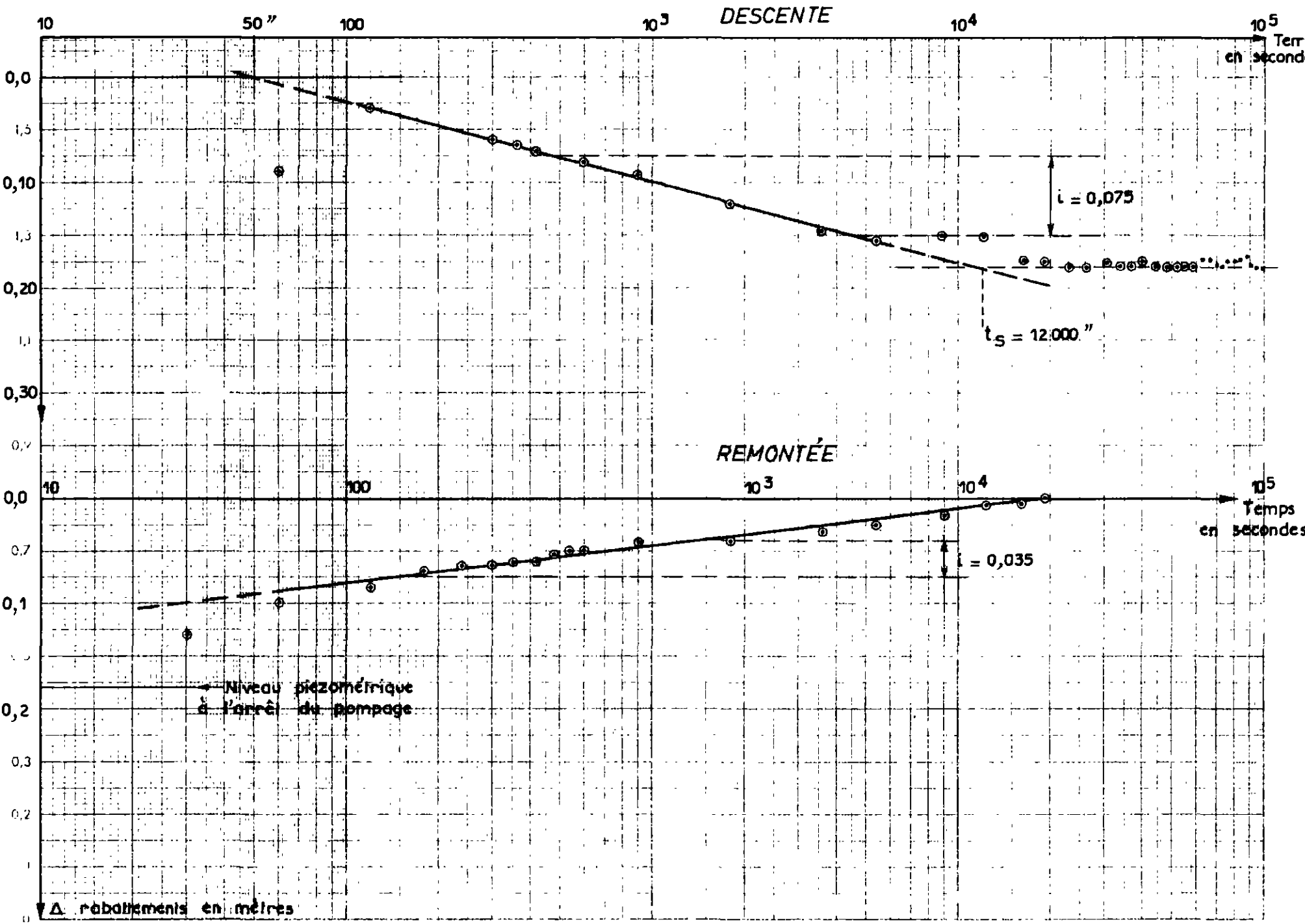
F. GUIGUES



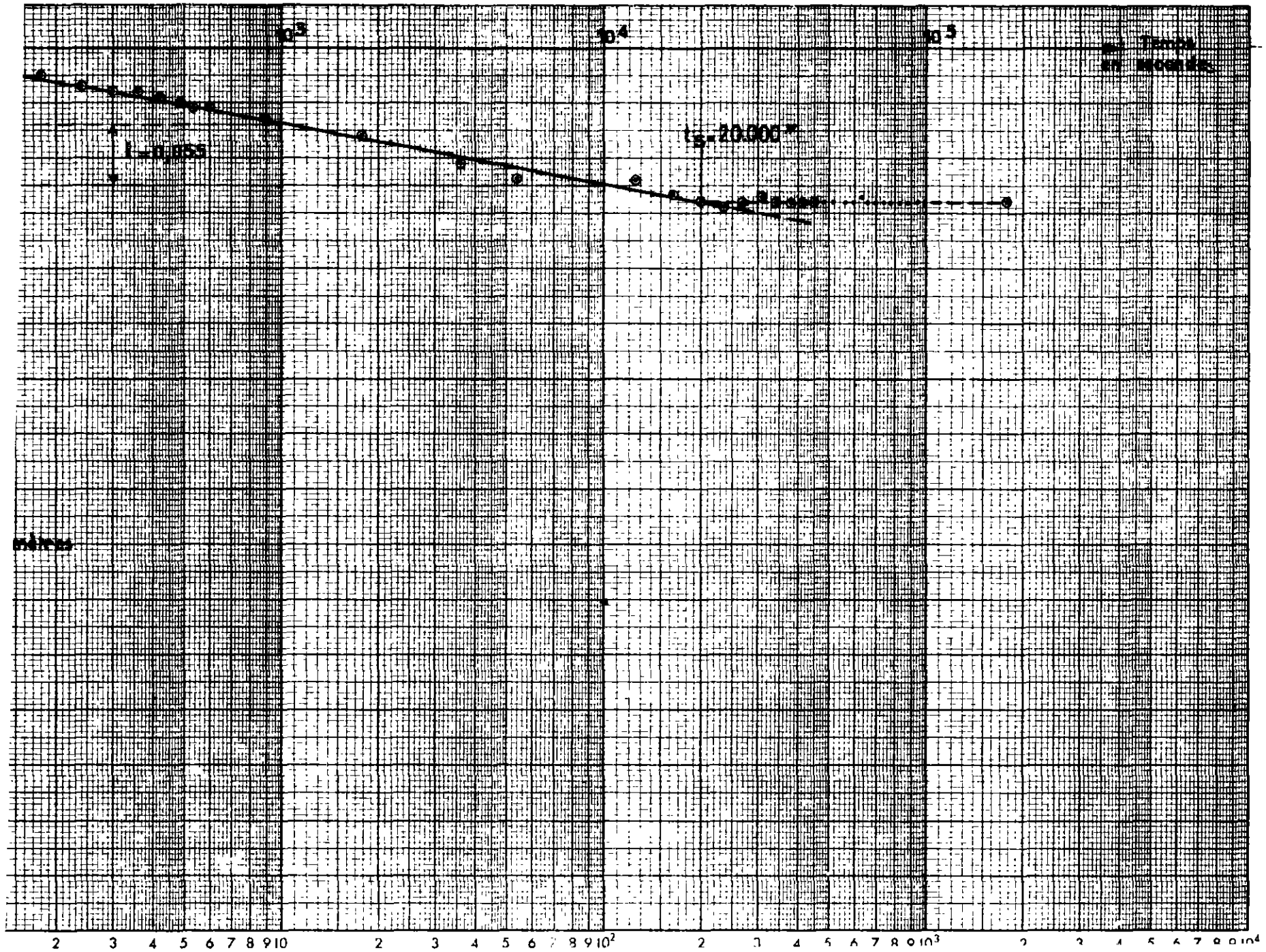
# REMONTÉE APRÈS L'ESSAI à $Q = 400 \text{ m}^3/\text{h}$ - FORAGE

Pl. IX



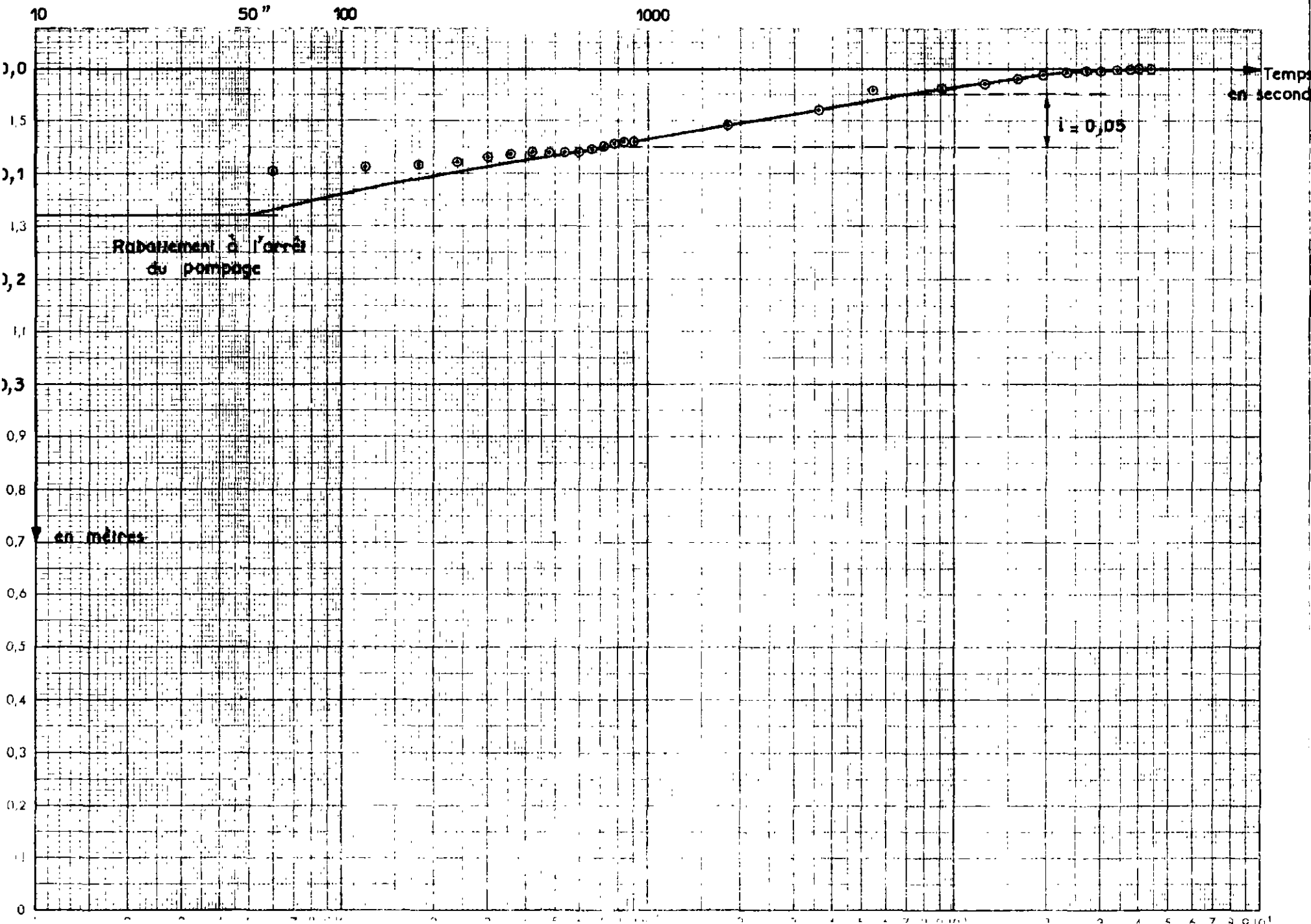


DESCENTE

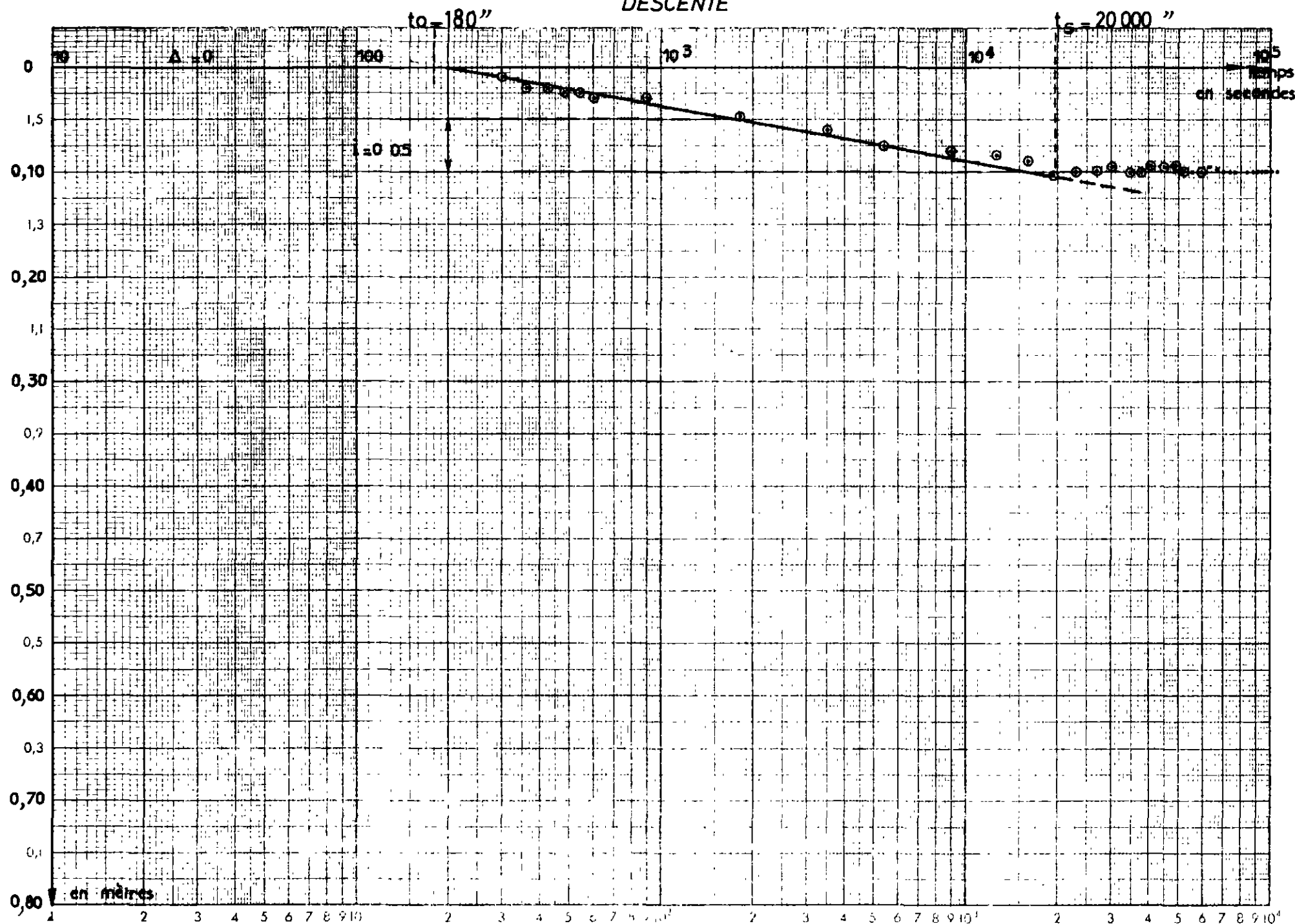




PIÉZO n°2

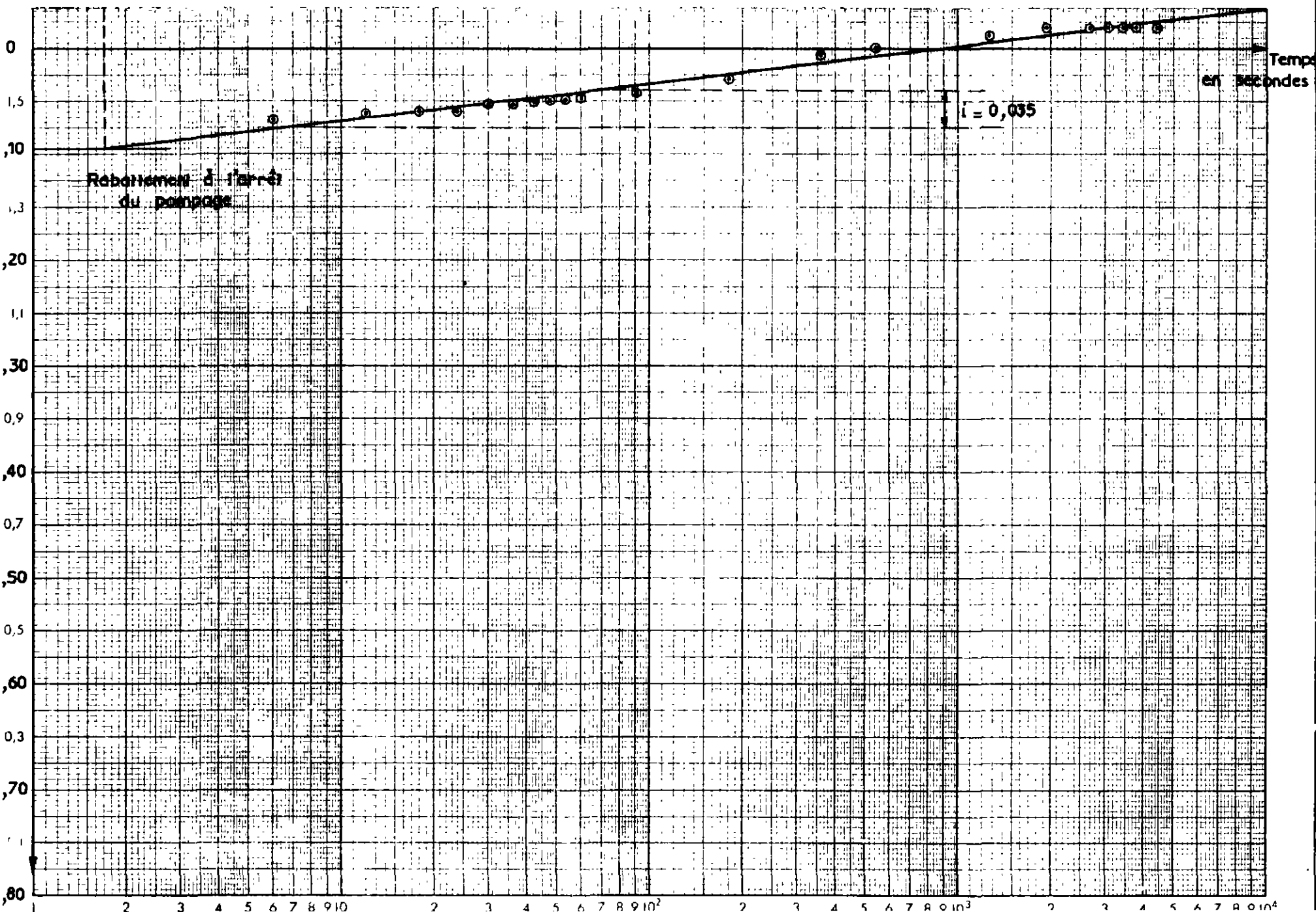


# DESCENTE

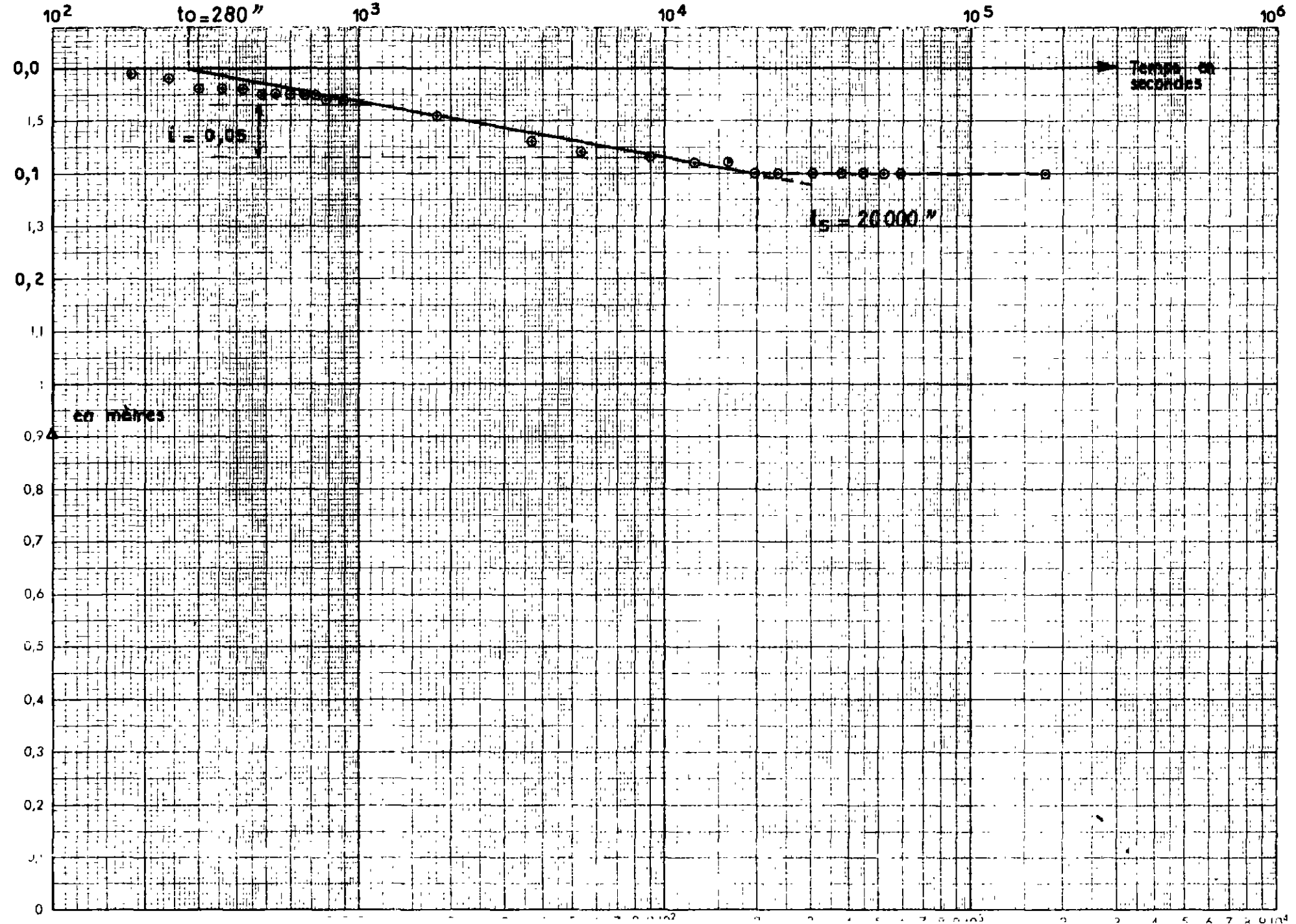


PIÉZO n° 3

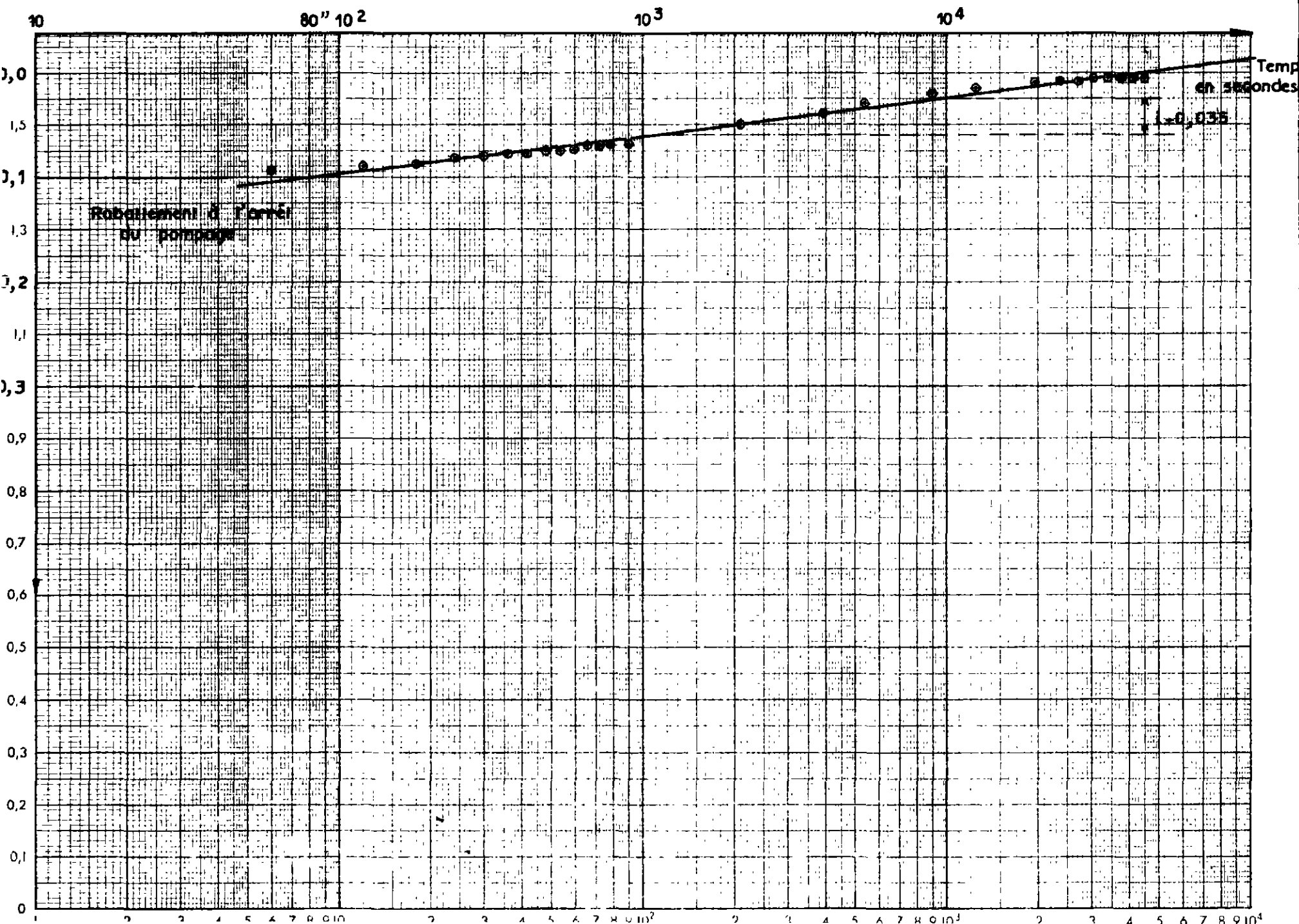
$t_0 = 17''$



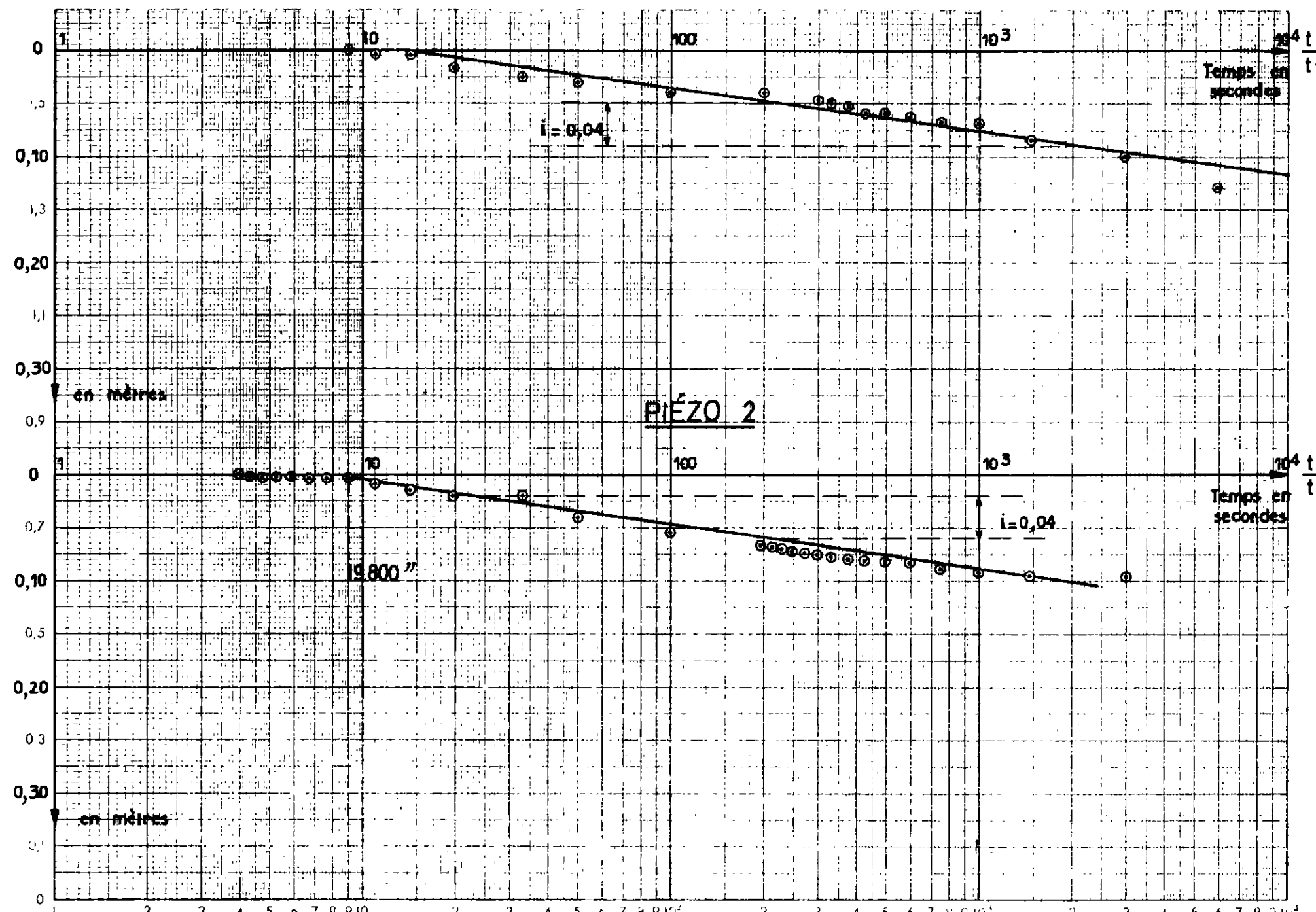
DESCENTE



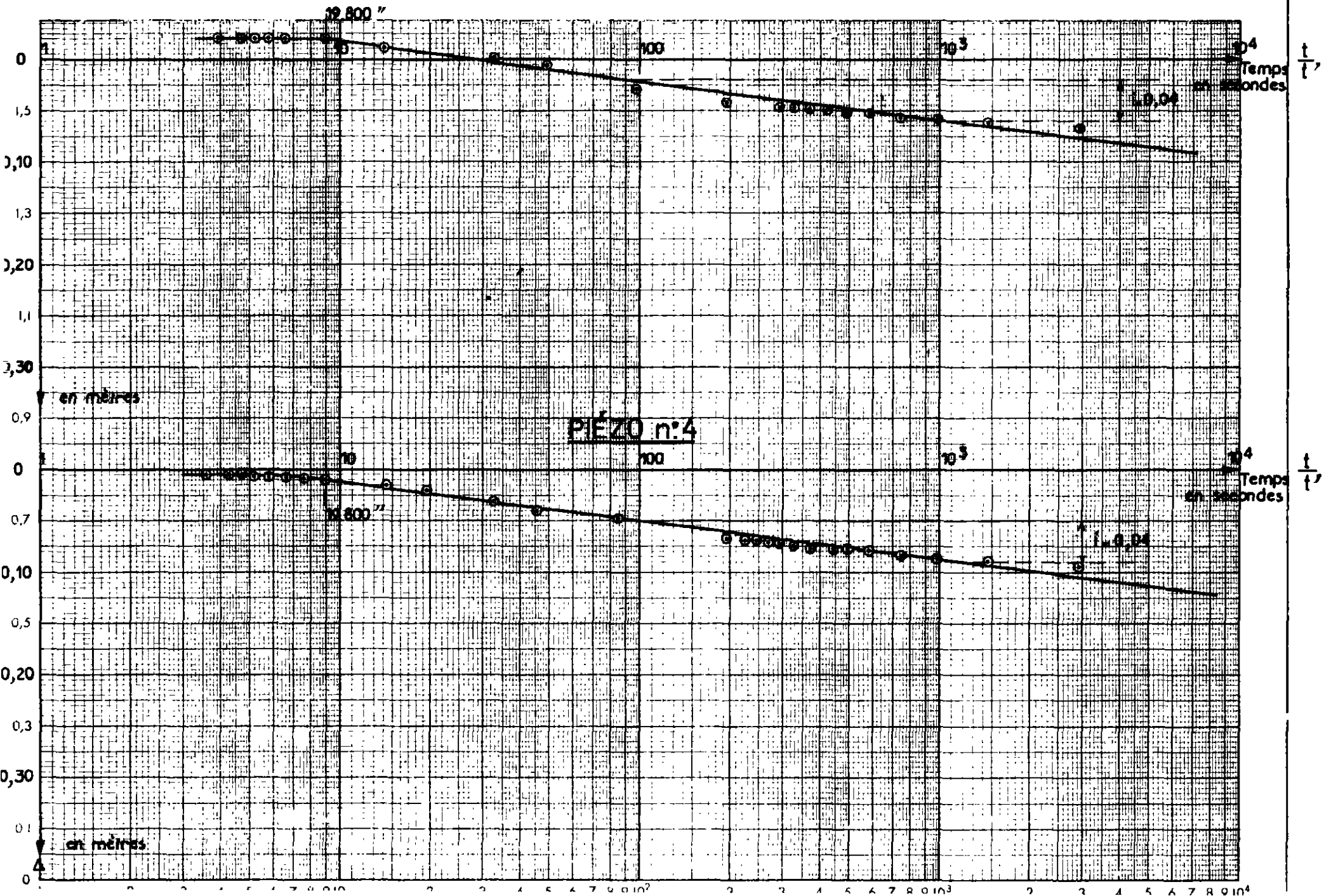
PIÉZO n° 4

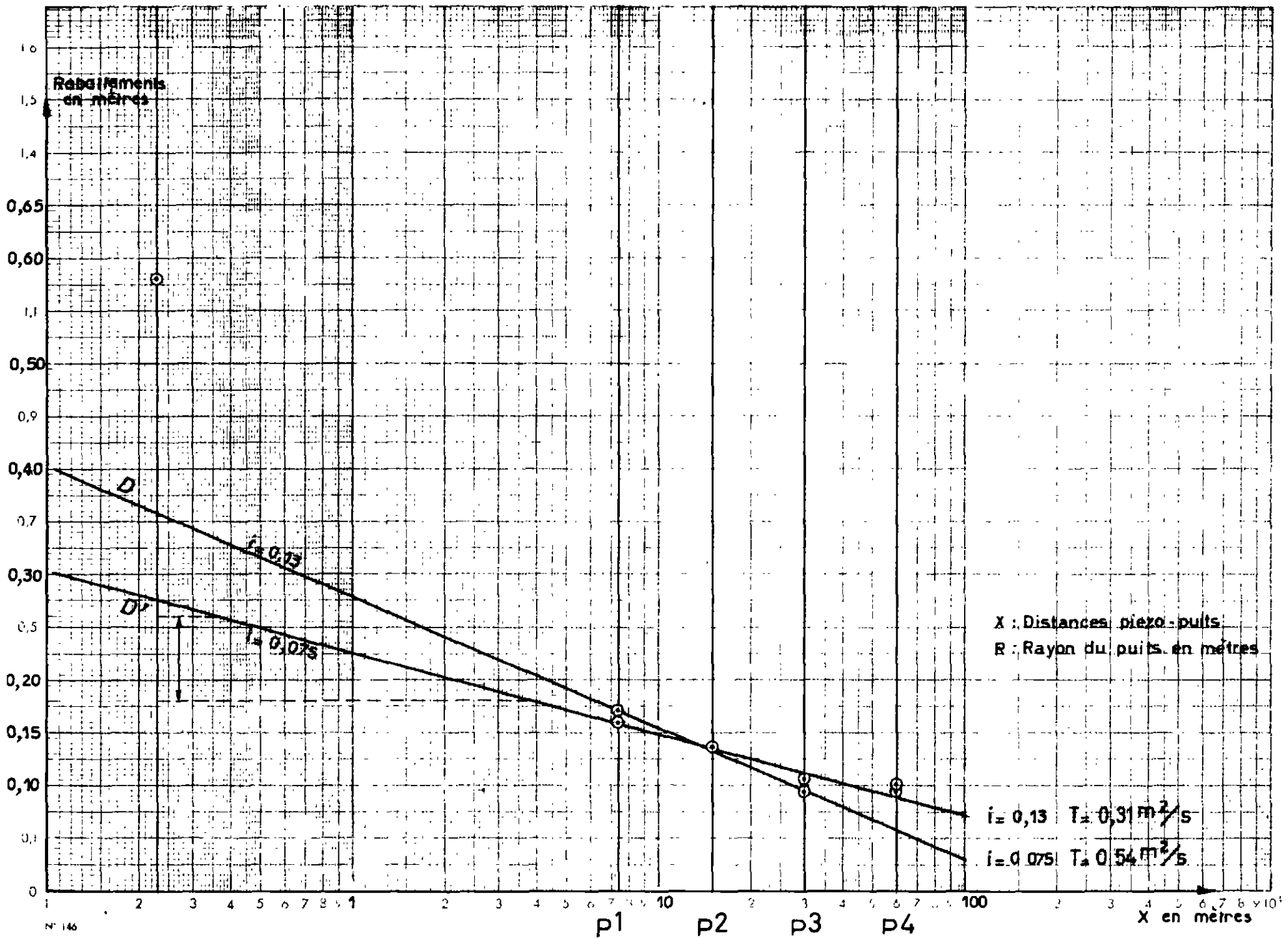


# PIÉZO 1

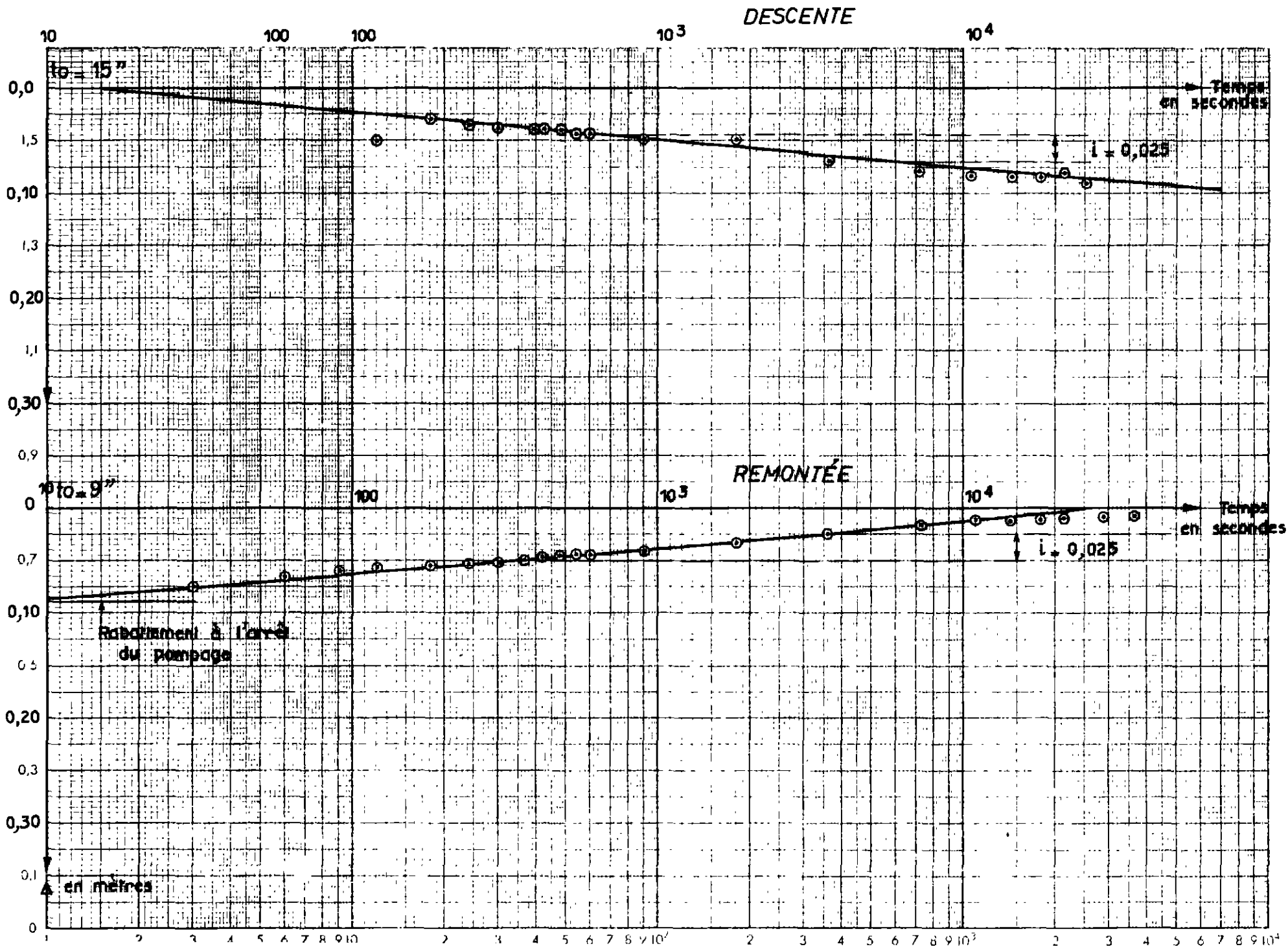


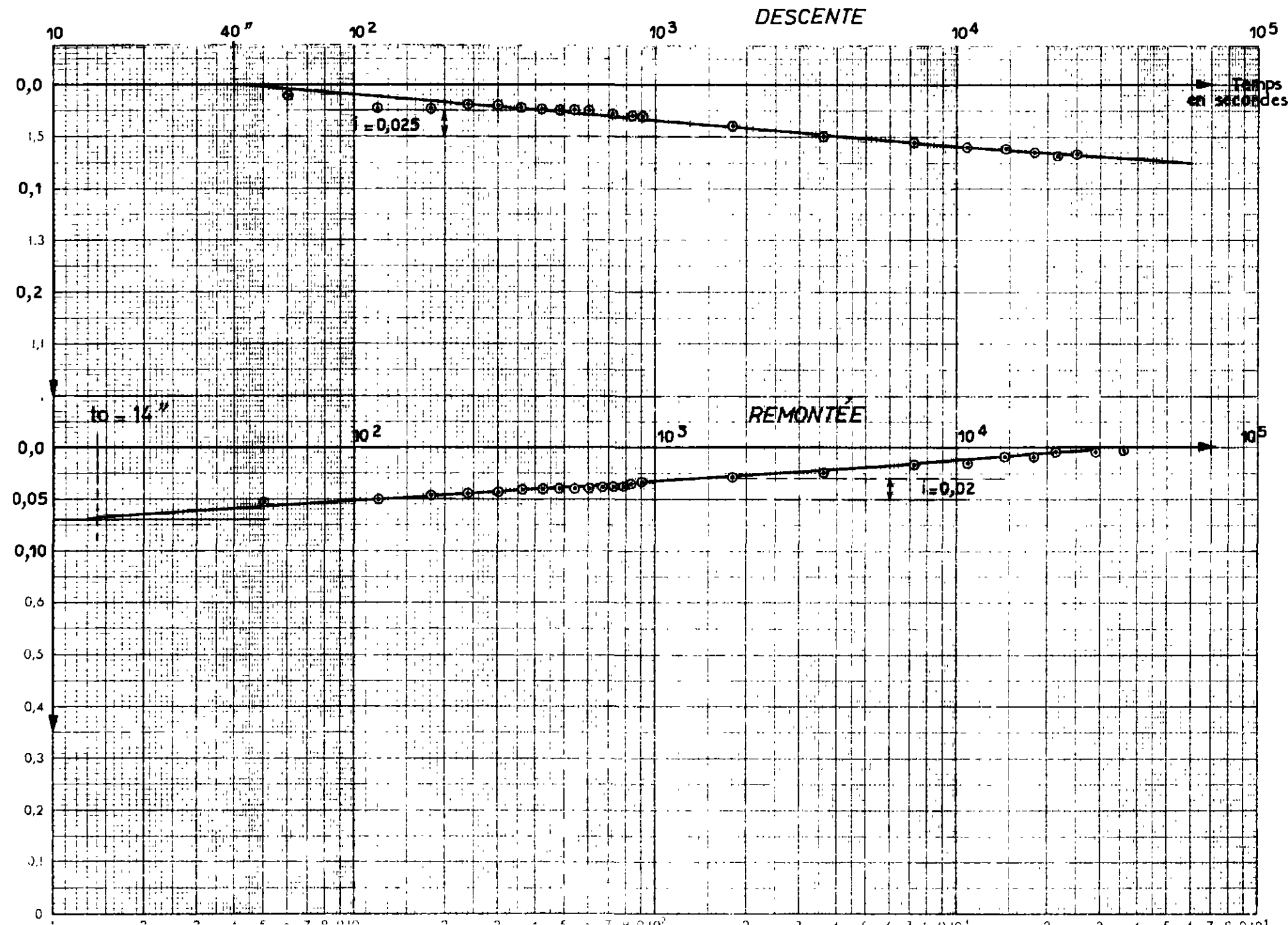
PIÉZO n°3

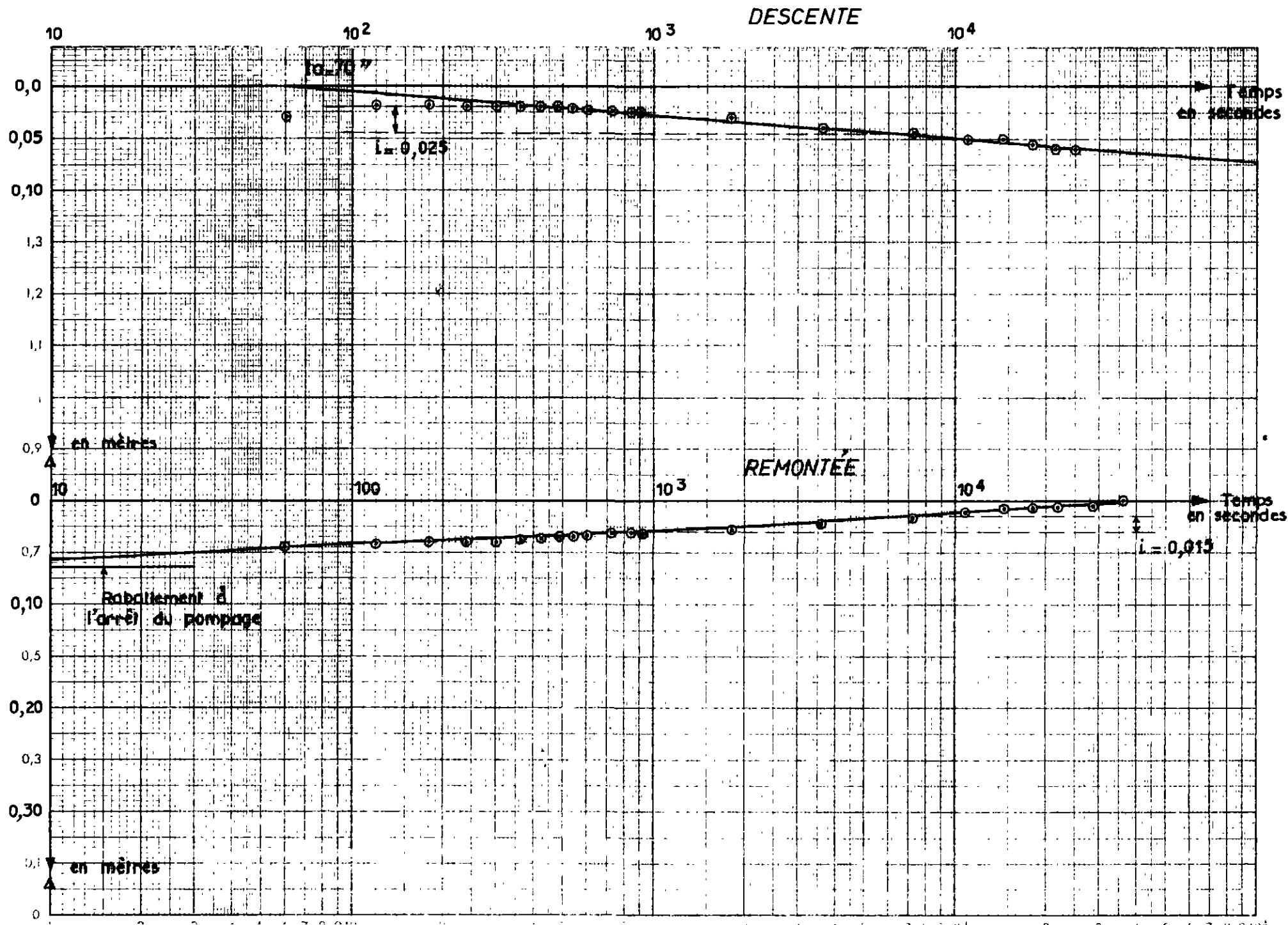


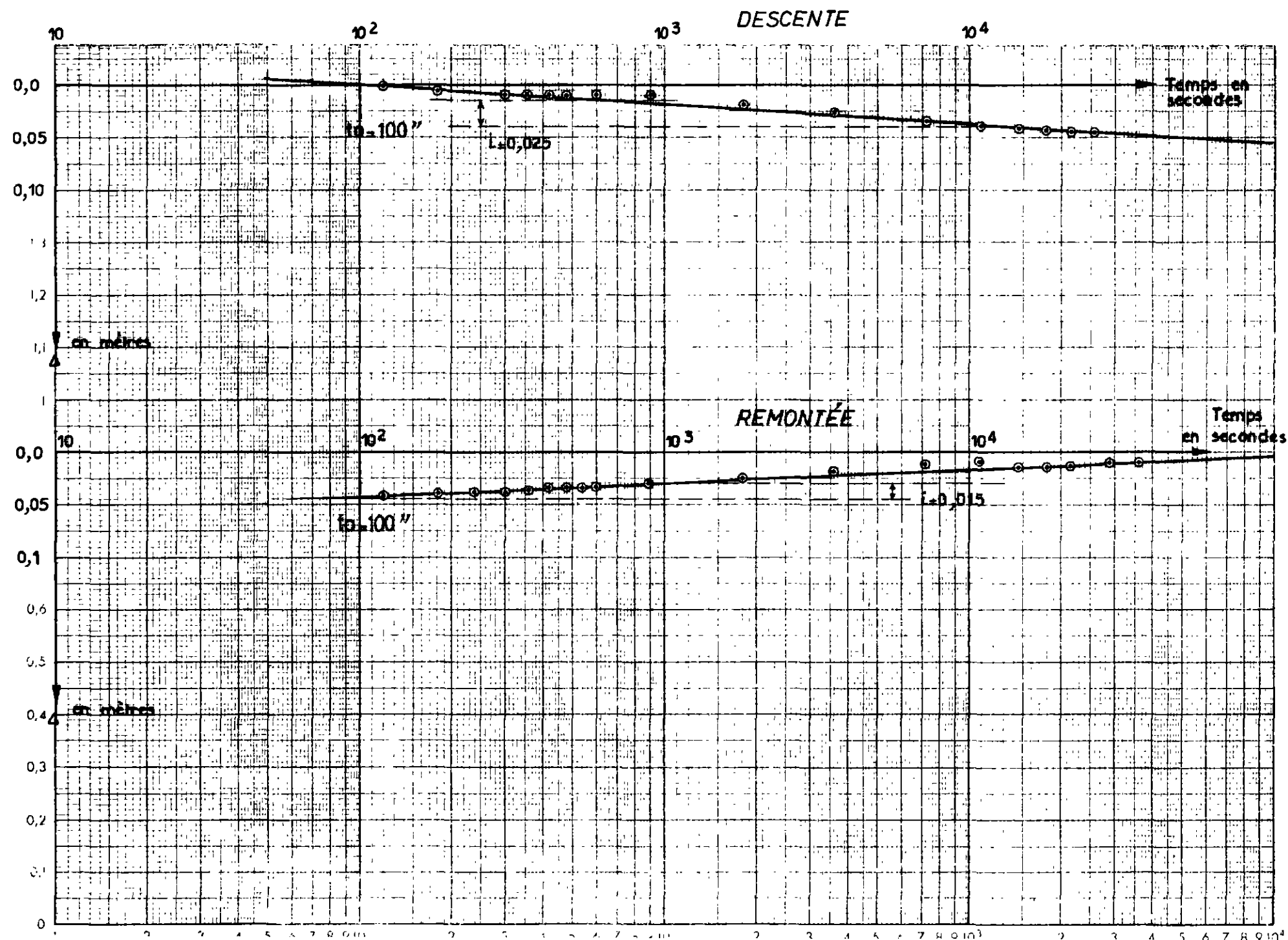


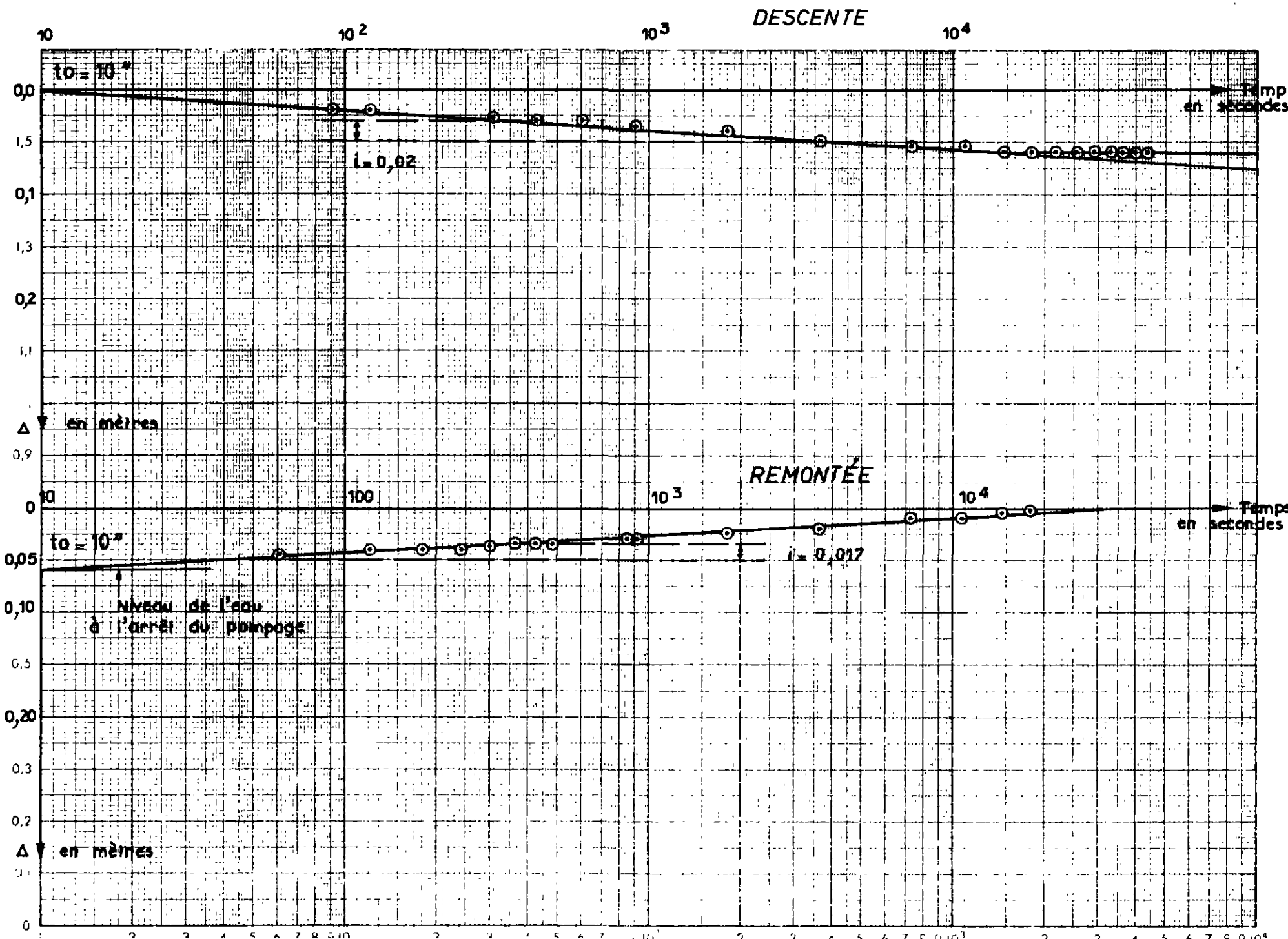


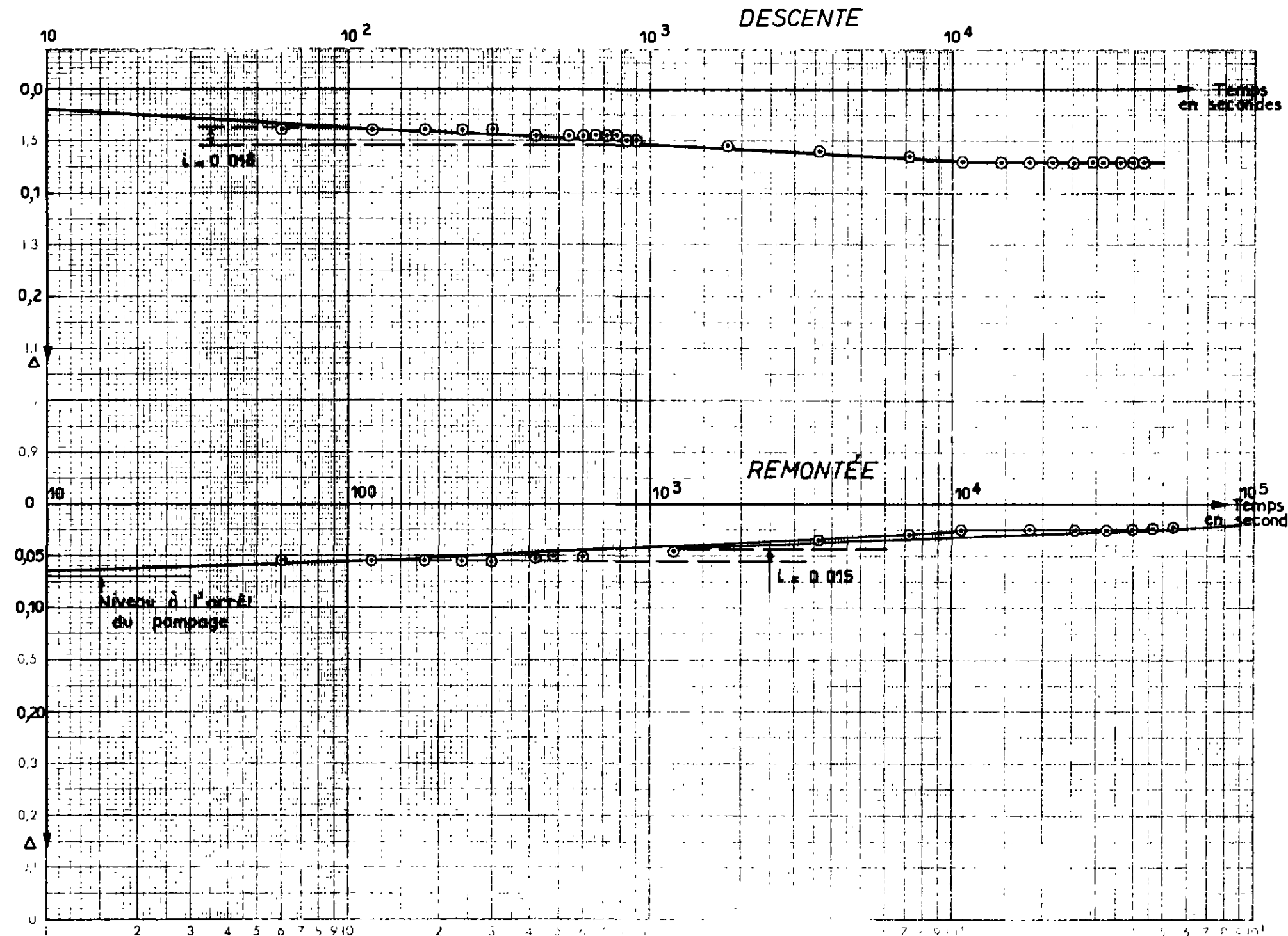




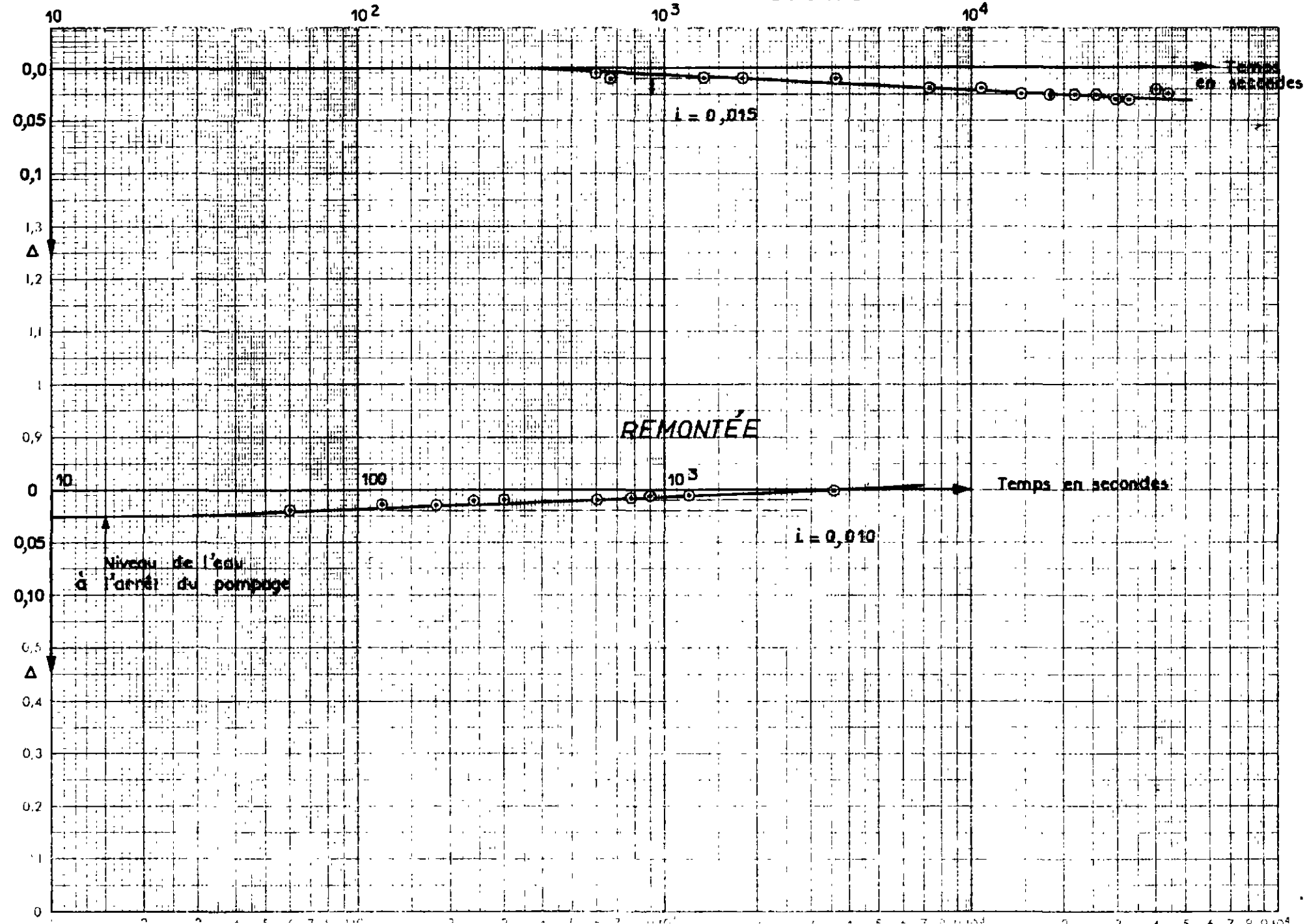








DESCENTE



DESCENTE

