1re THÈSE

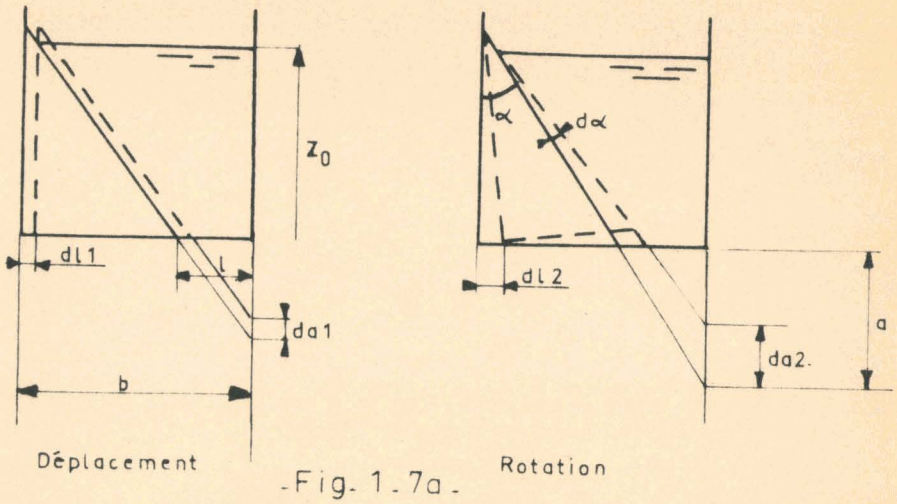
CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA SUPPRESSION D'UN BARRAGE

ÉTUDE DE SINGULARITÉS DE SECTION

TOME II _ PLANCHES

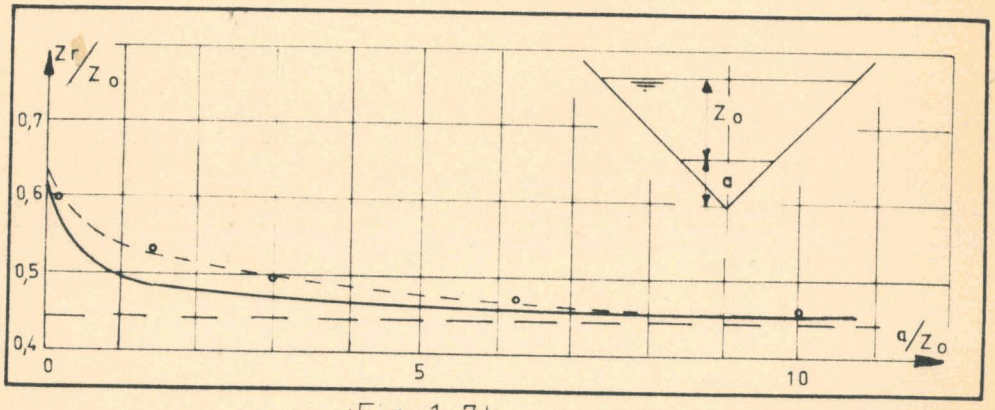
2 Mars 1966

Raymond GRAS



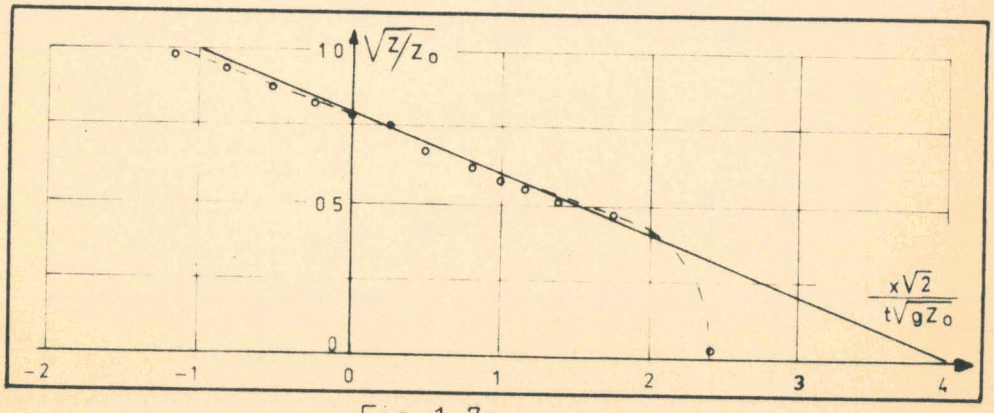
-Fig. 1.7a-

-Effet d'un défaut de positionnement-



-Fig. 1.7b-

- Hauteur de scission réduite -

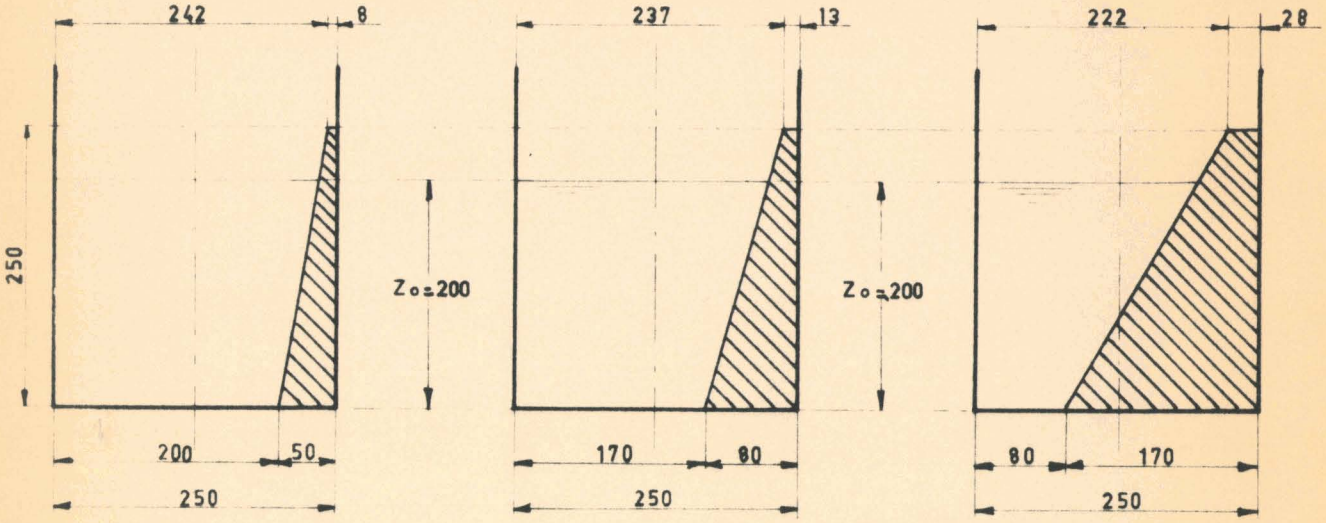


-Fig. 1.7c-

Ligne d'eau à l'instant t=0,5s pour la section triangulaire

EXTENSION DE LA THEORIE DE RITTER

– Formes de section réalisées dans le Canal B –



N° 1

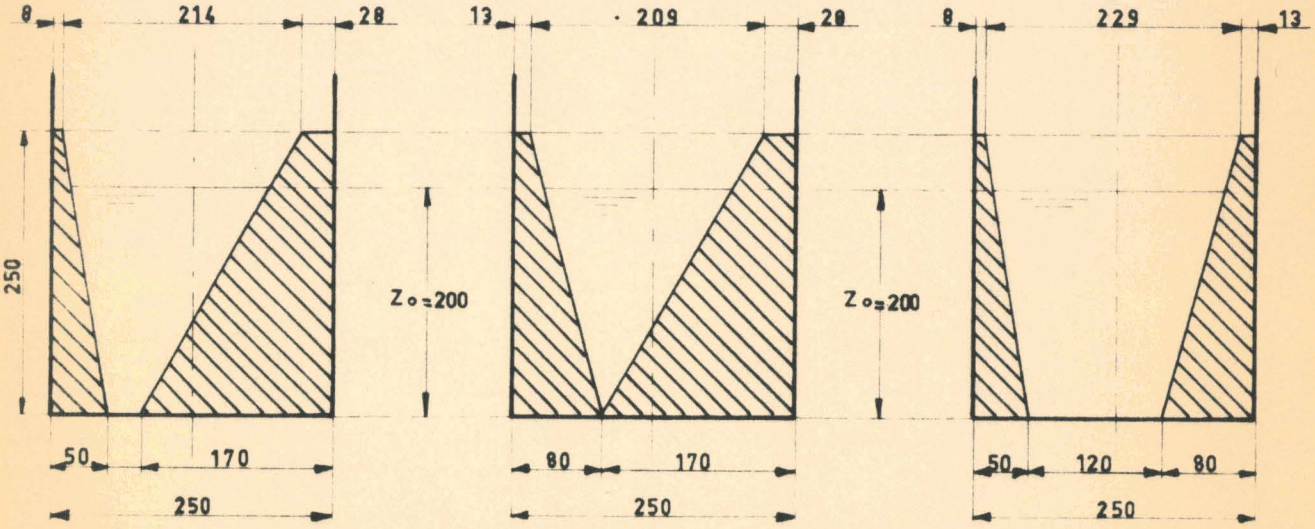
a = 1225

N° 2

a = 625

N° 3

a = 150



N° 4

a = 50

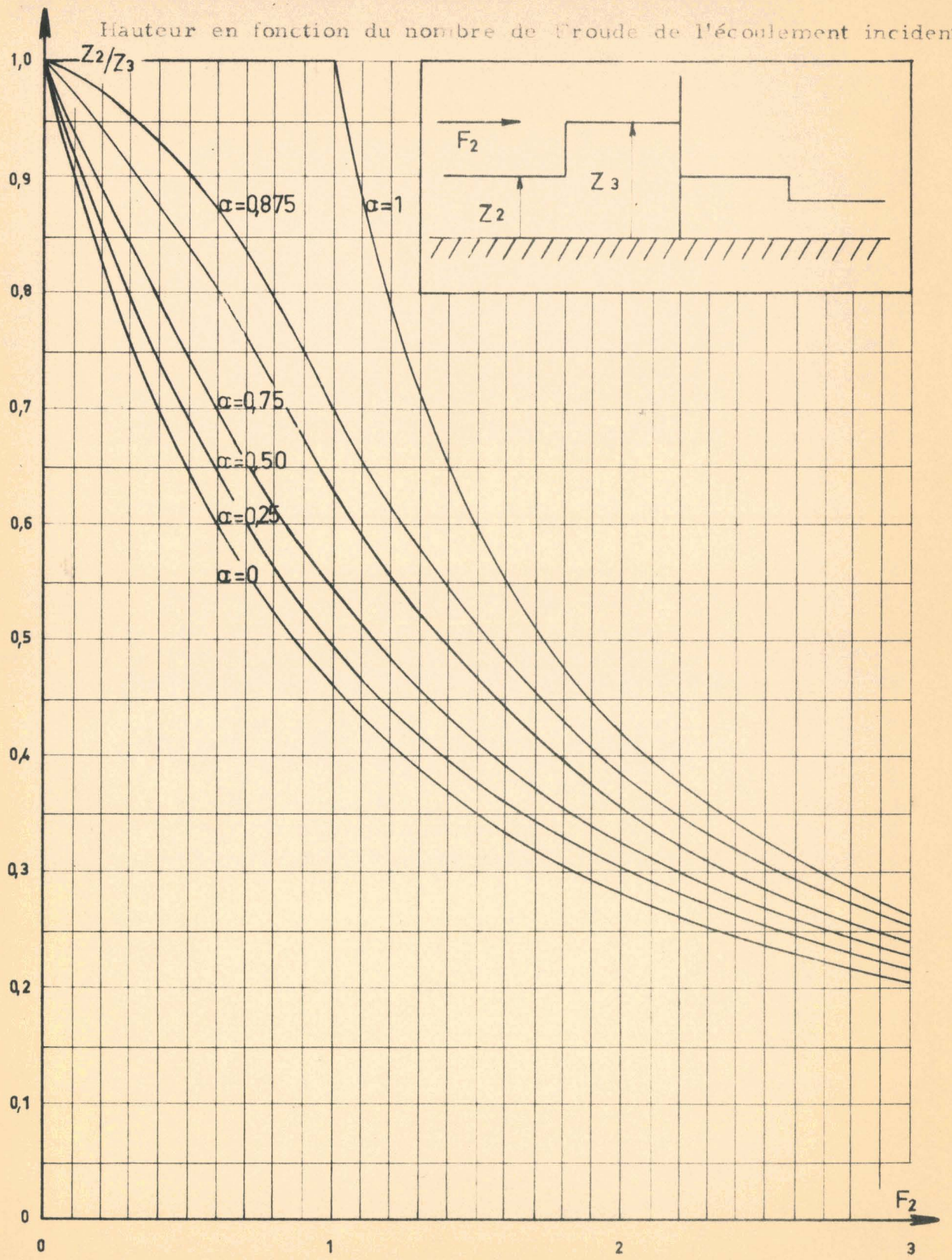
N° 5

a = 0

N° 6

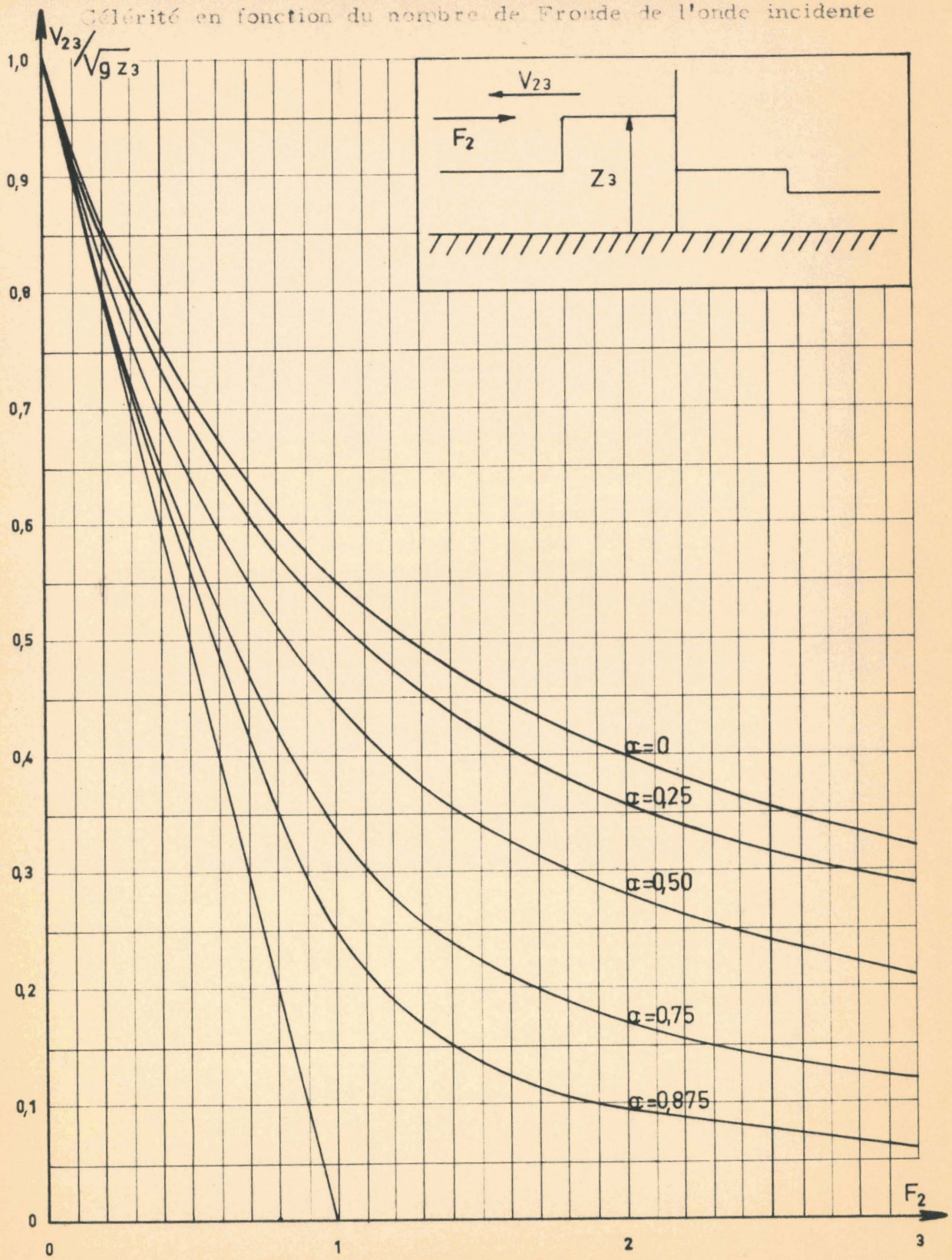
a = 275

- 1er CALCUL - ONDE REFLECHIE -

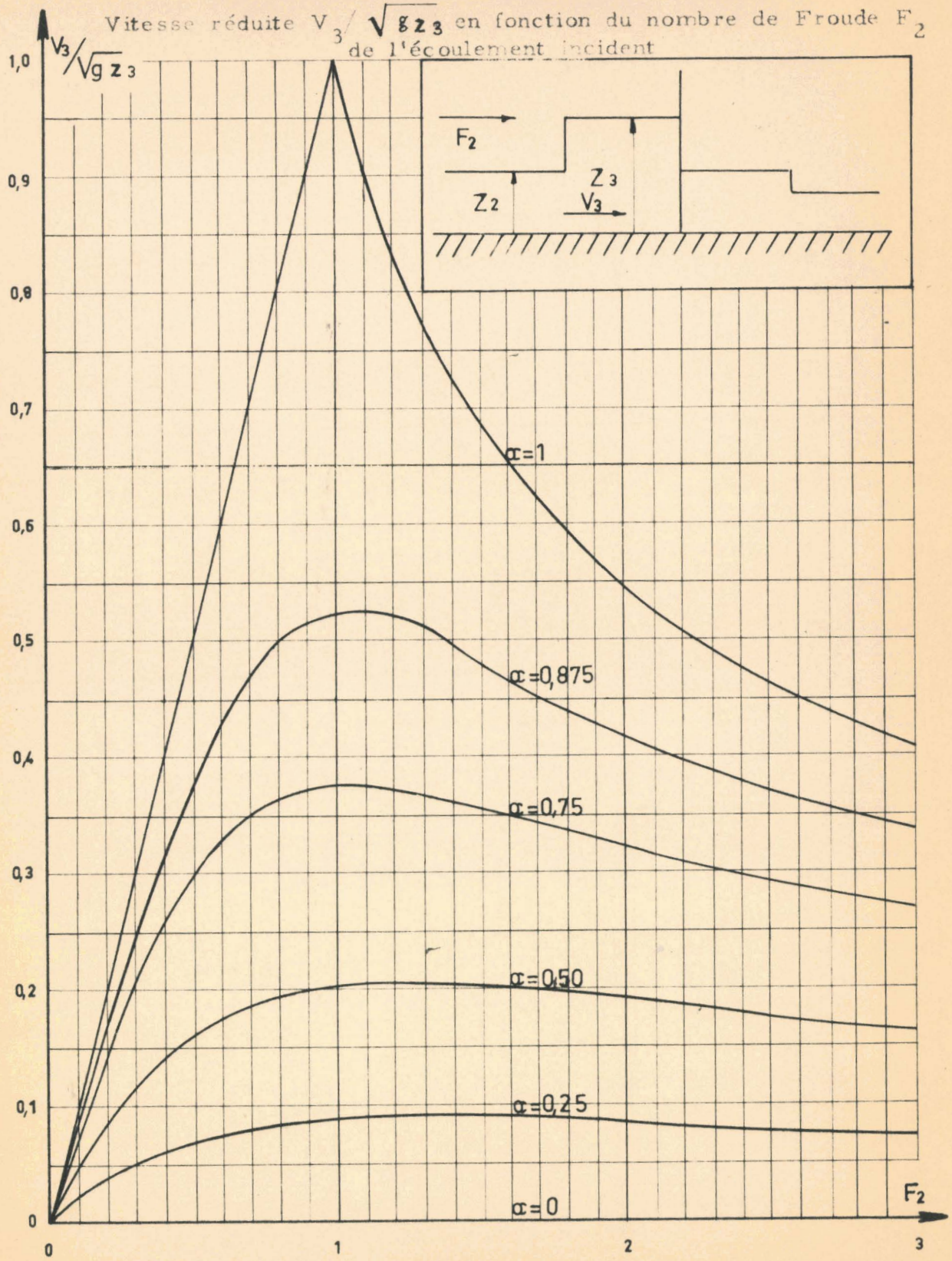


- 1er CALCUL - ONDE REFLECHIE -

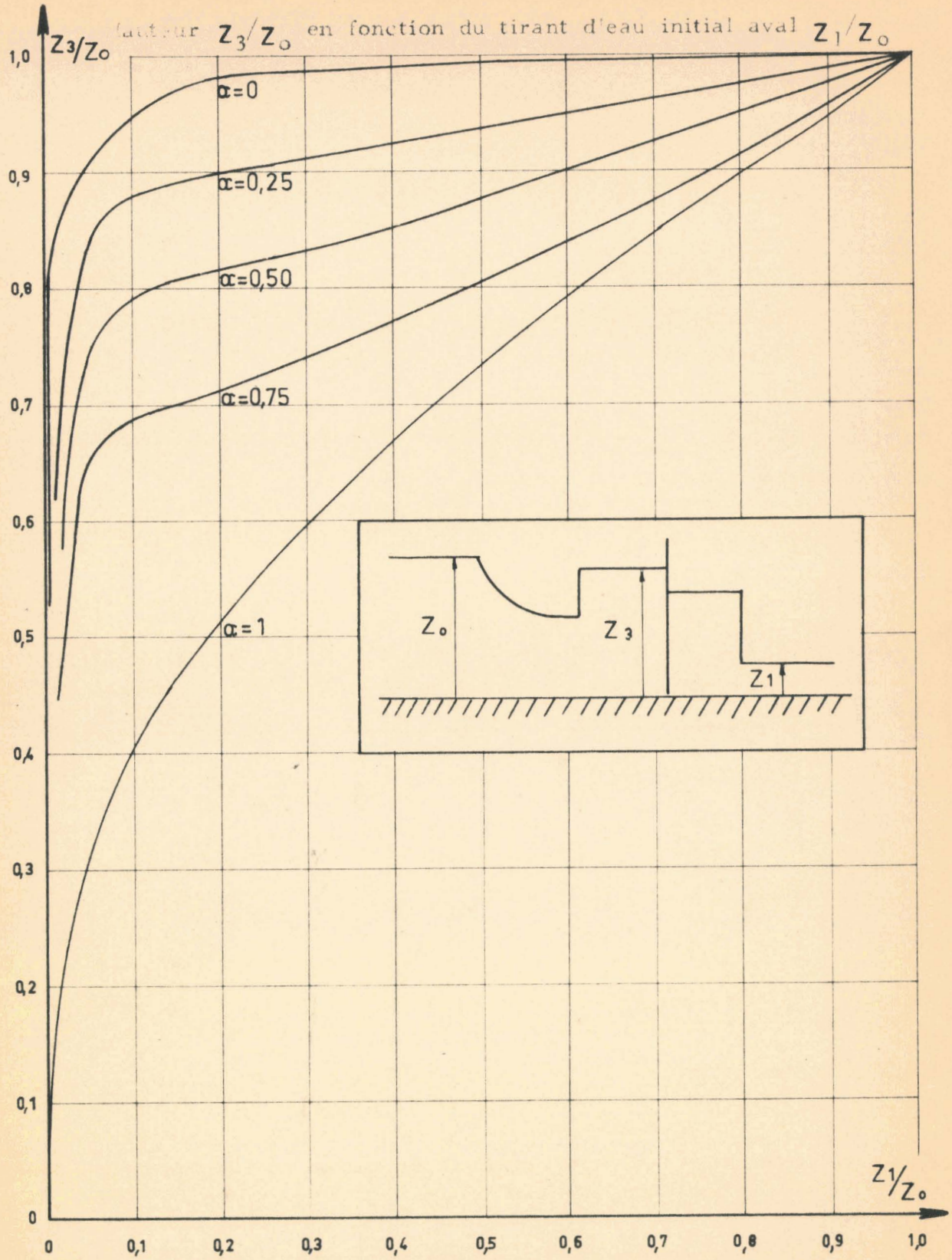
Célérité en fonction du nombre de Froude de l'onde incidente



- 1er CALCUL - ONDE REFLECHIE -

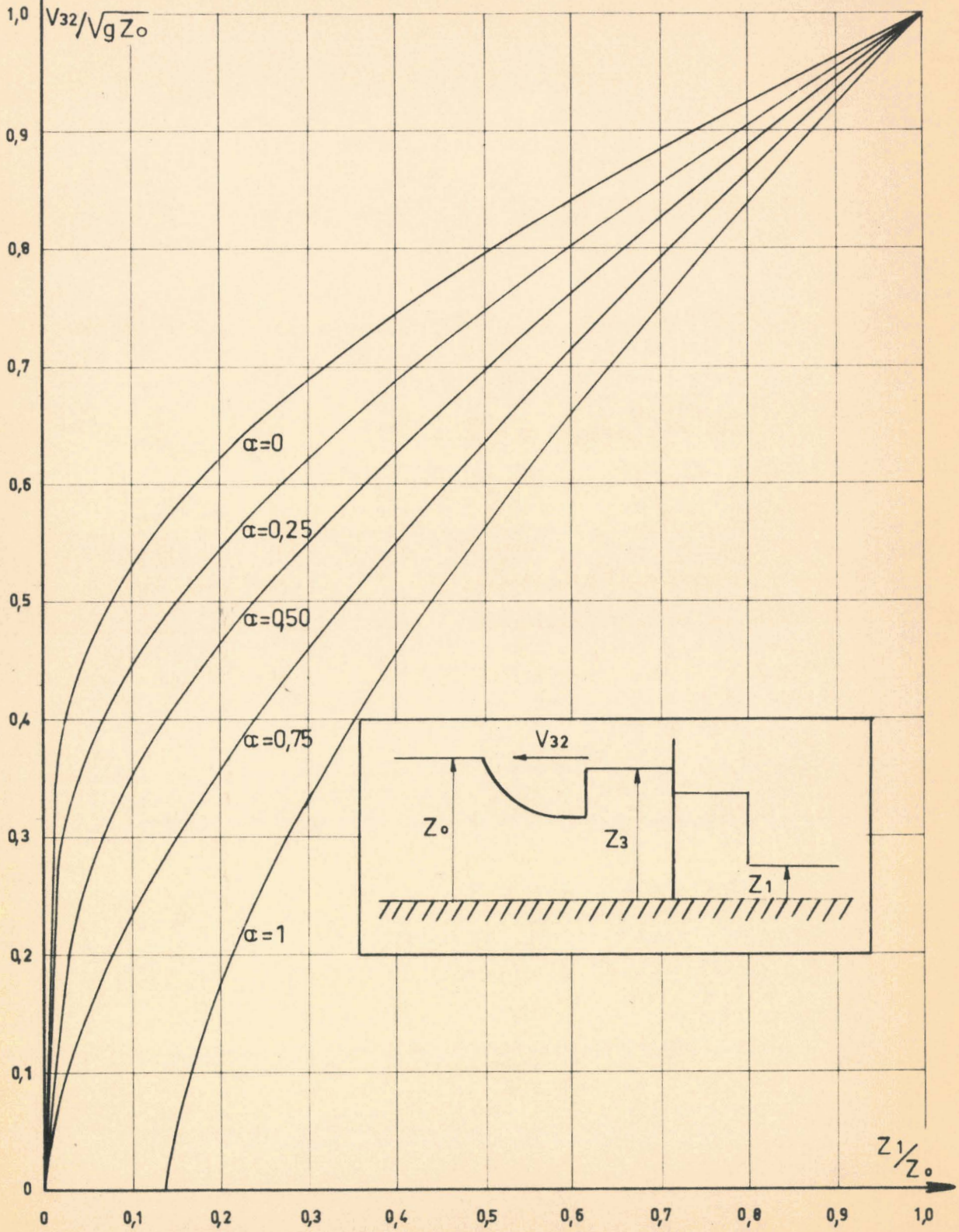


- 1er CALCUL - ONDE REFLECHIE -



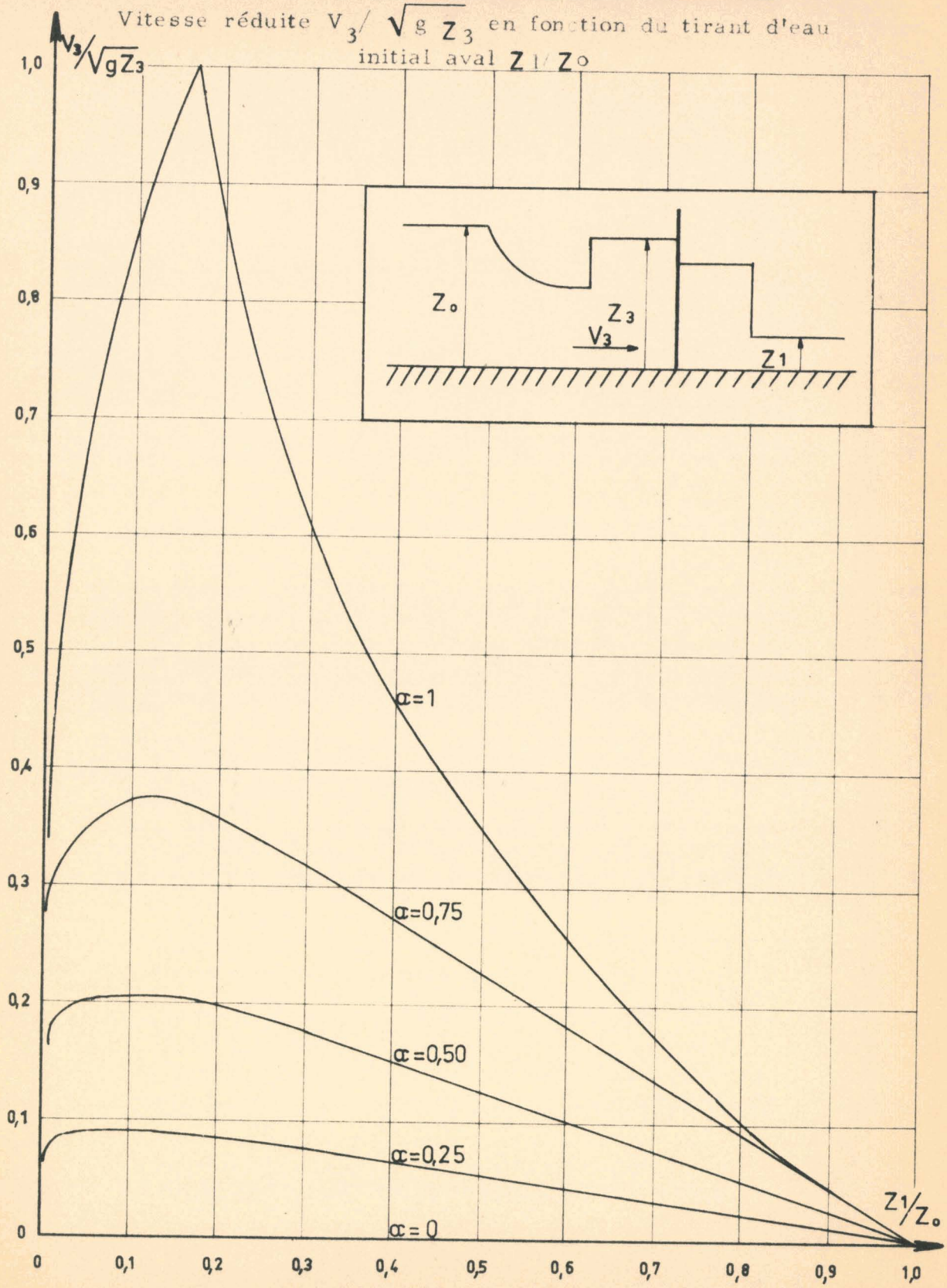
- 1er CALCUL - ONDE REFLECHIE -

Célérité en fonction du tirant d'eau initial aval Z_1/Z_o

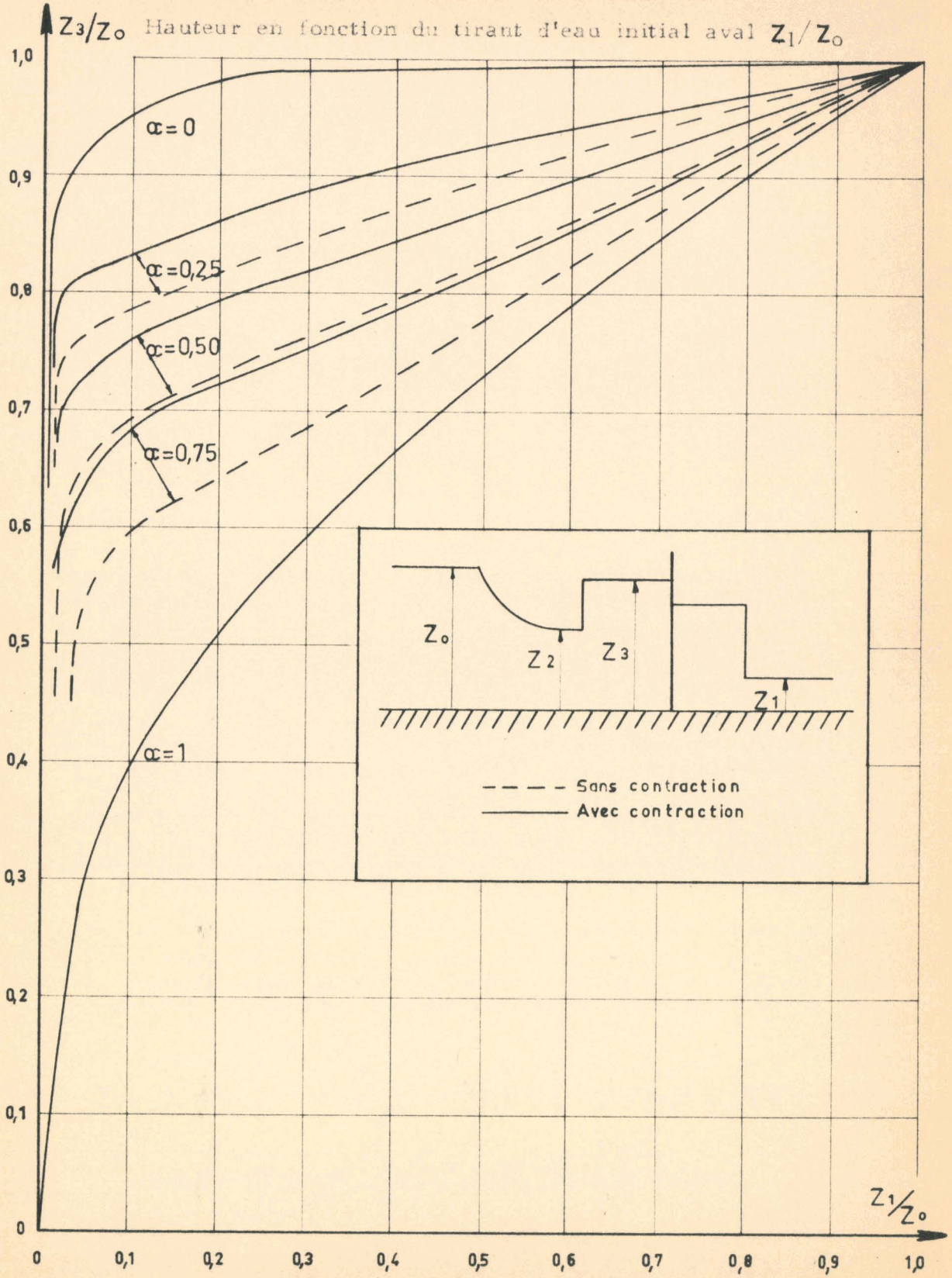


- 1er CALCUL - ONDE REFLECHIE -

Vitesse réduite $V_3 / \sqrt{g\, Z_3}$ en fonction du tirant d'eau initial aval Z_1 / Z_o

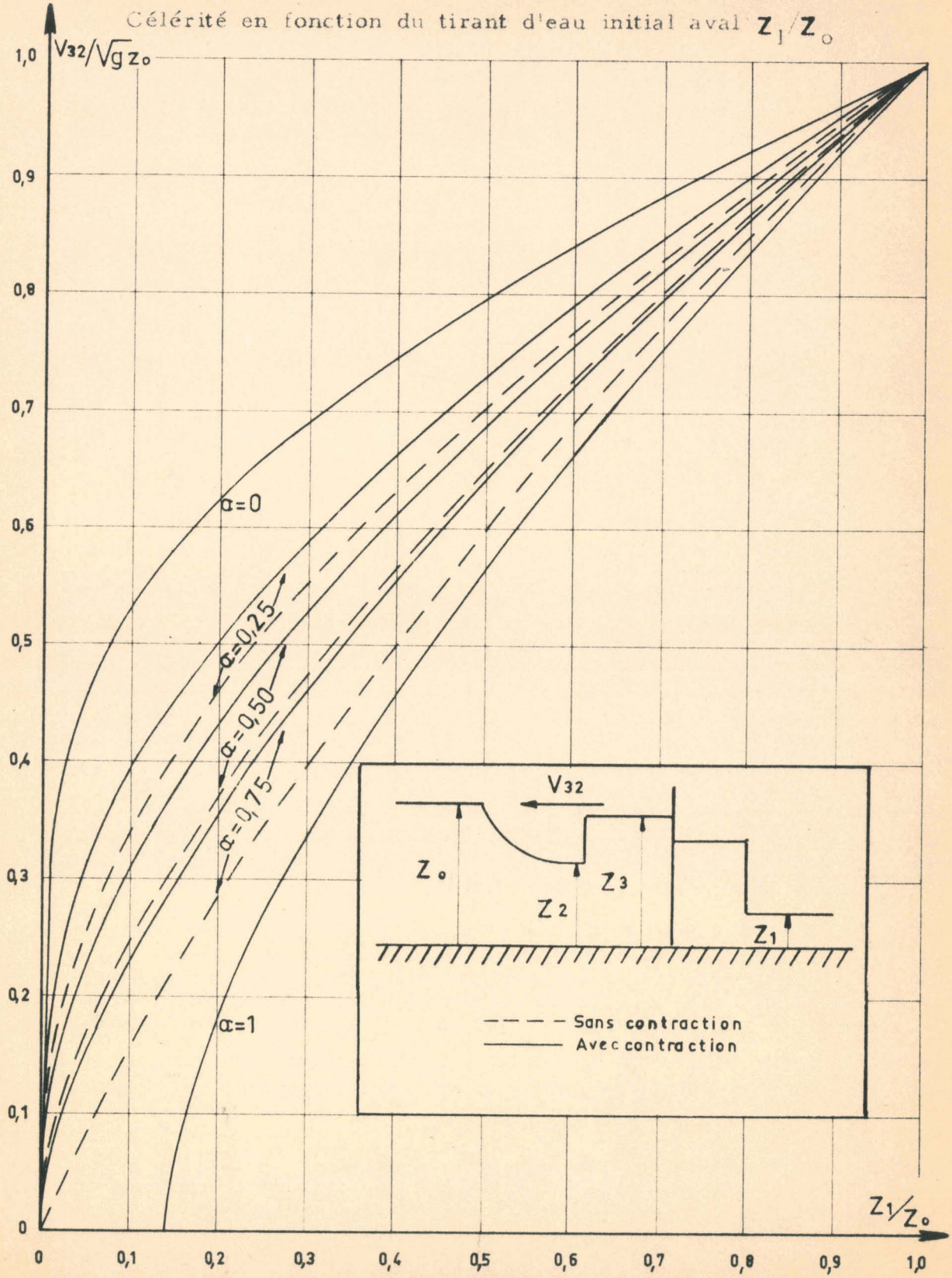


-2e CALCUL-ONDE REFLECHIE-



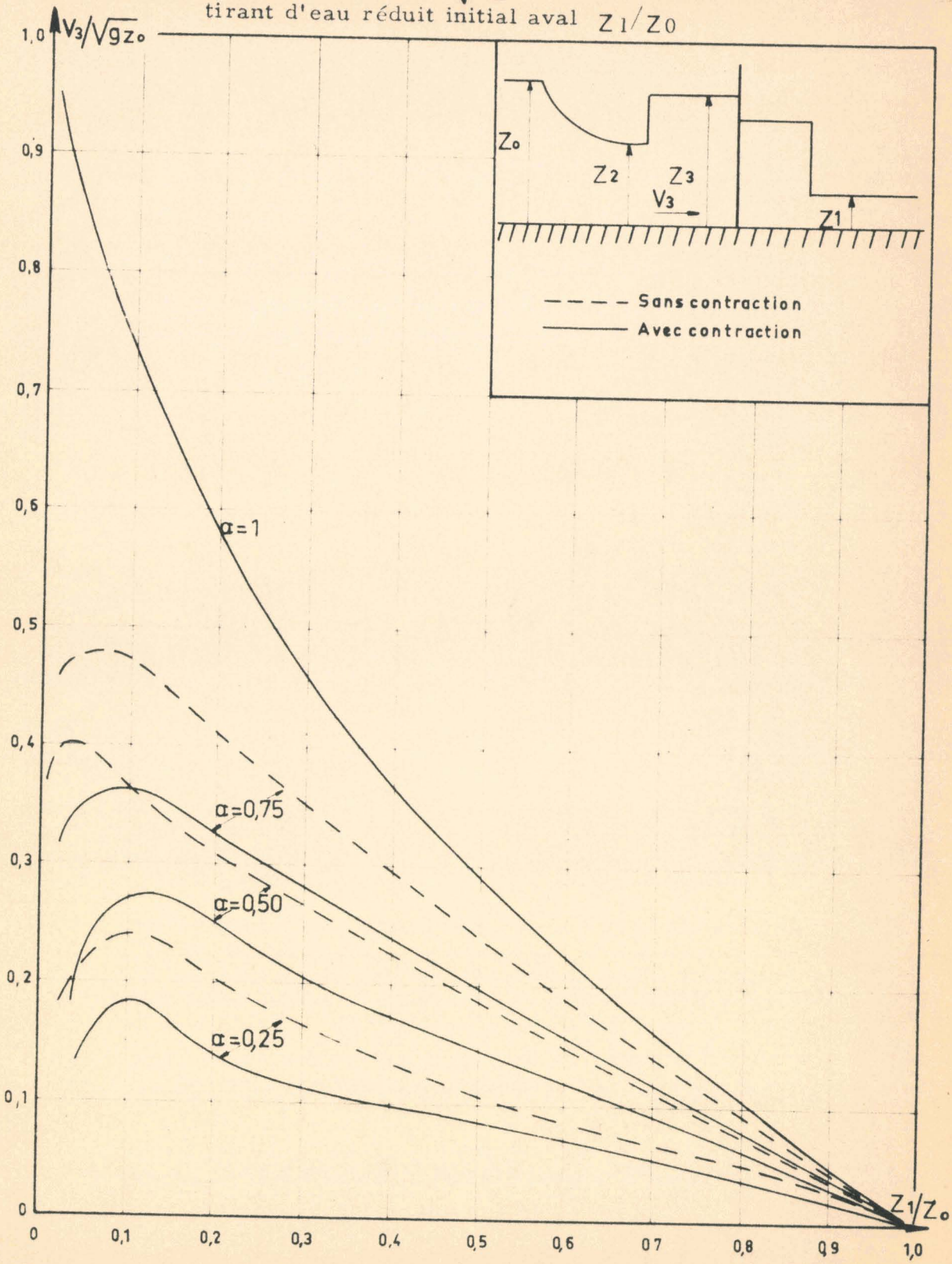
- 2e CALCUL - ONDE REFLECHIE -

Célérité en fonction du tirant d'eau initial aval Z_1/Z_0



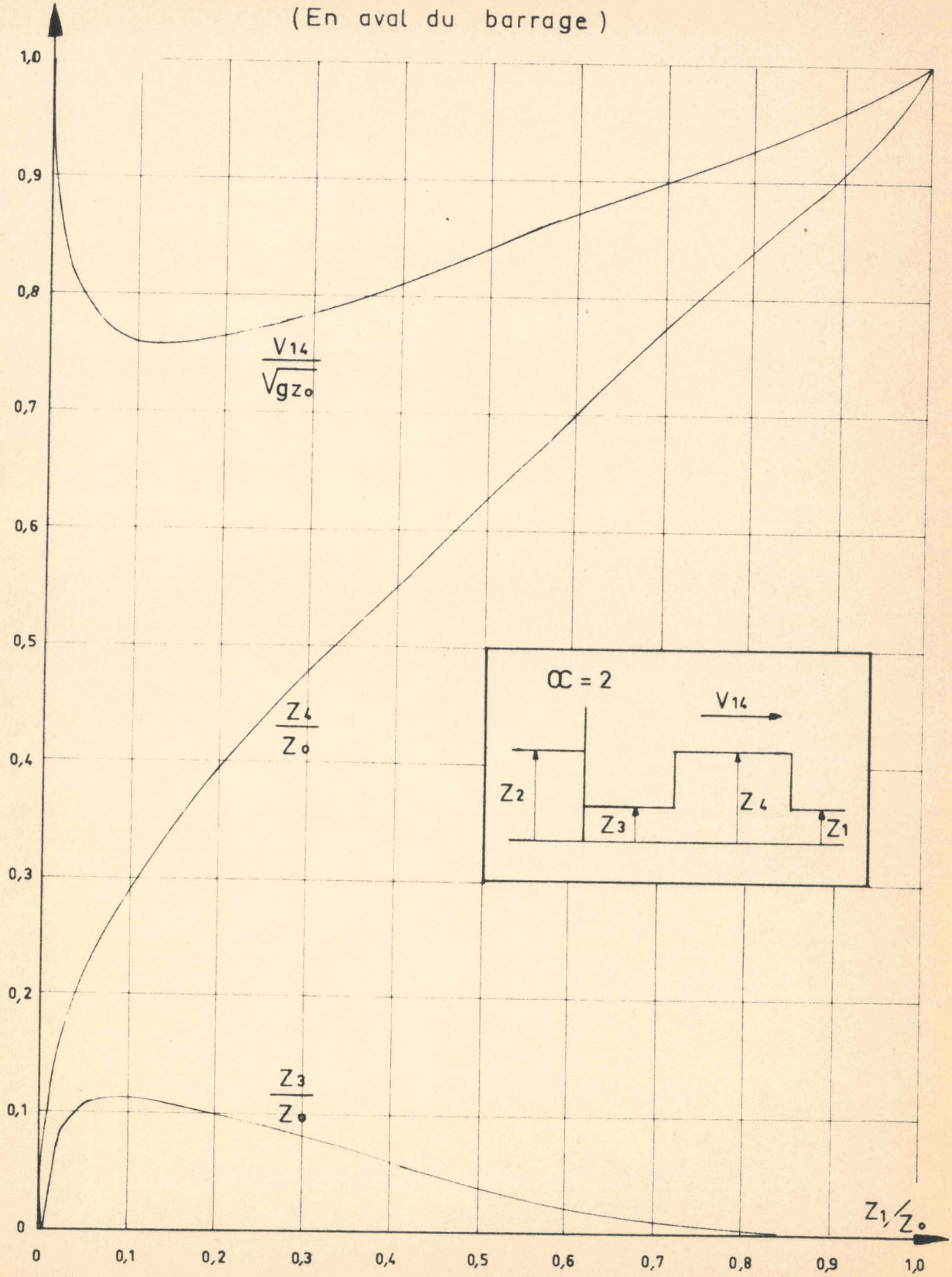
- 2e CALCUL - ONDE REFLECHIE -

Vitesse réduite $V_3/\sqrt{gZ_0}$ en fonction du tirant d'eau réduit initial aval Z_1/Z_0



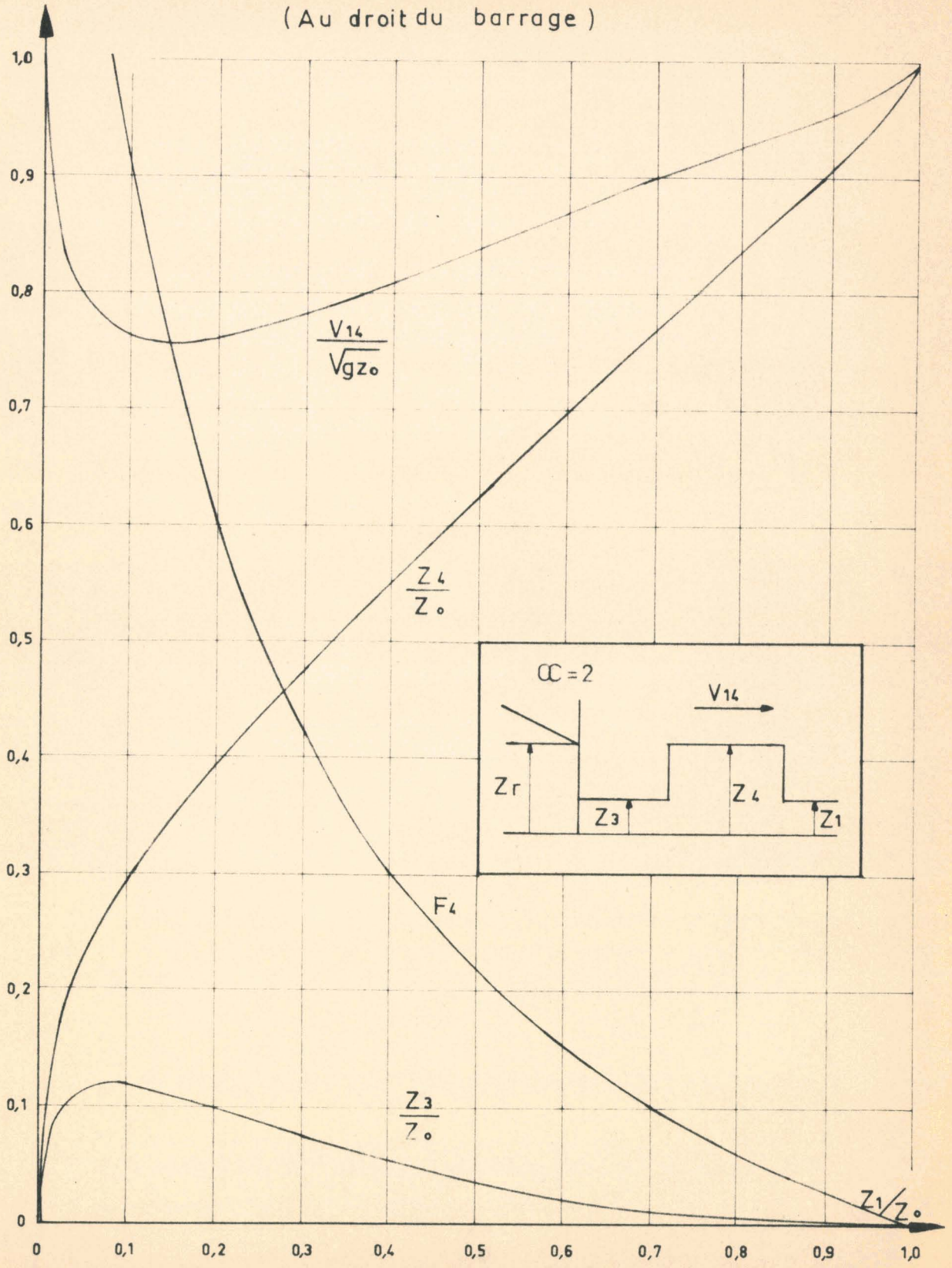
- ELARGISSEMENT -

(En aval du barrage)

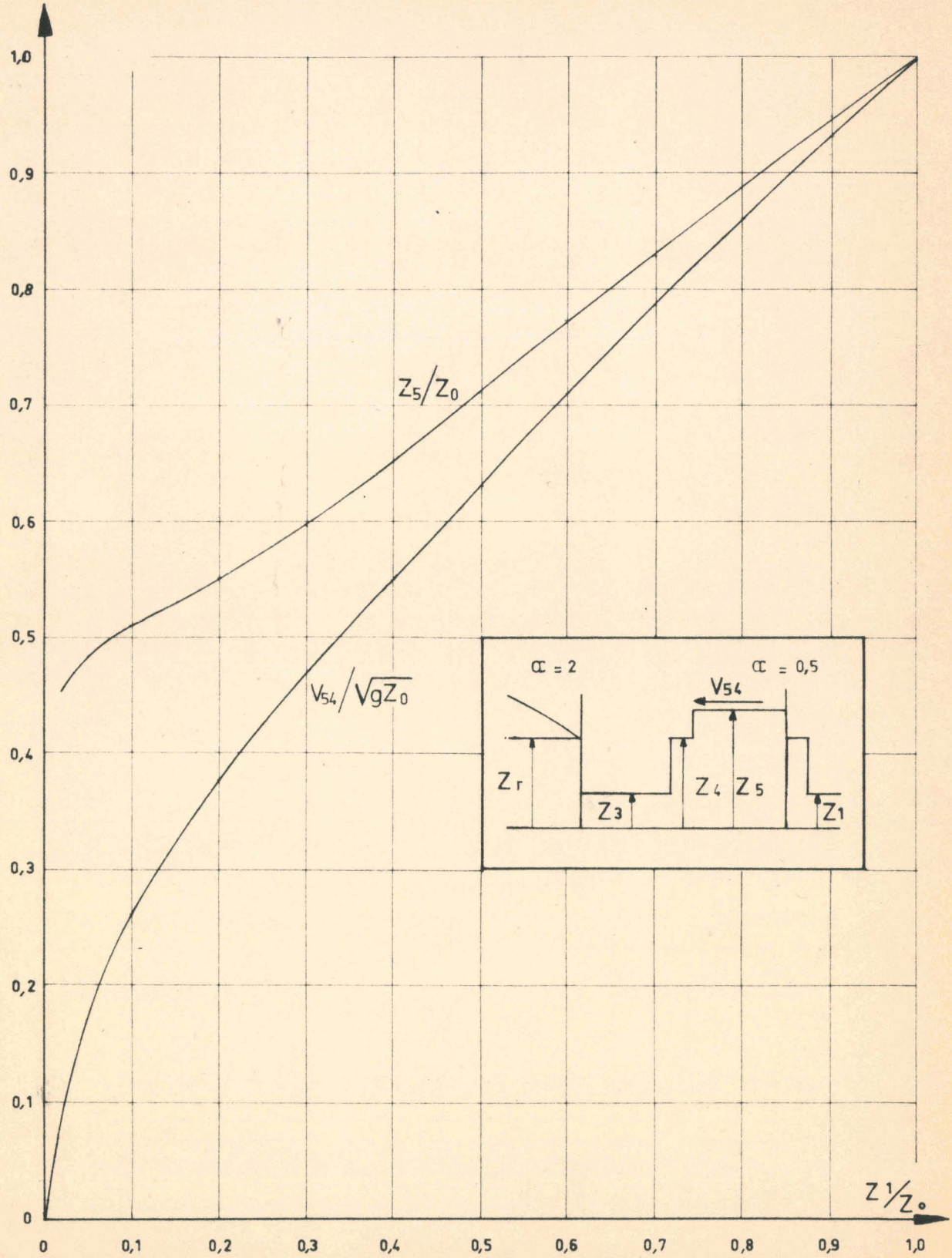


- ELARGISSEMENT -

(Au droit du barrage)

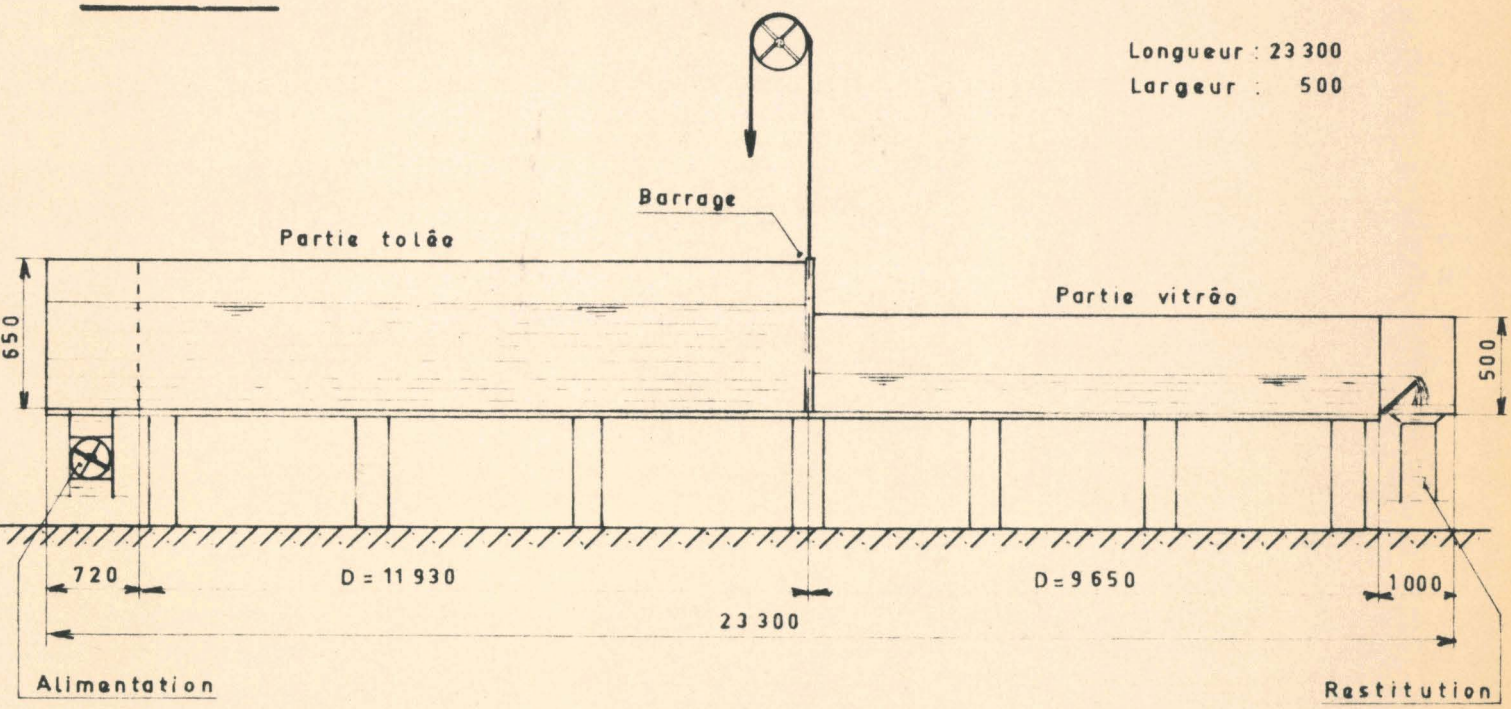


- BASSIN -

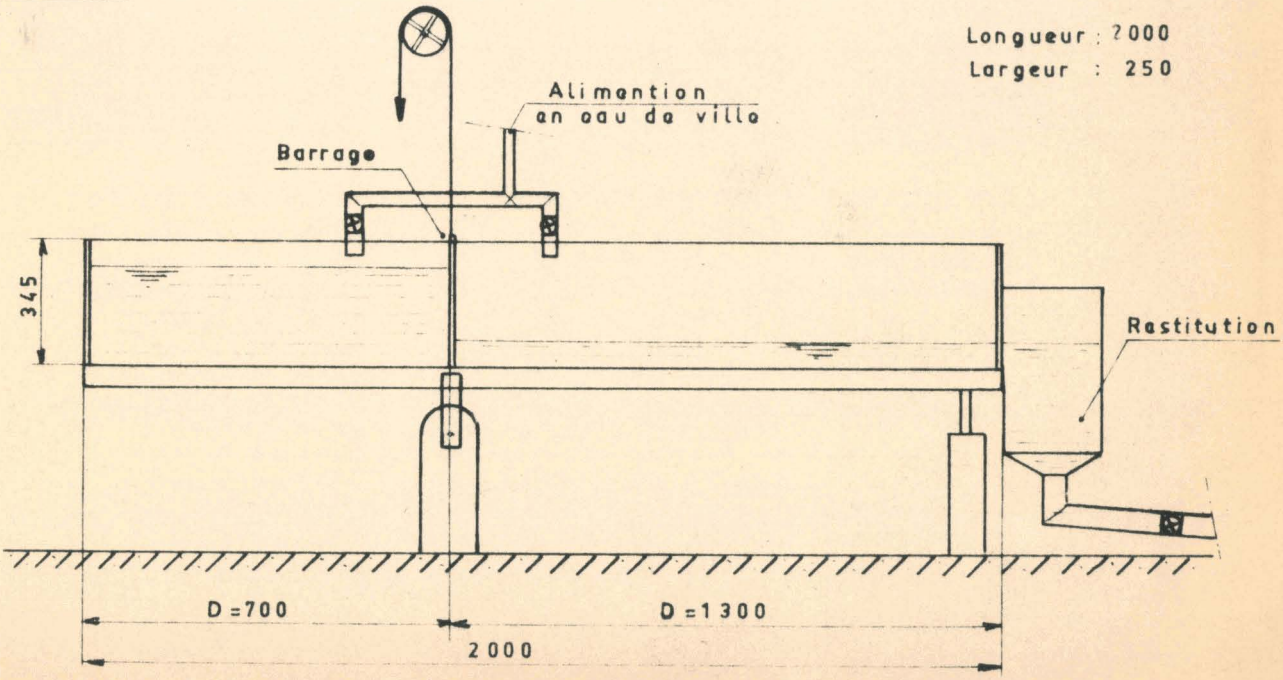

1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
Z5/Z0
V54/√gZ0
Z1/Z0
α = 2
α = 0,5
V54
Zr
Z3
Z4
Z5
Z1

MODELES EXPERIMENTAUX

Canal A

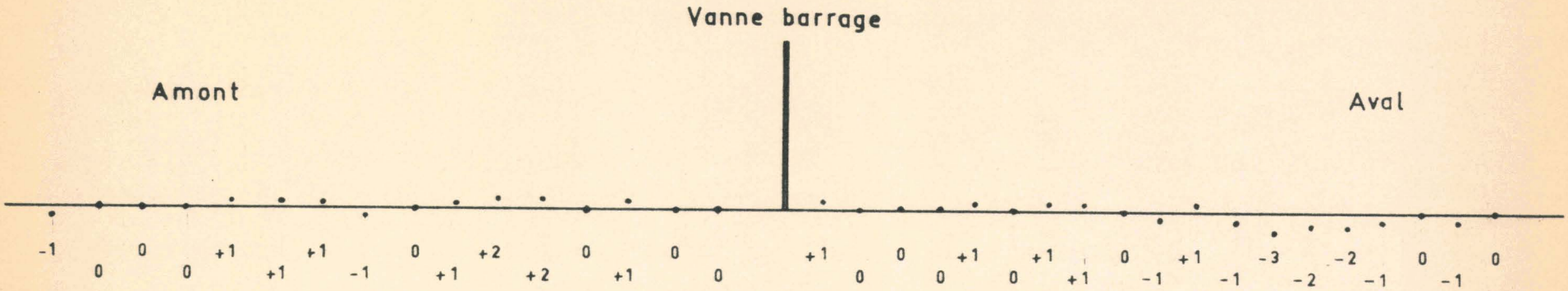


Canal B



Profil longitudinal du radier relevé dans l'axe du fond du canal : i moyen = 0

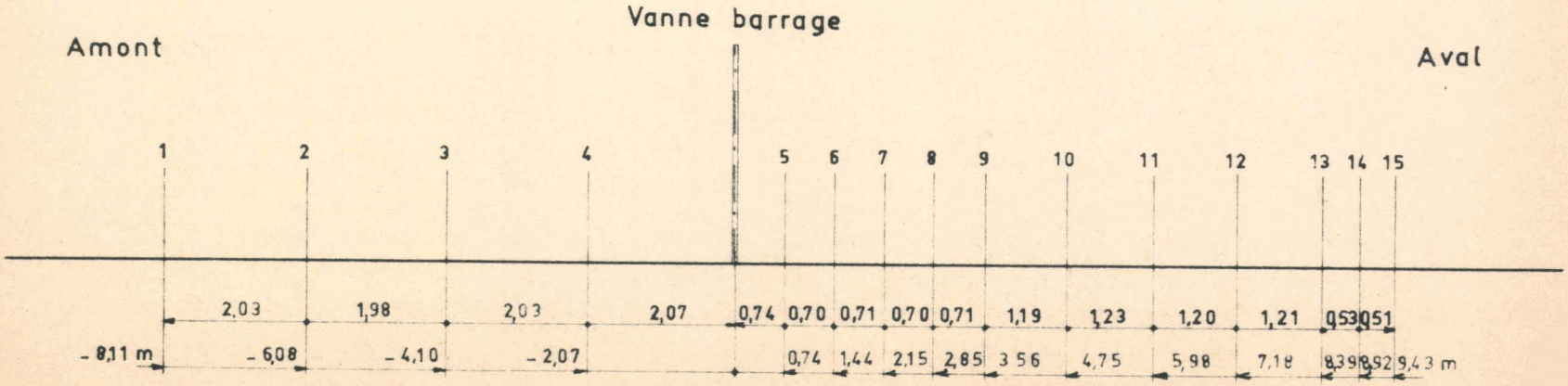
CANAL A



Echelle des distances : 1/100

Echelle des hauteurs : 1

Position des sections de mesure

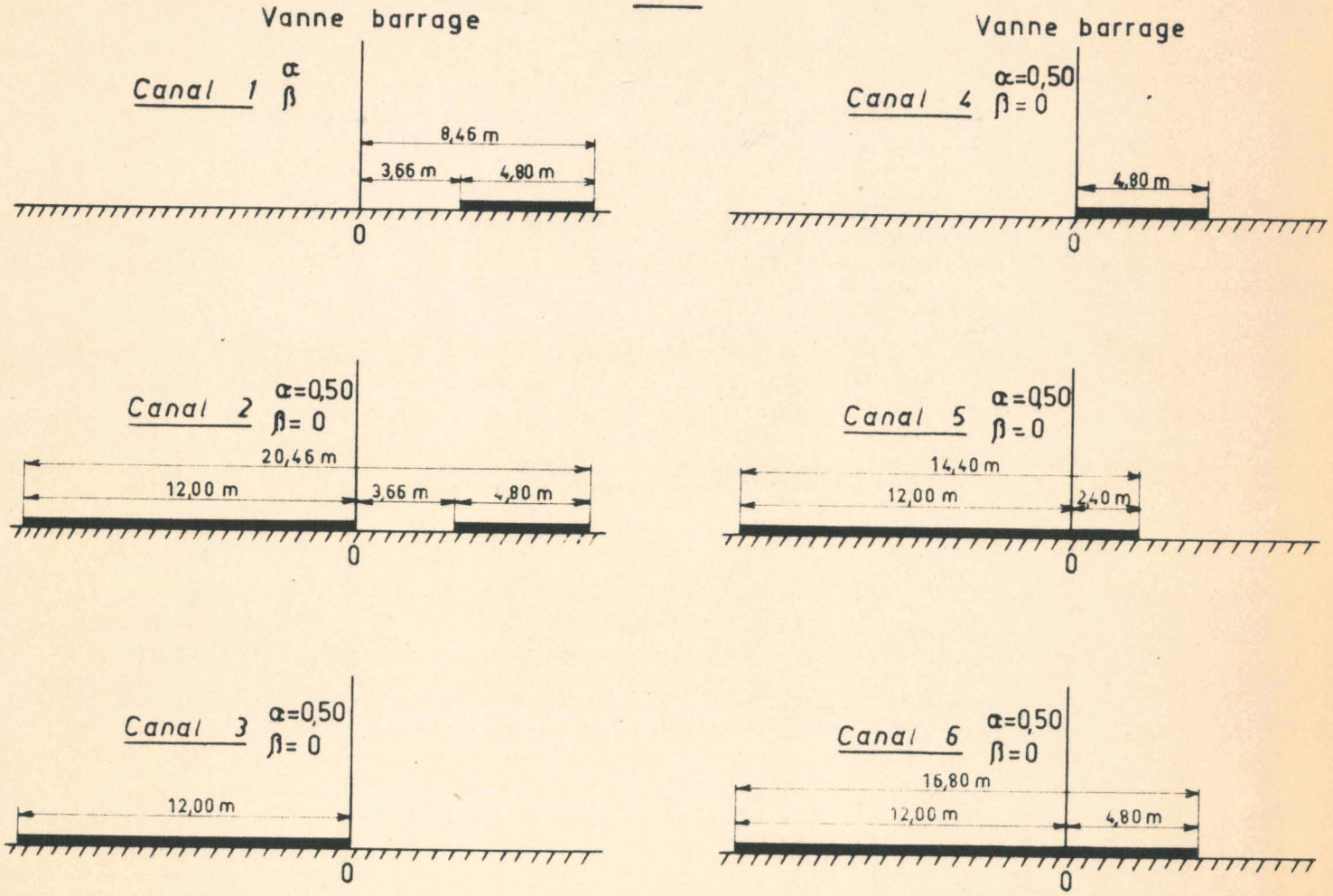


Echelle des distances : 1/100

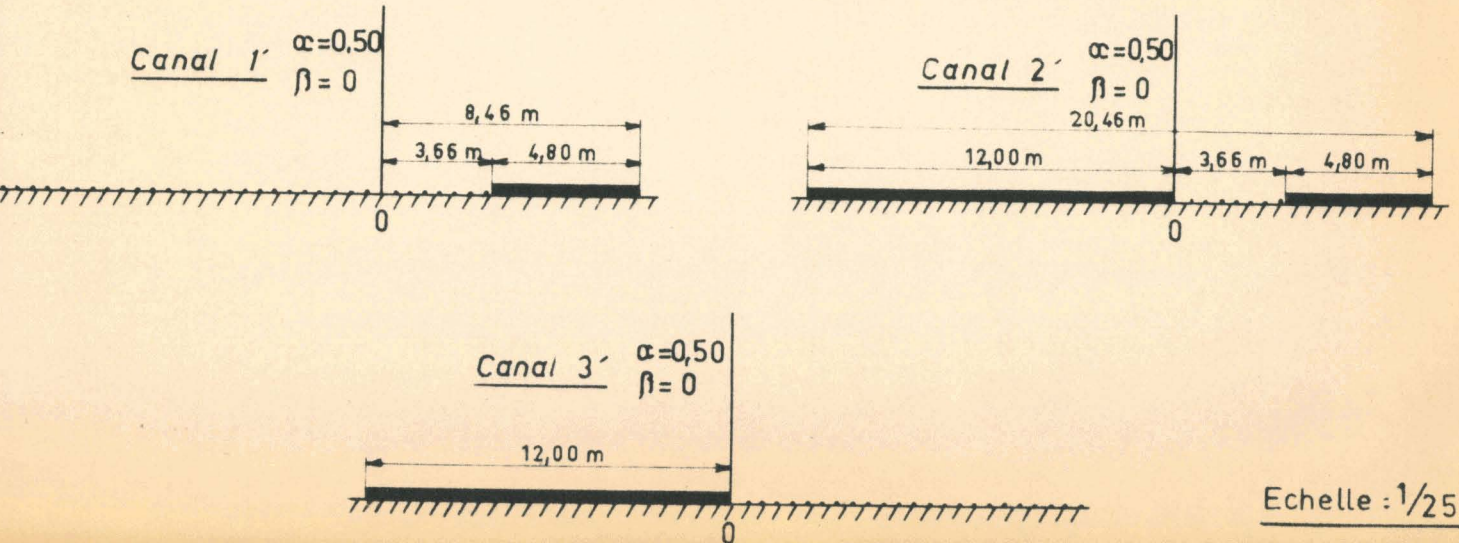
PL.16

SINGULARITES REALISEES DANS LE CANAL A

Fond lisse : ε_1

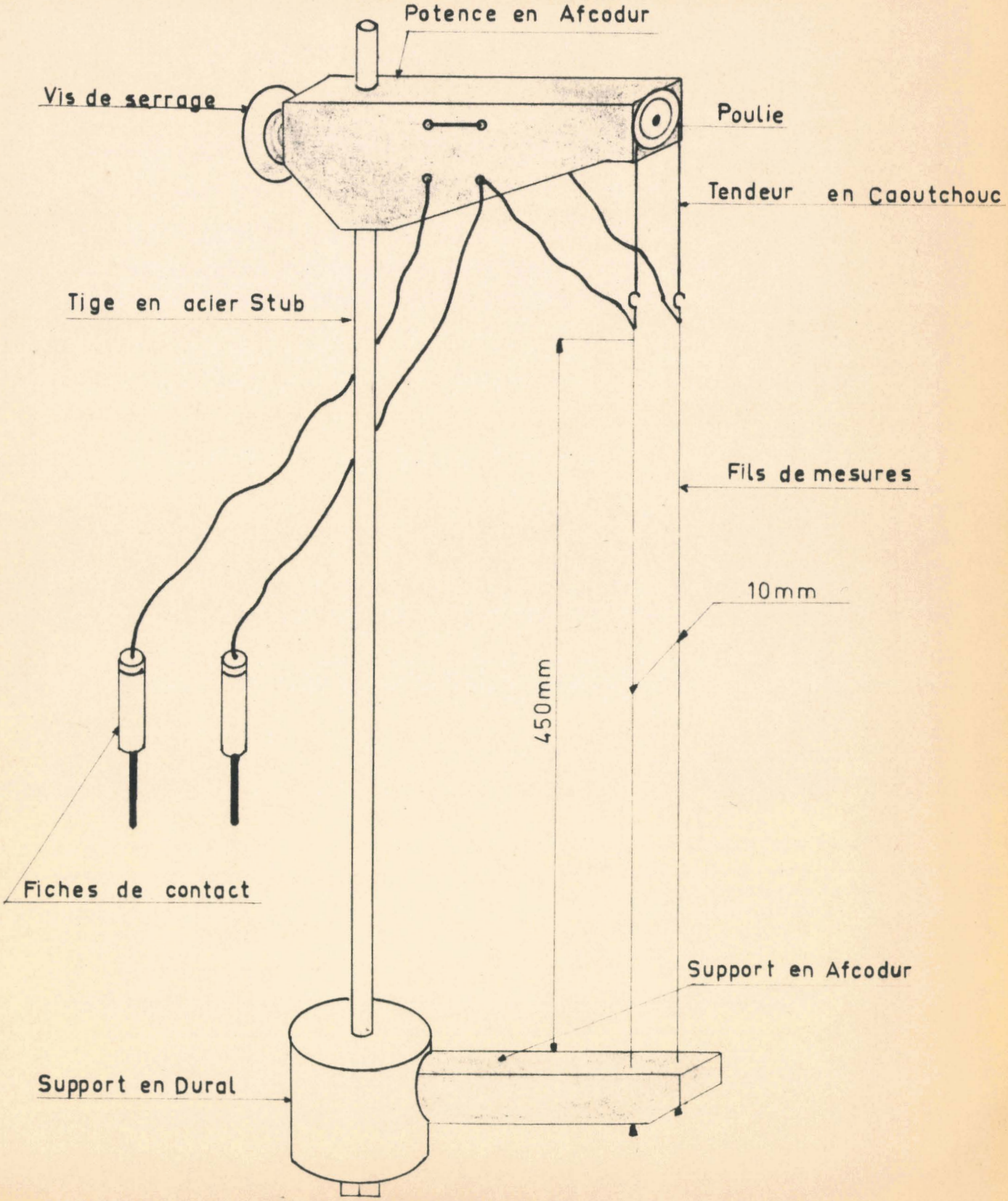


Fond rugueux : ε_2

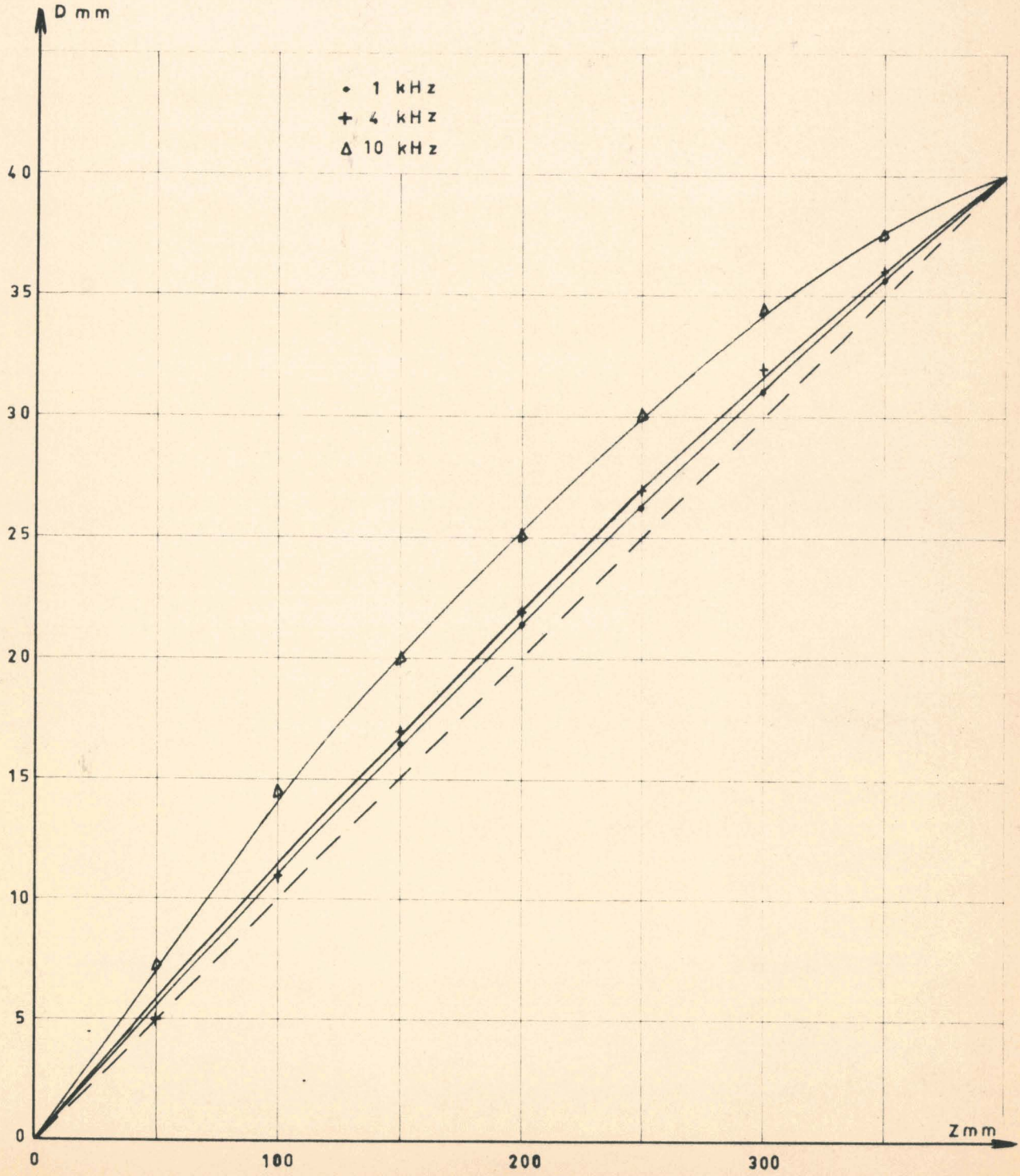


Echelle : 1/250

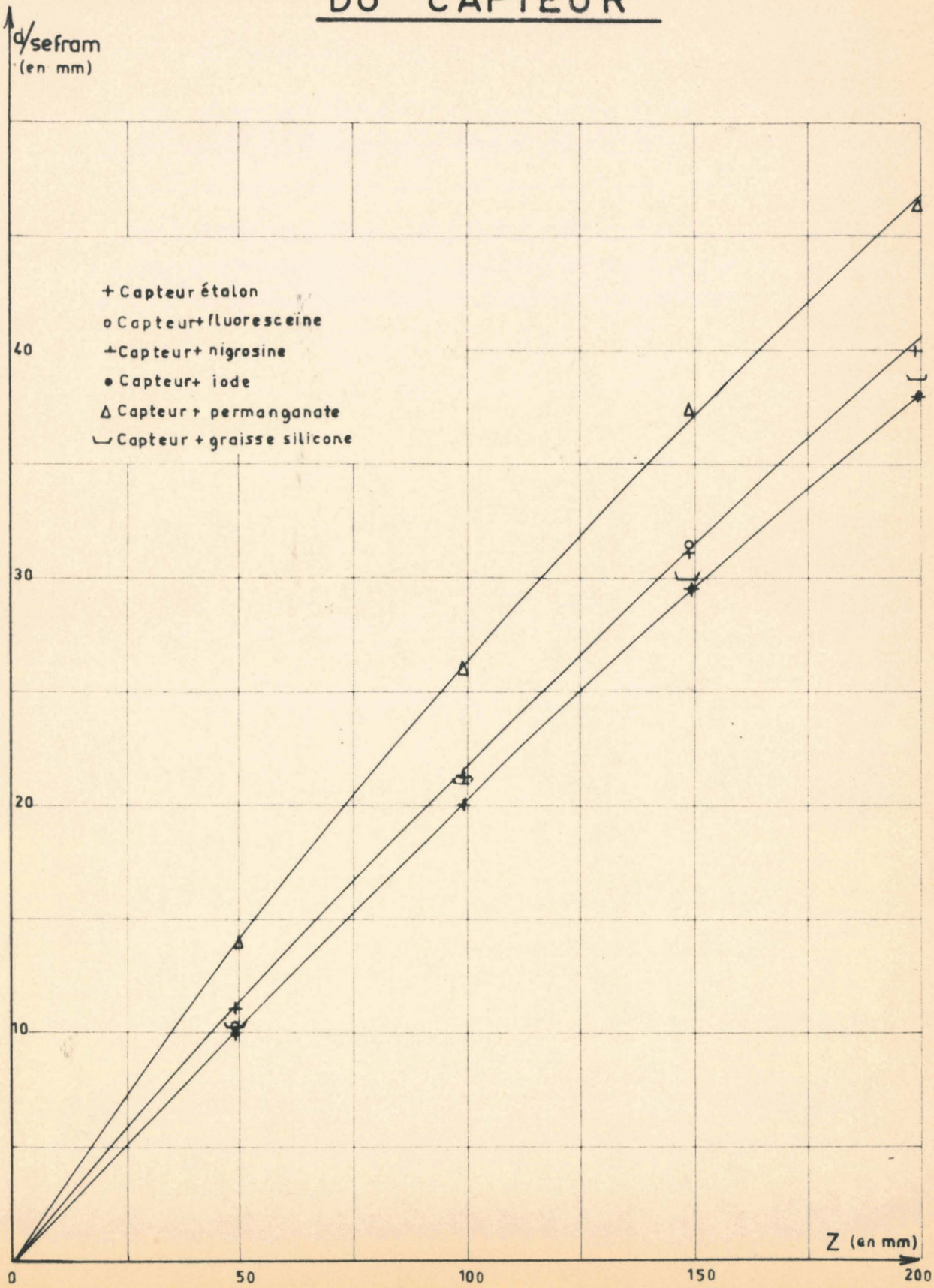
CAPTEUR A IMPEDANCE



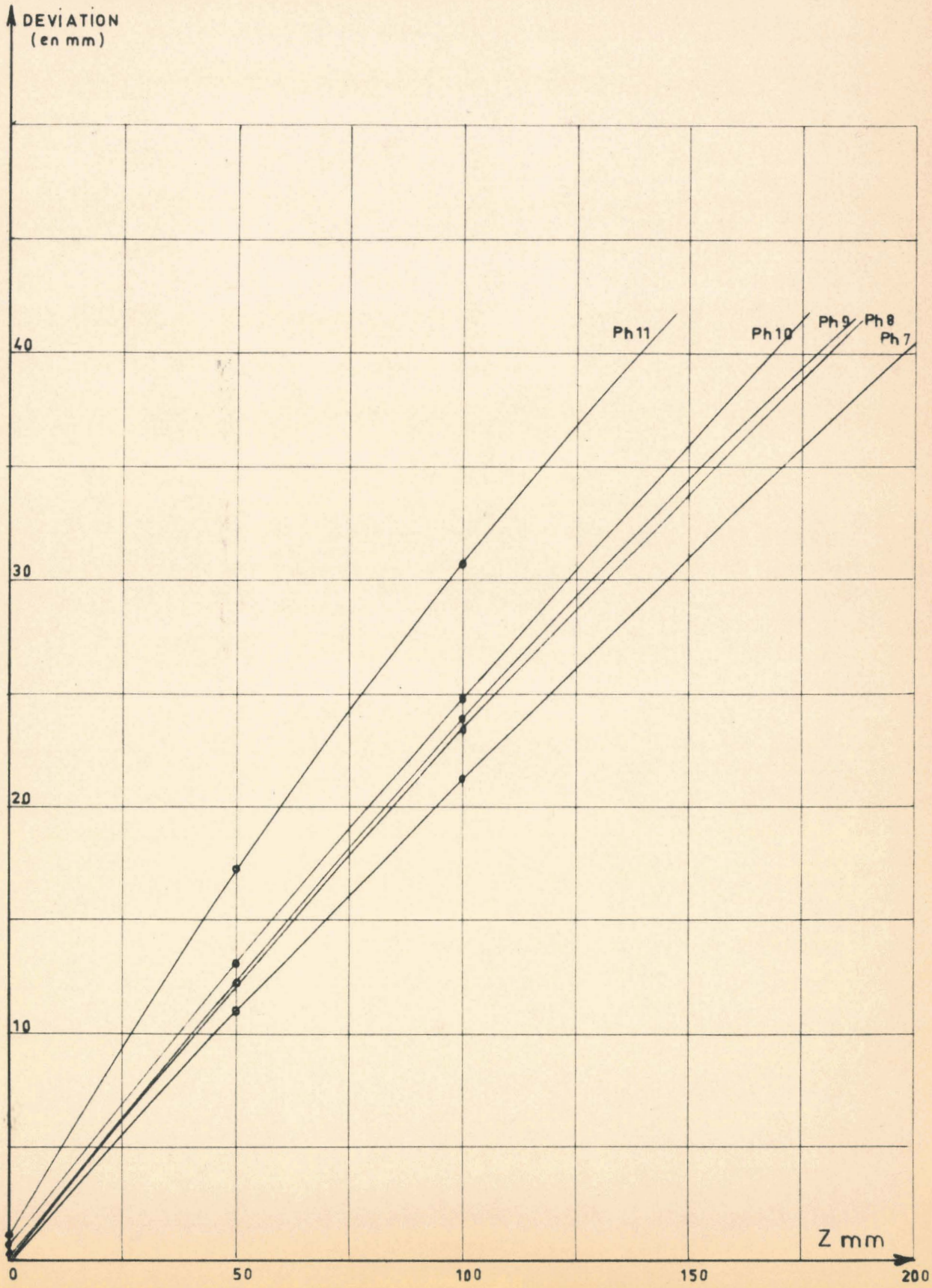
INFLUENCE DE LA FREQUENCE SUR LA LINEARITE



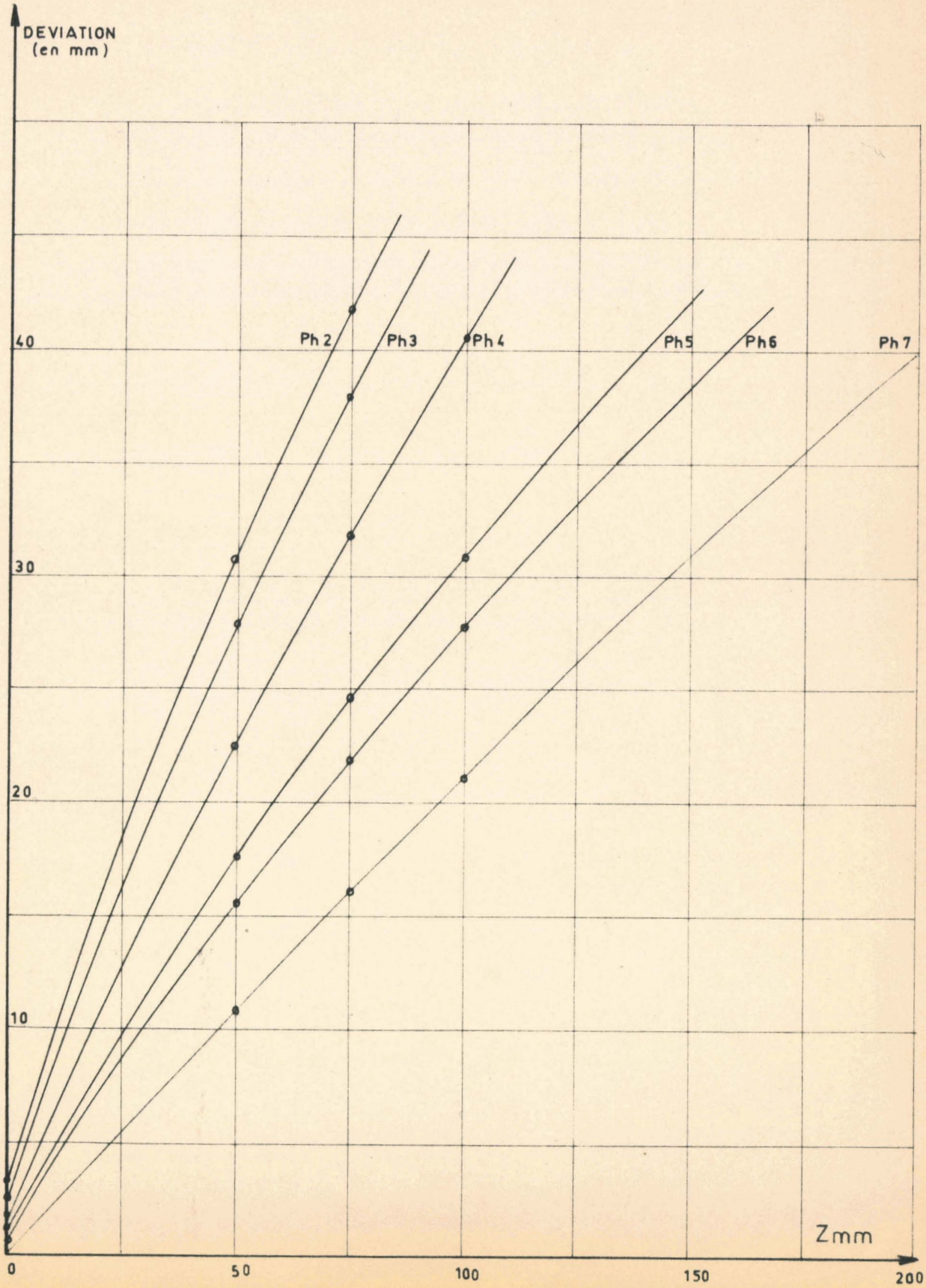
INFLUENCE DE LA PROPRETE DES FILS DU CAPTEUR



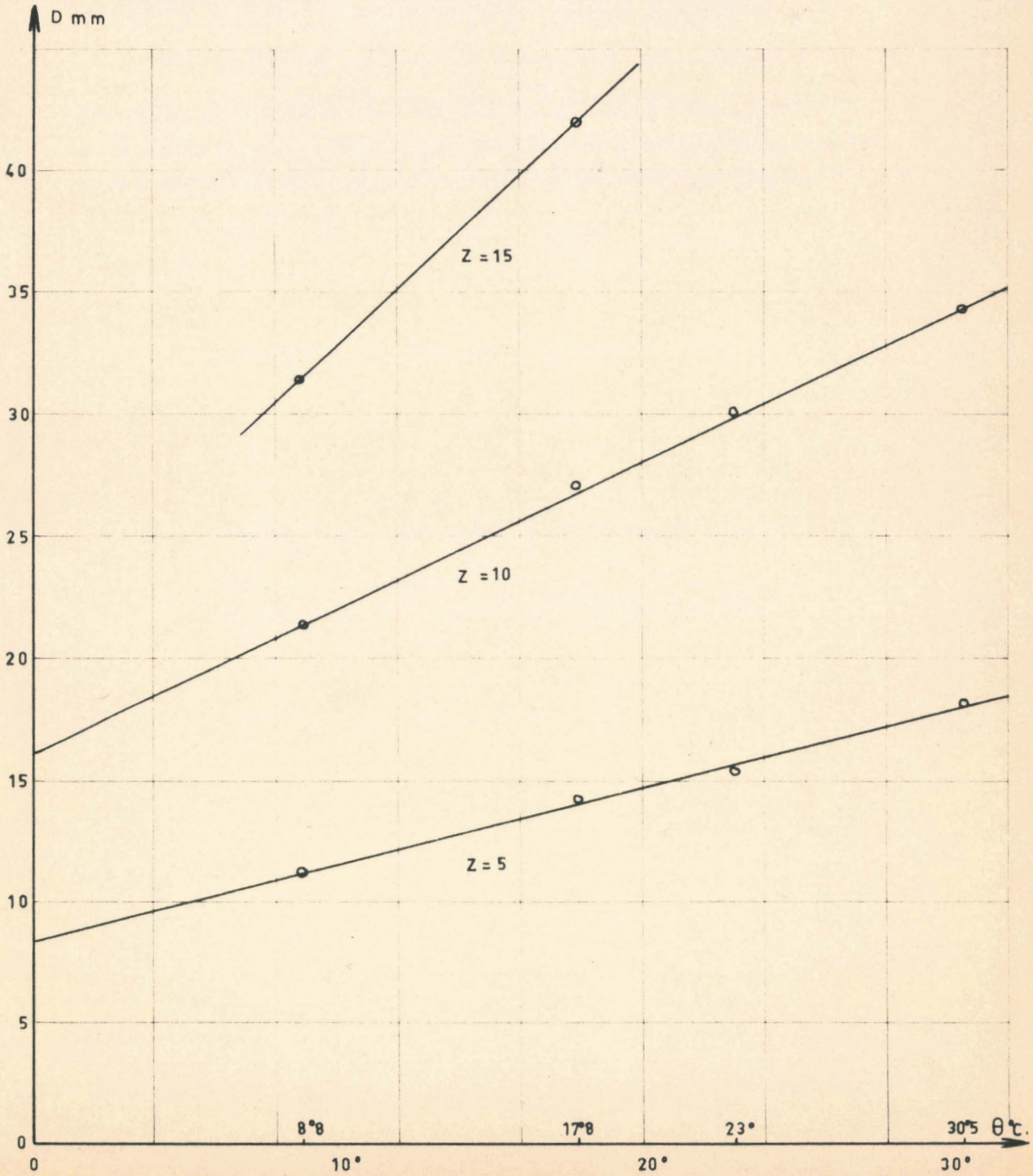
INFLUENCE DE LA CONCENTRATION EN IONS NH_4^+



INFLUENCE DE LA CONCENTRATION EN IONS CL^-



INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LE GAIN



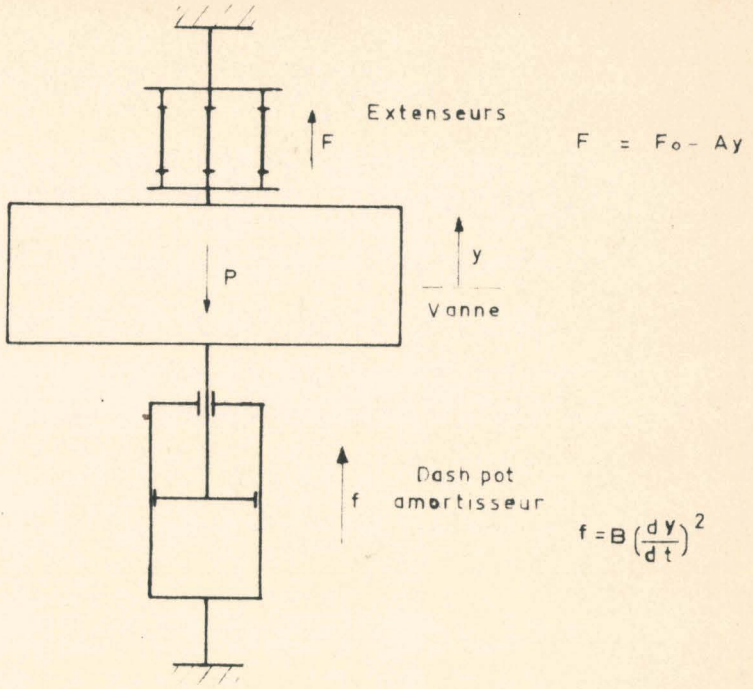


Schéma des forces agissant sur la vanne

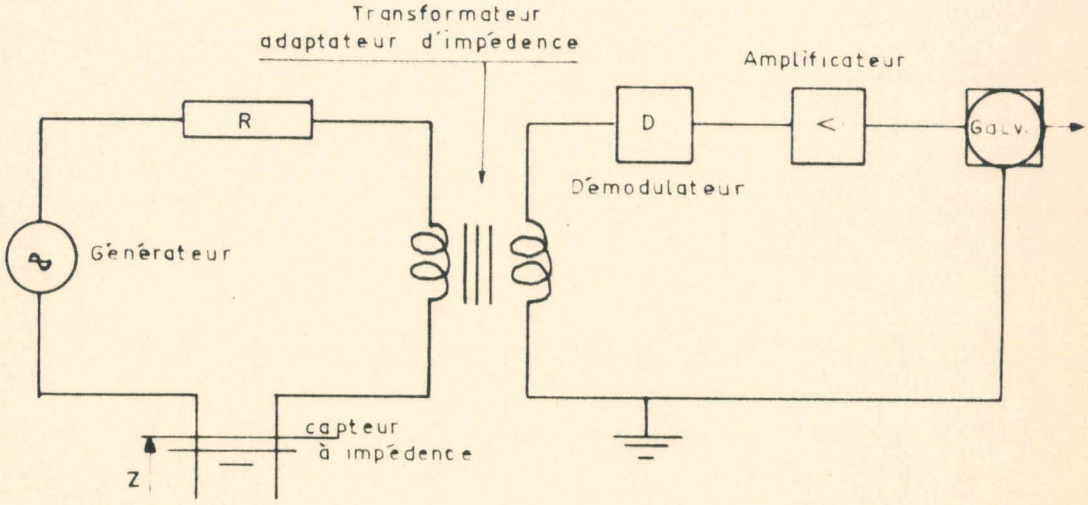


Schéma fonctionnel du système d'enregistrement des hauteurs

ETUDE DE LA RUGOSITE DU CANAL A

Coef. de perte de charge linéïque :

$$\psi = \frac{\Delta h}{L} \quad \frac{D}{\frac{u^2}{2g}}$$

Formule de Nikuradse :

$$\psi' = \frac{1}{(2 \operatorname{Log}\frac{D}{\varepsilon} + 1{,}138)^2} \quad (\varepsilon_1 = 0{,}05 \text{ cm};\ \varepsilon_2 = 1{,}5 \text{ cm})$$

Formule de Blasius :

$$\psi_B = \frac{0{,}3164}{\sqrt[4]{\mathcal{R}}}$$

I - FOND LISSE : $\varepsilon = \varepsilon_1$

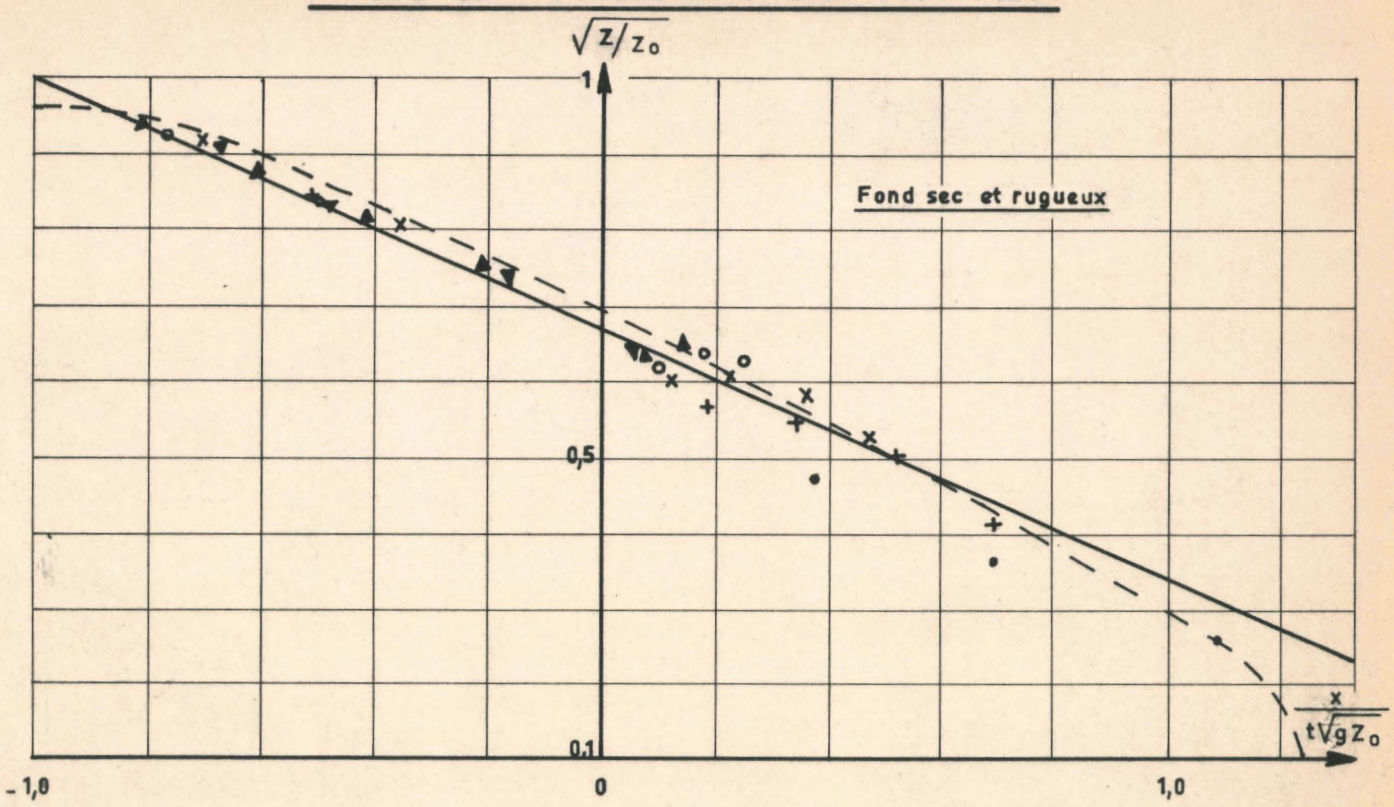
Q l/s	h_1 cm	h_2 cm	L_{12} m	U_{12} m/s	$\mathcal{R}_{12}$	ψ_{12}	ψ'_{12}	ψ_B
24	10,43	8,77	16	0,50	$13{,}88 \cdot 10^4$	0,0225	0,0228	0,017
28,17	11,85	10,02	16	0,514	$15{,}64 \cdot 10^4$	0,026	0,0223	0,0162
35	13,11	11,01	16	0,576	$18{,}84 \cdot 10^4$	0,0254	0,0218	0,0156
39	13,95	11,57	16	0,608	$20{,}60 \cdot 10^4$	0,02674	0,0216	0,0150
43,5	14,80	12,52	16	0,637	$22{,}48 \cdot 10^4$	0,0245	0,0214	0,0148
50	16,05	13,85	16	0,666	$26 \cdot 10^4$	0,0228	0,021	0,0142

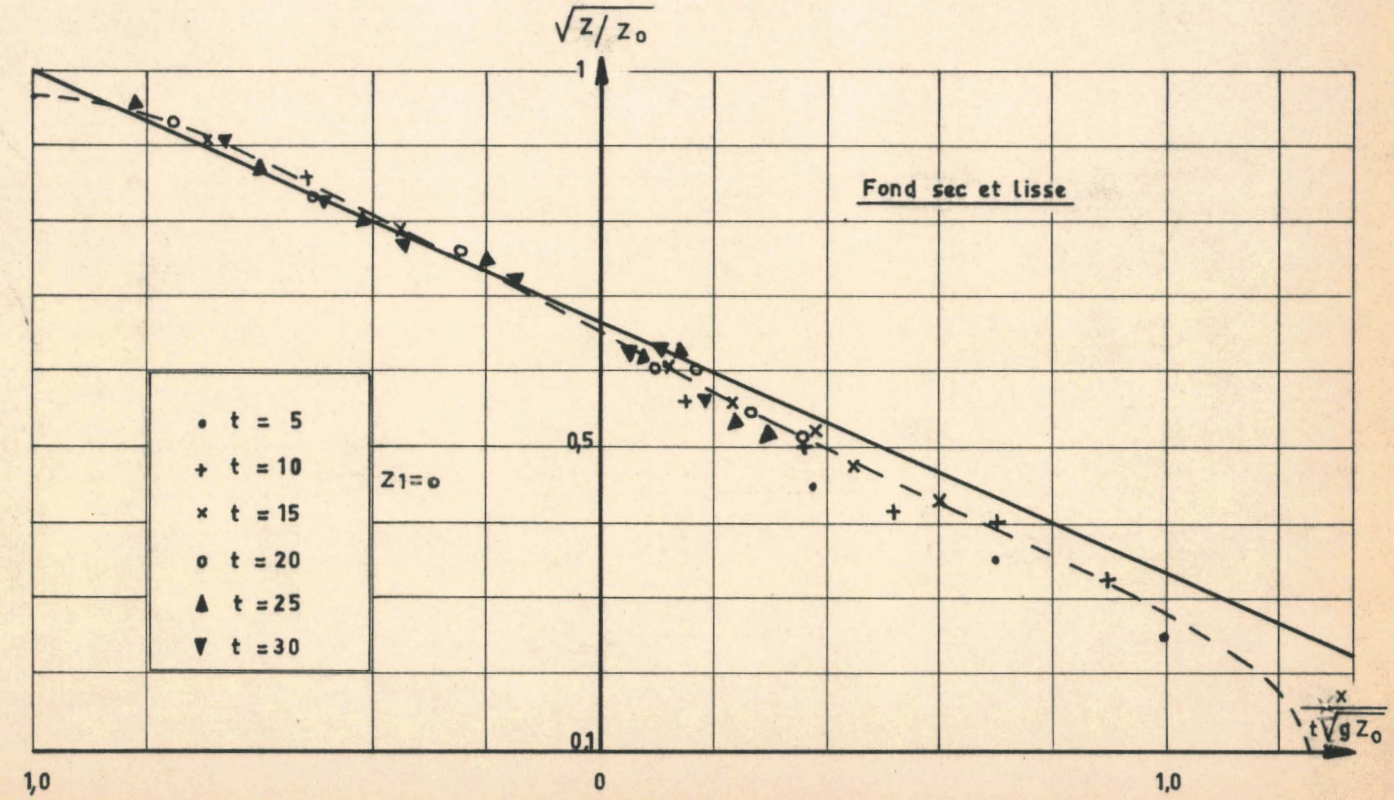
../..

II - FOND RUGUEUX : $\varepsilon = \varepsilon_2$

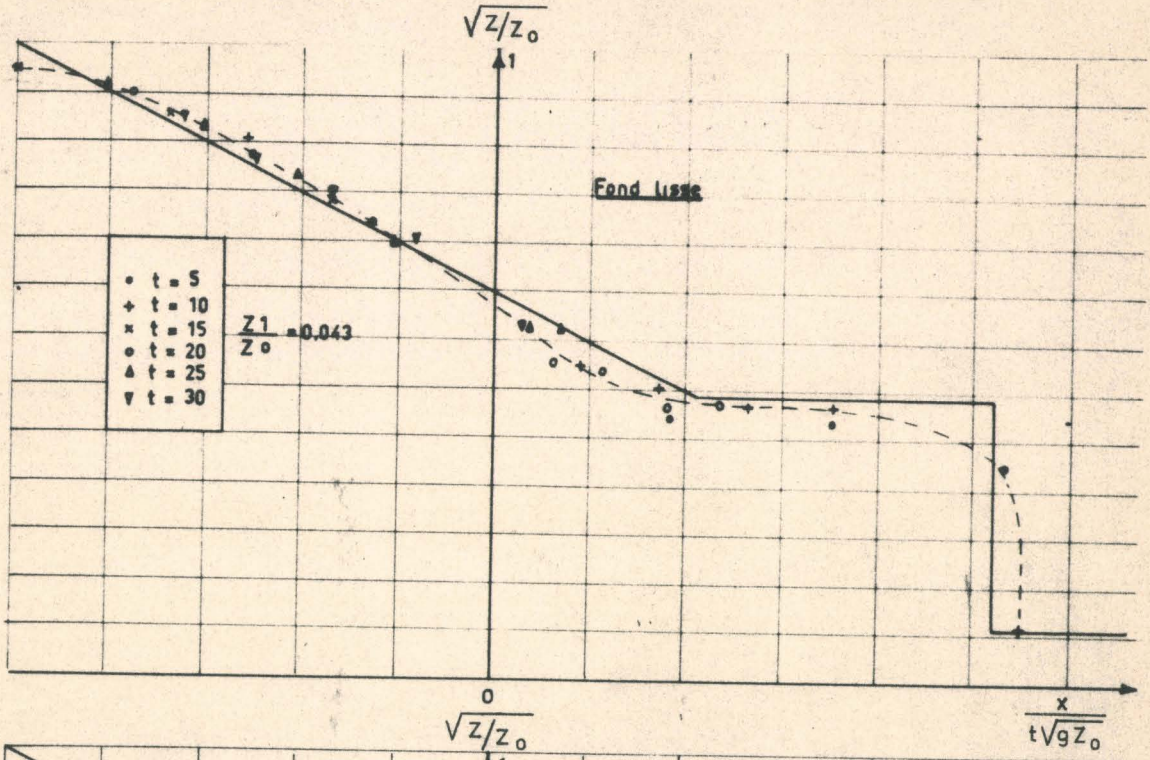
Q l/s	h_1 cm	h_2 cm	L_{12} m	U_{12} m/s	$\mathcal{R}_{12}$	Ψ_{12}	Ψ'_{12}
21,5	13,13	12,03	9,21	0,342	$11,45 \cdot 10^4$	0,067	0,068
21,5	11,61	9,93	6,47	0,40	$12,03 \cdot 10^4$	0,0957	0,0714
21,5	13,13	9,93	17	0,373	$11,84 \cdot 10^4$	0,087	0,070
25,5	13,96	12,79	9,21	0,372	$12,95 \cdot 10^4$	0,0626	0,067
25,5	12,33	10,47	6,47	0,447	$14 \cdot 10^4$	0,088	0,070
25,5	13,96	10,47	17	0,418	$13,80 \cdot 10^4$	0,076	0,068
34	16,18	-	9,21	-	-	-	-
34	14,37	12,25	6,47	0,511	$17,74 \cdot 10^4$	0,085	0,067
34	16,18	12,25	17	0,479	$17,47 \cdot 10^4$	0,071	0,065
39	17,43	15,91	9,21	0,468	$18,72 \cdot 10^4$	0,098	0,063
39	15,33	13,28	6,47	0,546	$19,86 \cdot 10^4$	0,075	0,065
39	17,43	13,28	17	0,509	$19,51 \cdot 10^4$	0,072	0,064
39	23,84	23,45	9,21	0,330	$16,04 \cdot 10^4$	0,037	0,0578
39	23,19	22,83	6,47	0,339	$16,24 \cdot 10^4$	0,045	0,062
39	23,84	22,83	17	0,335	$16,32 \cdot 10^4$	0,0506	0,058
44,5	17,40	16,65	9,21	0,508	$20,93 \cdot 10^4$	0,060	0,062
44,5	16,03	13,76	6,47	0,598	$22,24 \cdot 10^4$	0,071	0,065
44,5	18,40	13,76	17	0,554	$21,86 \cdot 10^4$	0,069	0,063
48,5	19,49	17,52	9,21	0,524	$22,28 \cdot 10^4$	0,062	0,0612
48,5	17,10	14,64	6,47	0,611	$23,78 \cdot 10^4$	0,077	0,064
48,5	19,49	14,64	17	0,569	$23,27 \cdot 10^4$	0,0856	0,0624

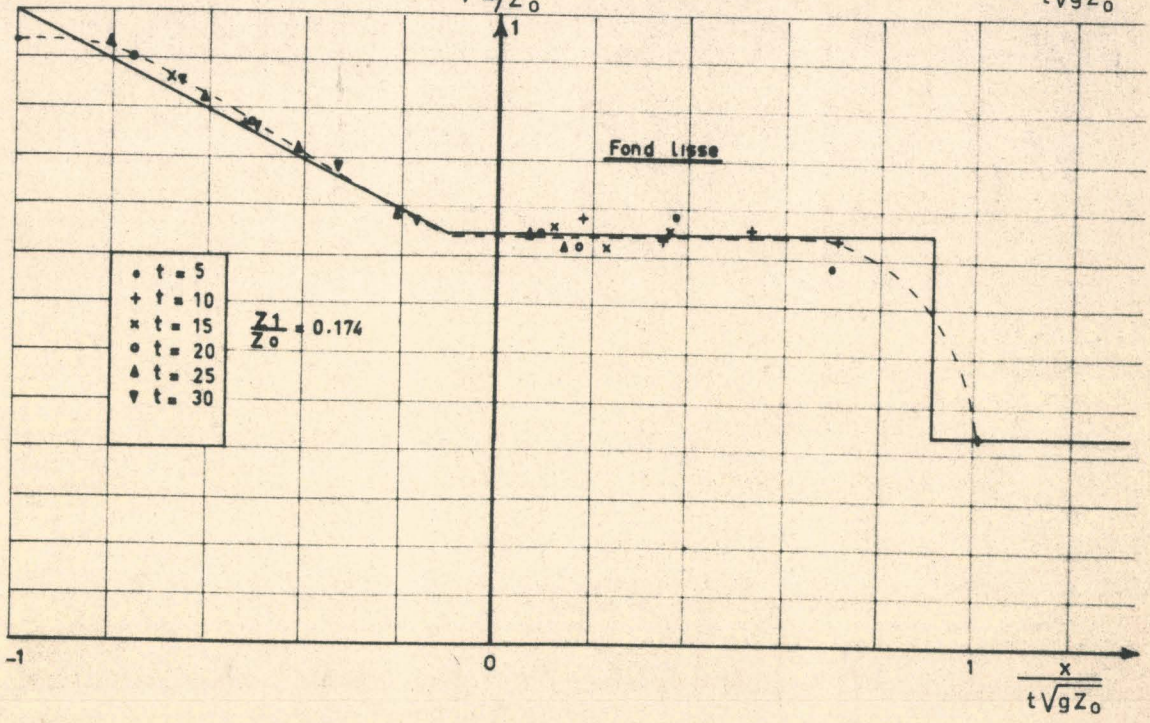
COMPARAISON DU DEBUT DE L'ECOULEMENT AVEC LA THEORIE DE RITTER



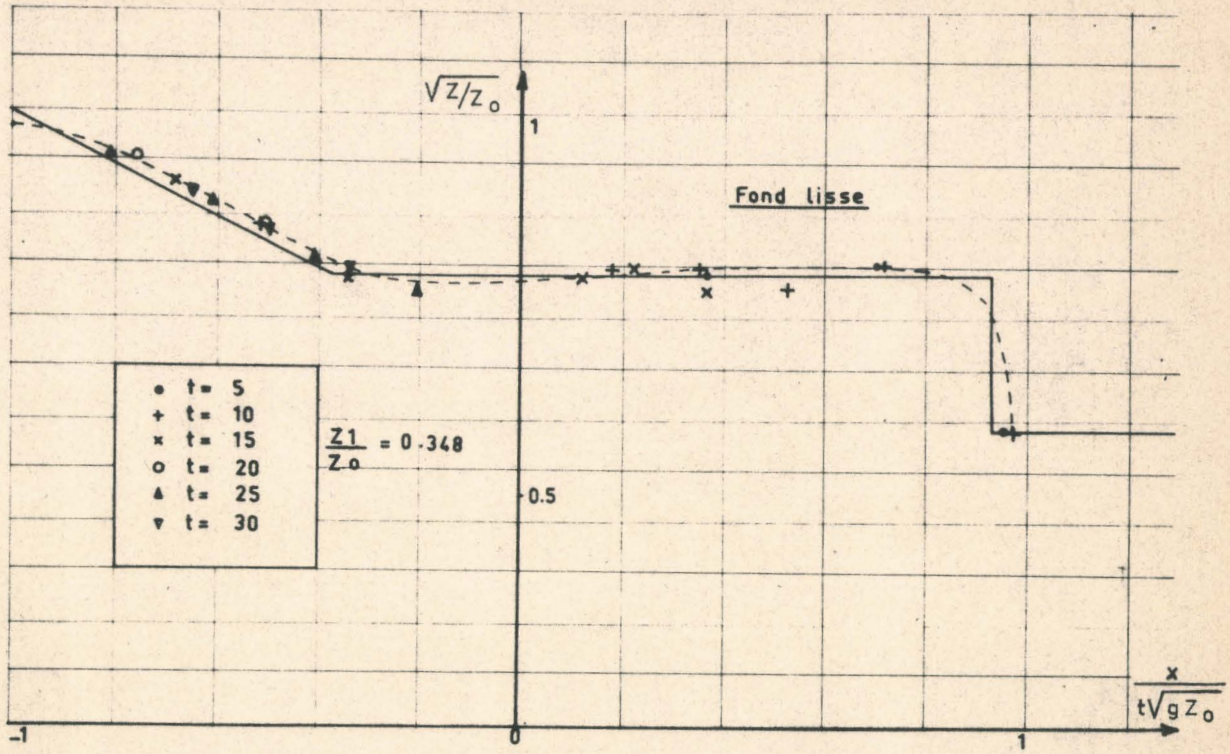


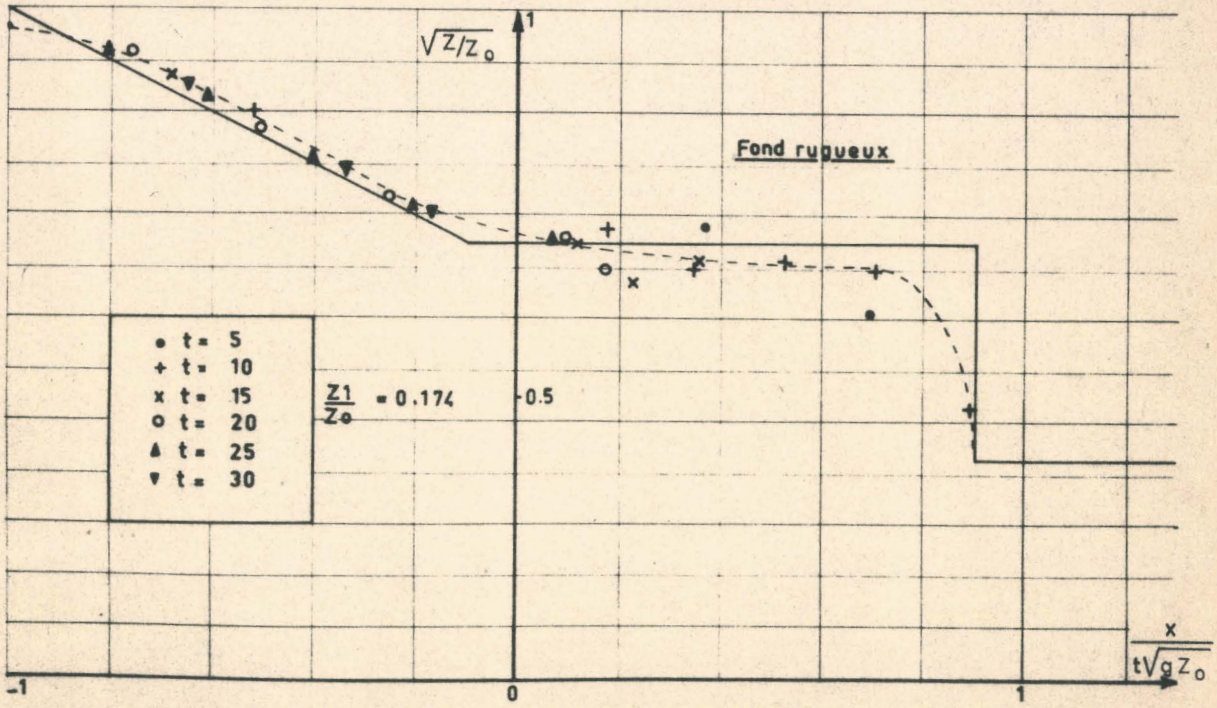
COMPARAISON DU DEBUT DE L'ECOULEMENT AVEC LA THEORIE DE STOKER





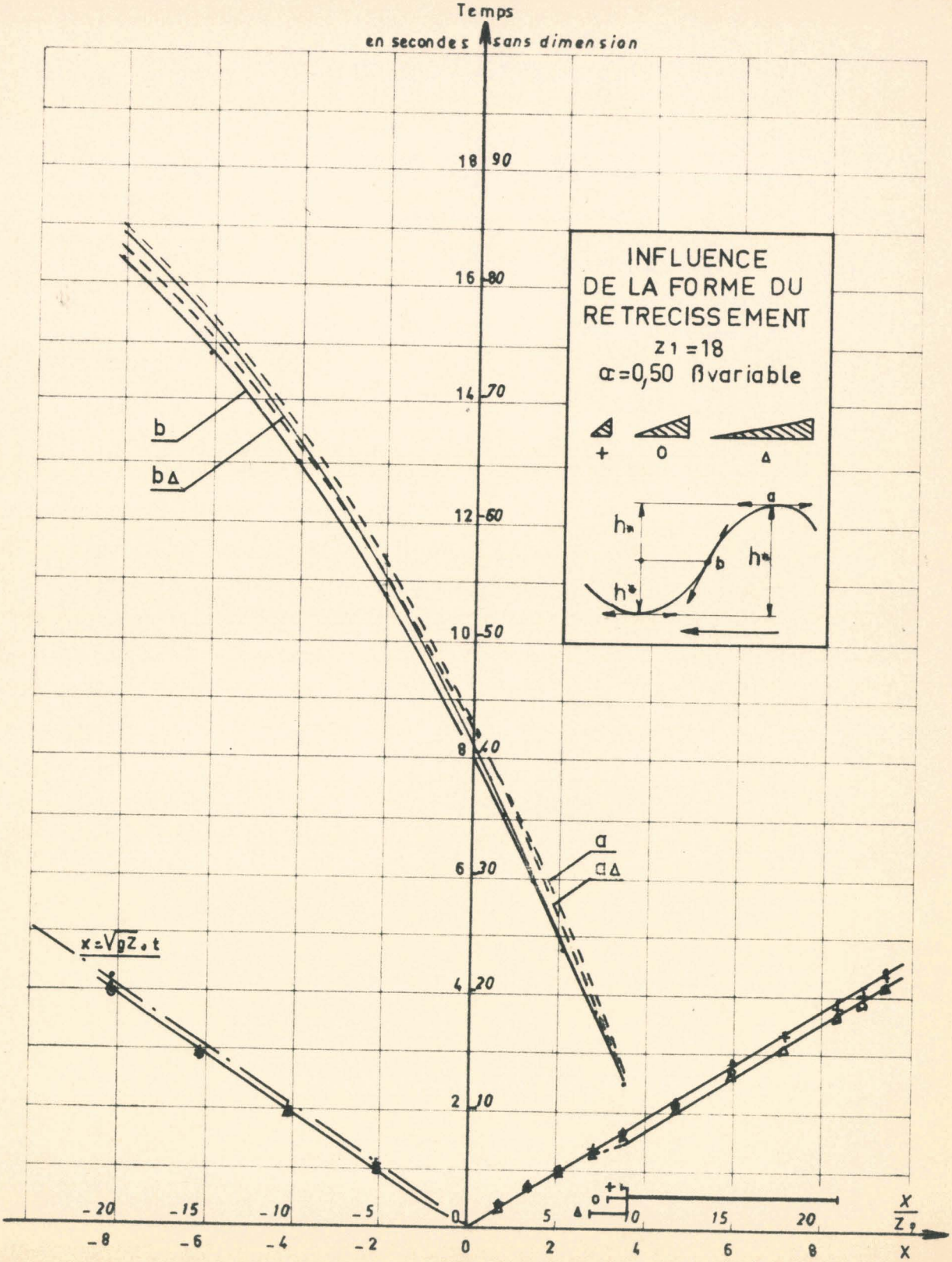
COMPARAISON DU DEBUT DE L'ECOULEMENT AVEC LA THEORIE DE STOKER





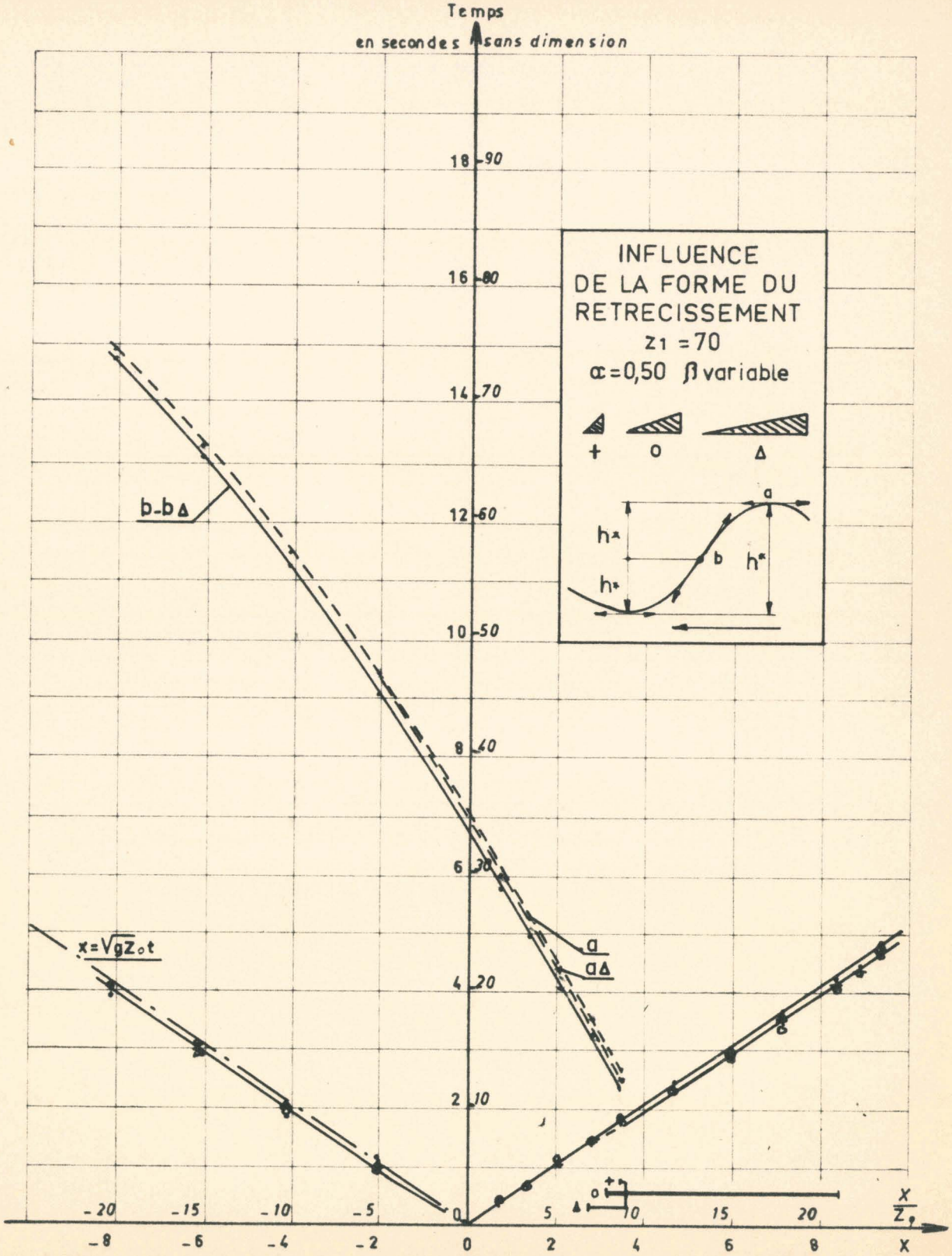
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

- CANAL 1 - $Z_0 = 400$ -



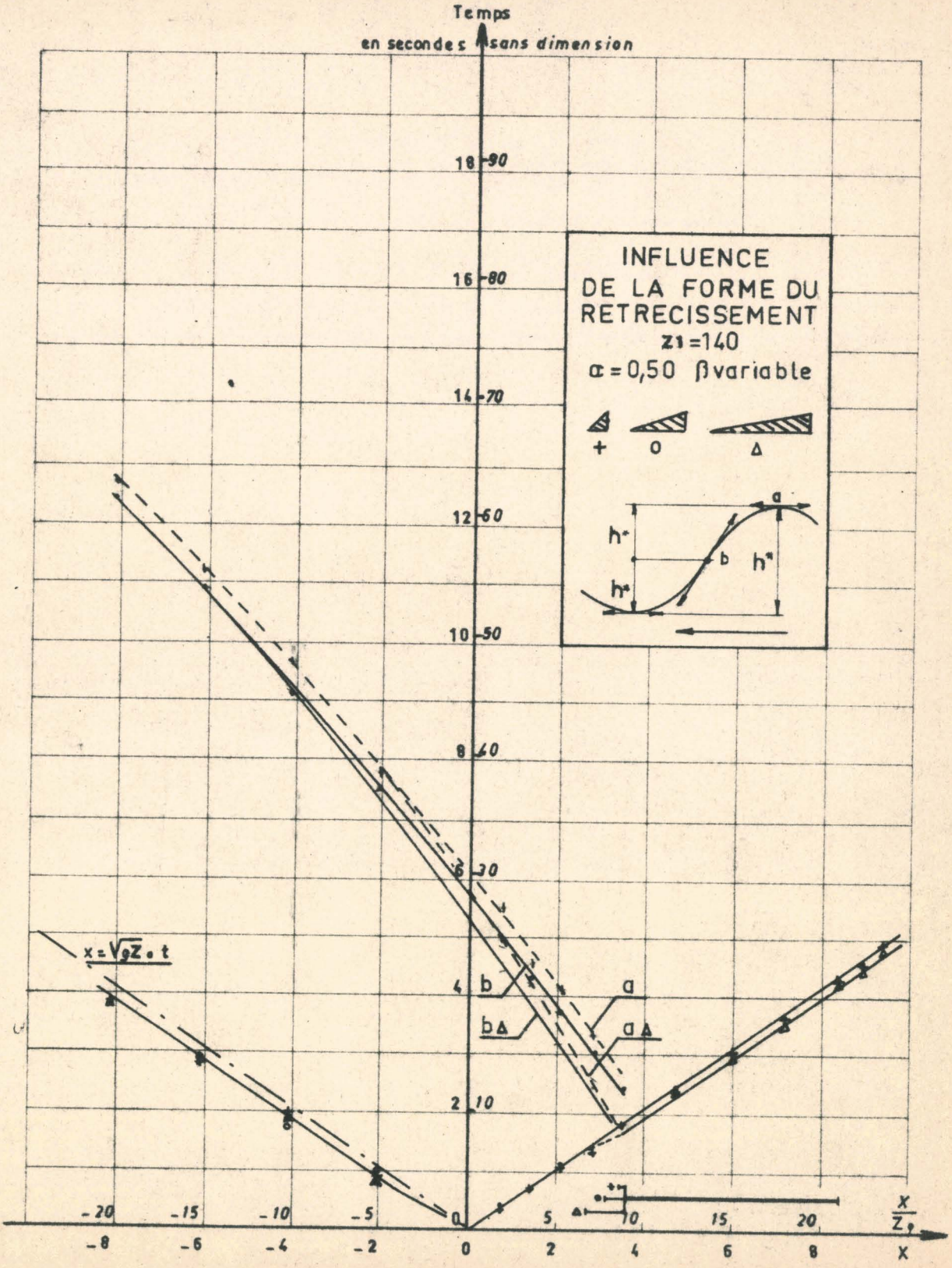
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

- CANAL 1 - $Z_0 = 400$ -

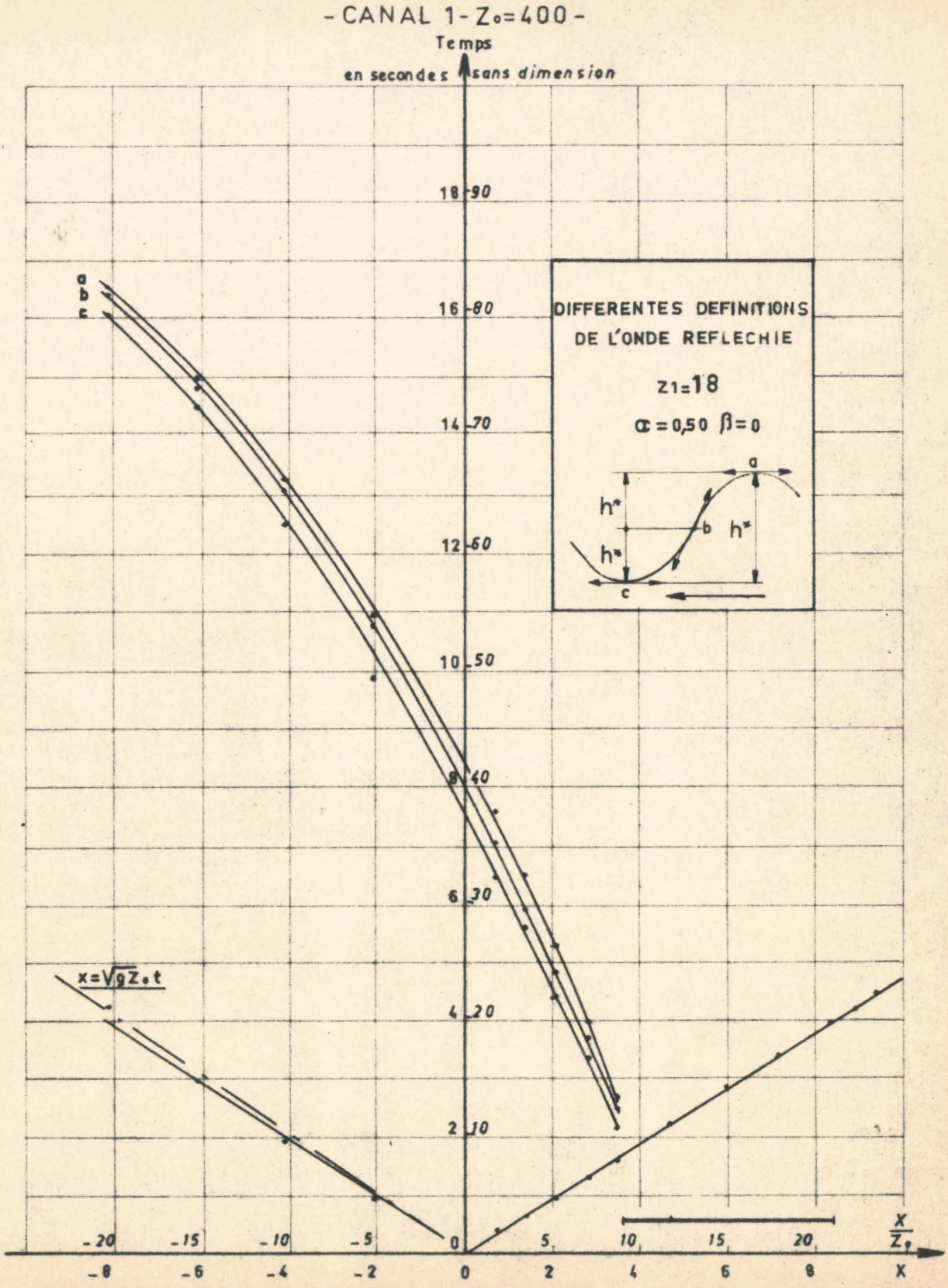


PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

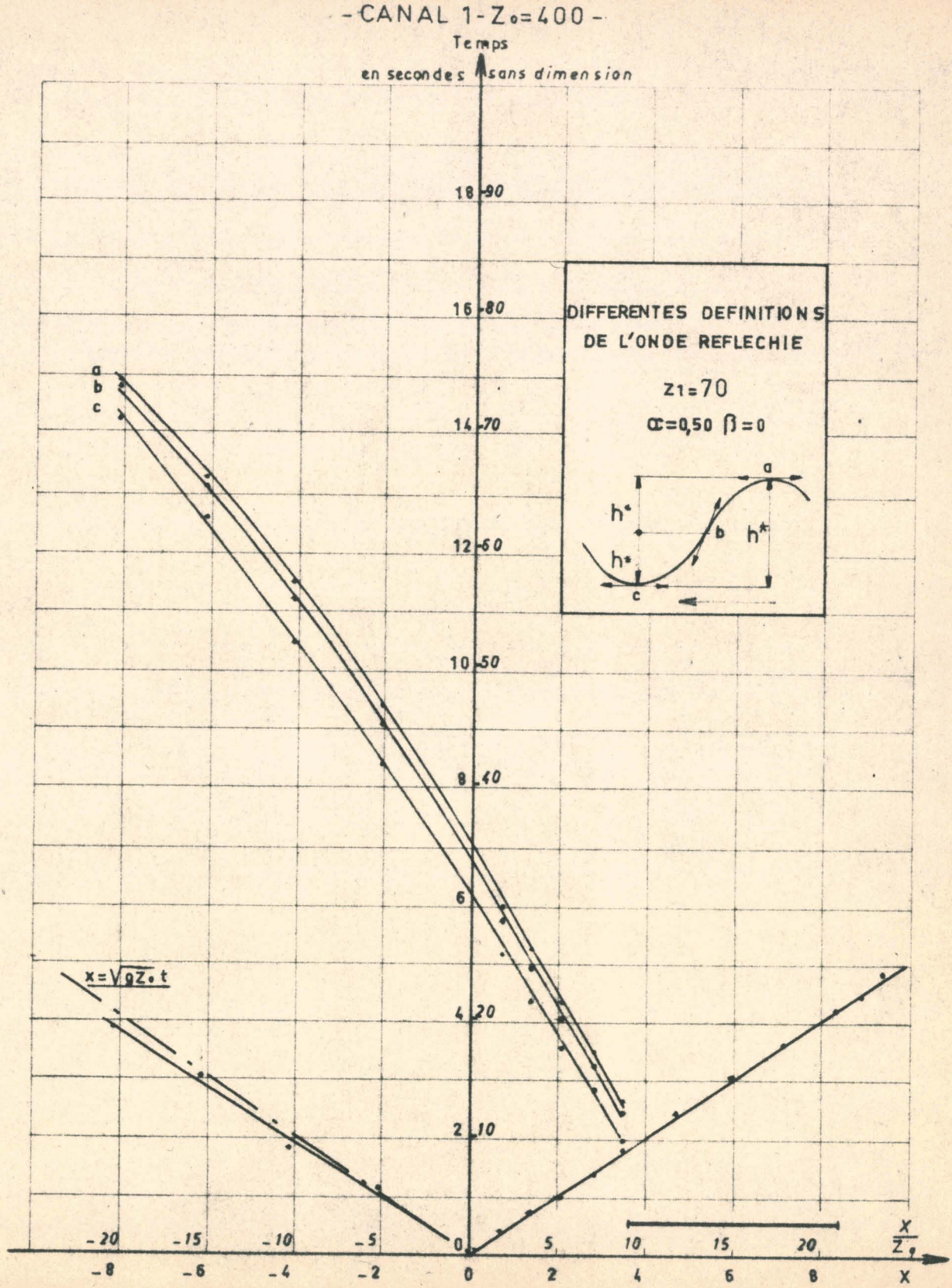
- CANAL 1 - $Z_0 = 400$ -



PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

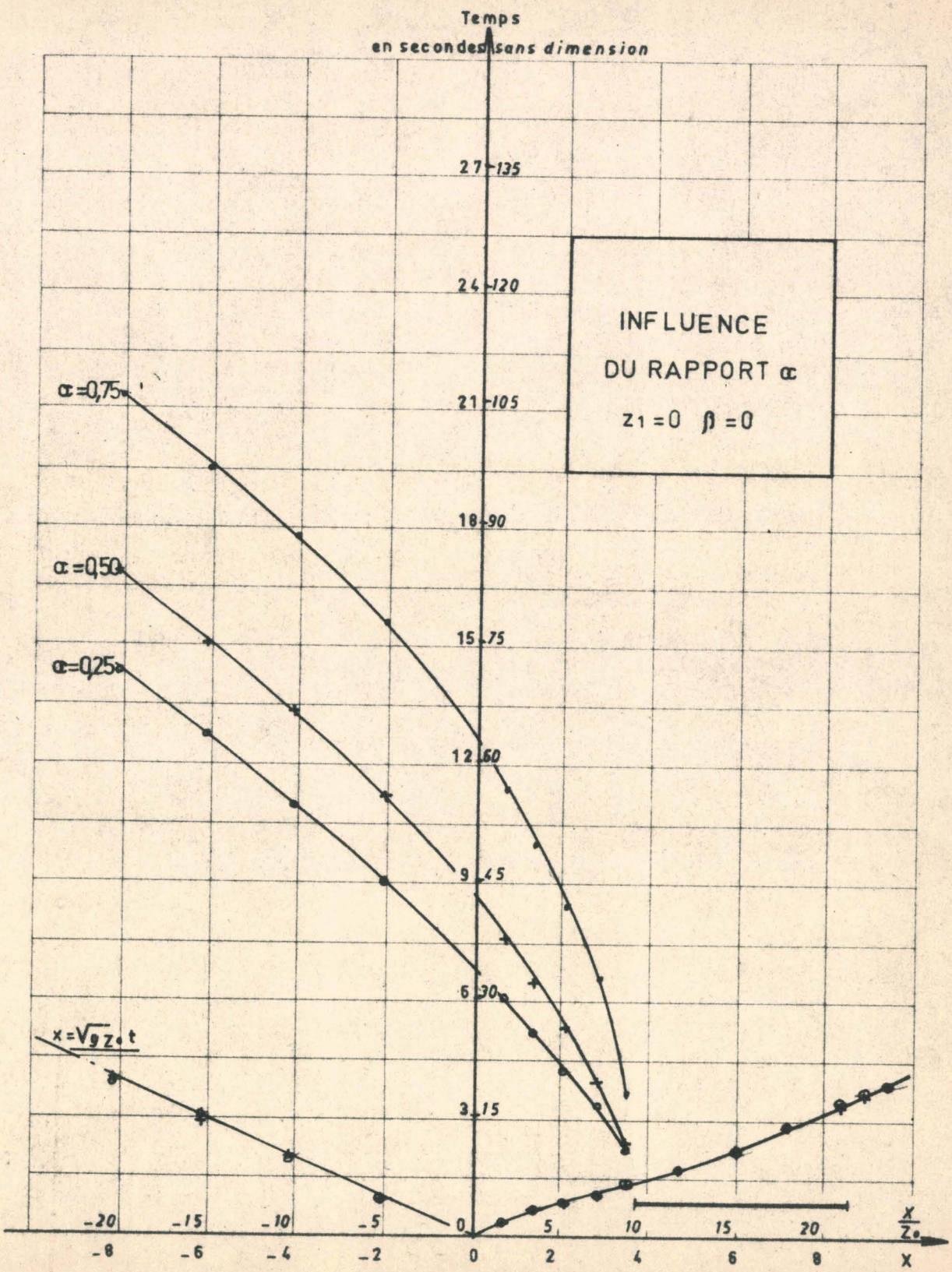


PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE



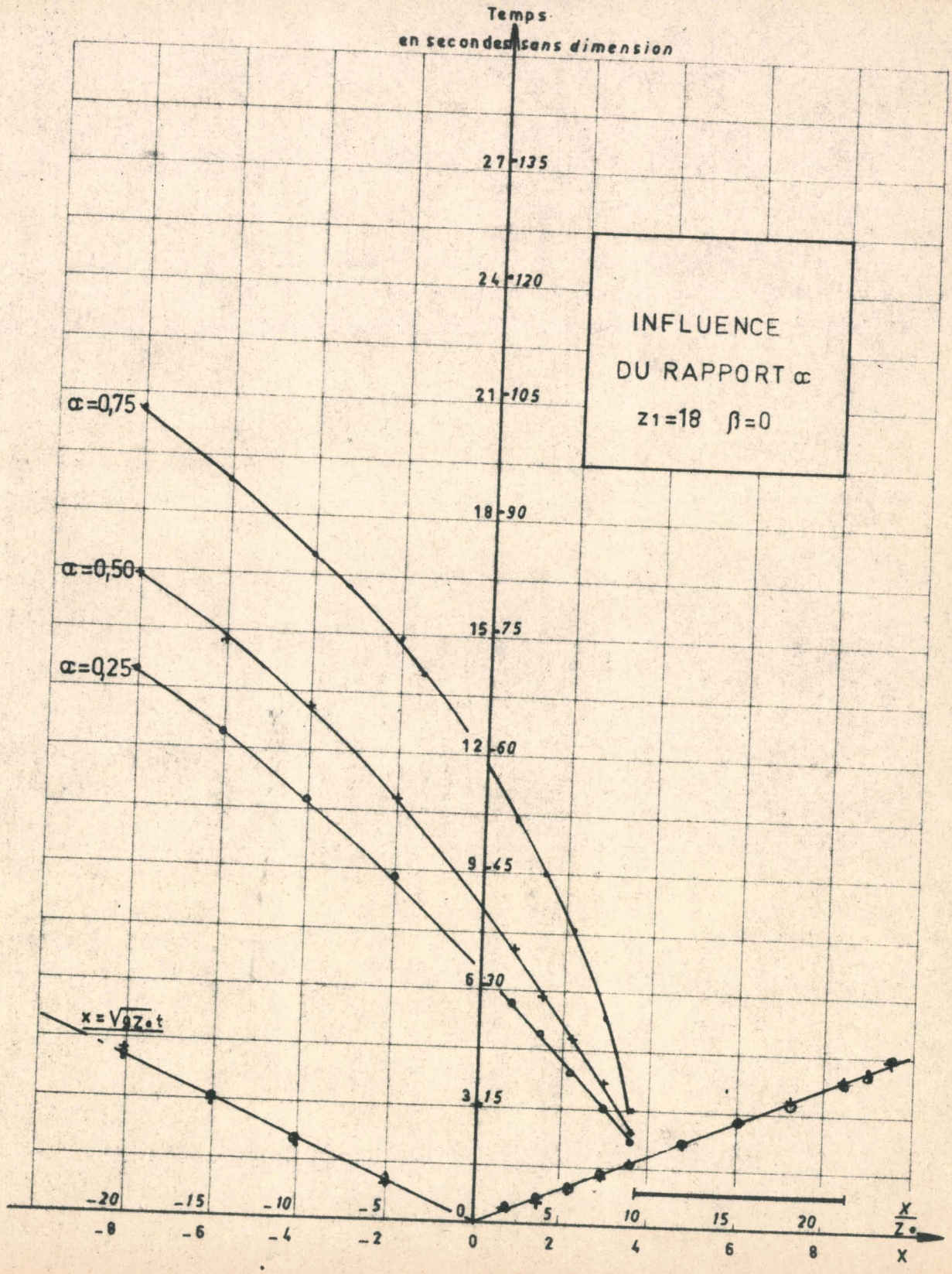
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

-CANAL 1- $Z_0 = 400$ -



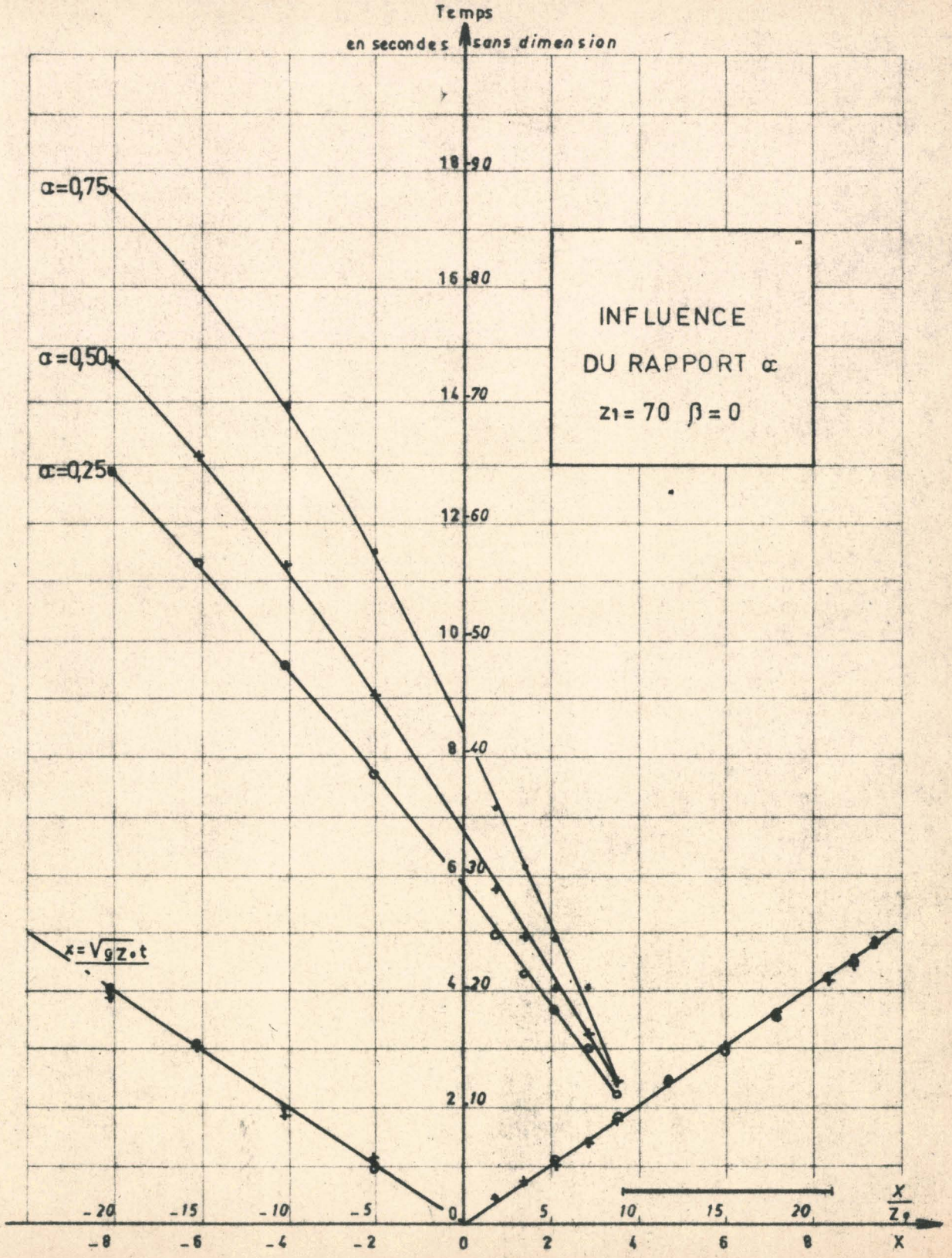
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

-CANAL 1- $Z_0 = 400$ -



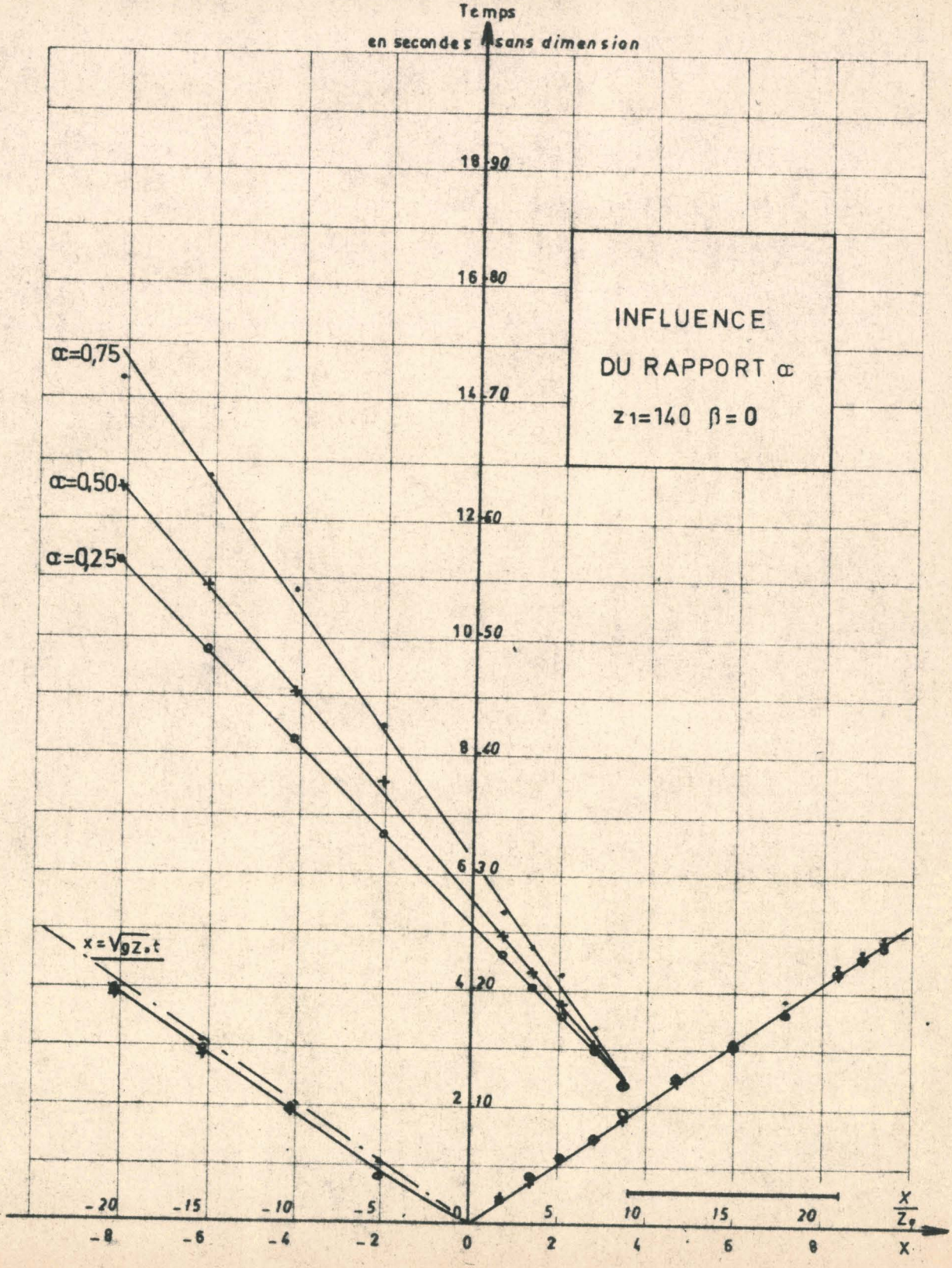
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

- CANAL 1 - $Z_0 = 400$ -

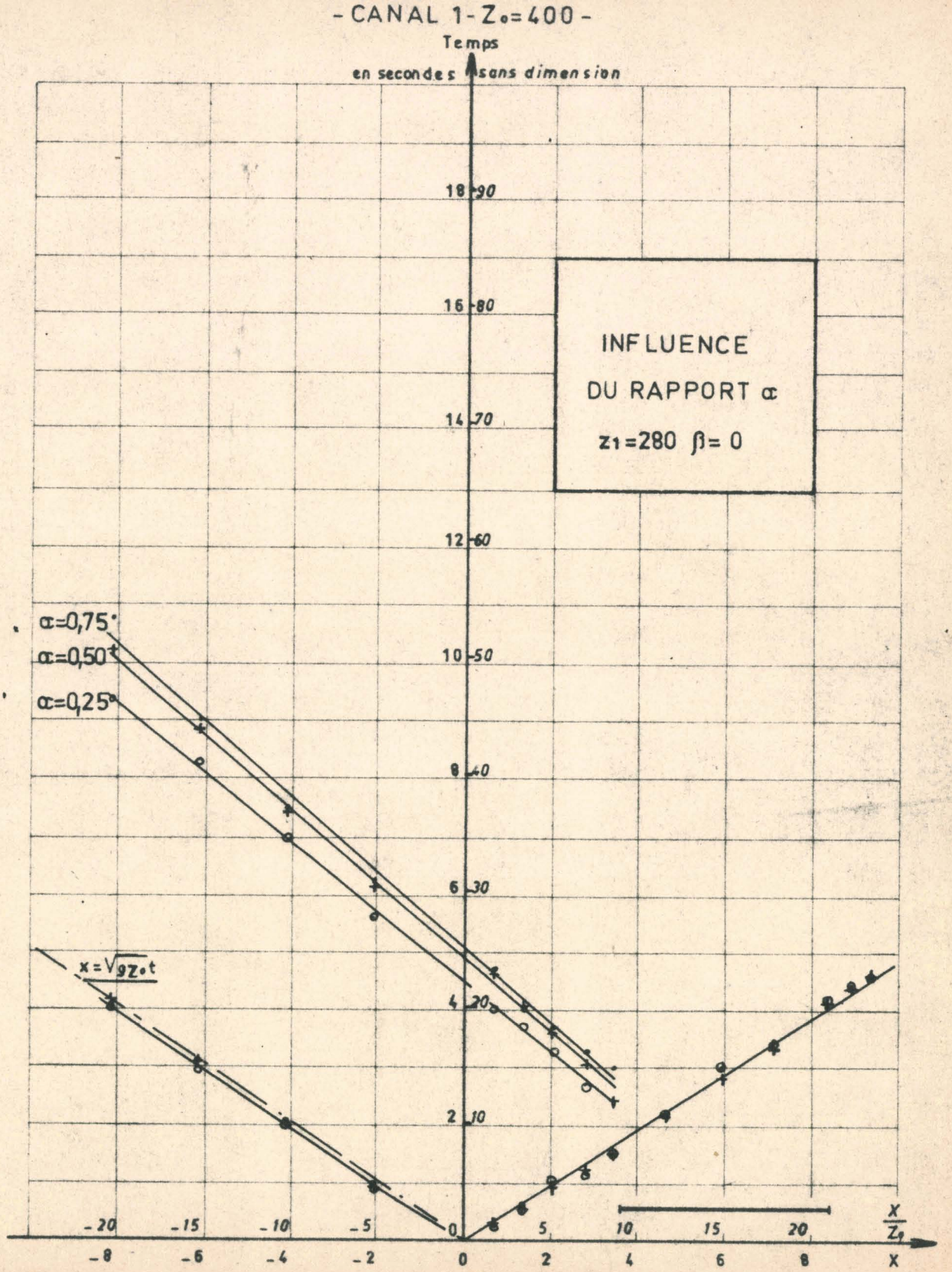


PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

- CANAL 1 - $Z_0 = 400$ -

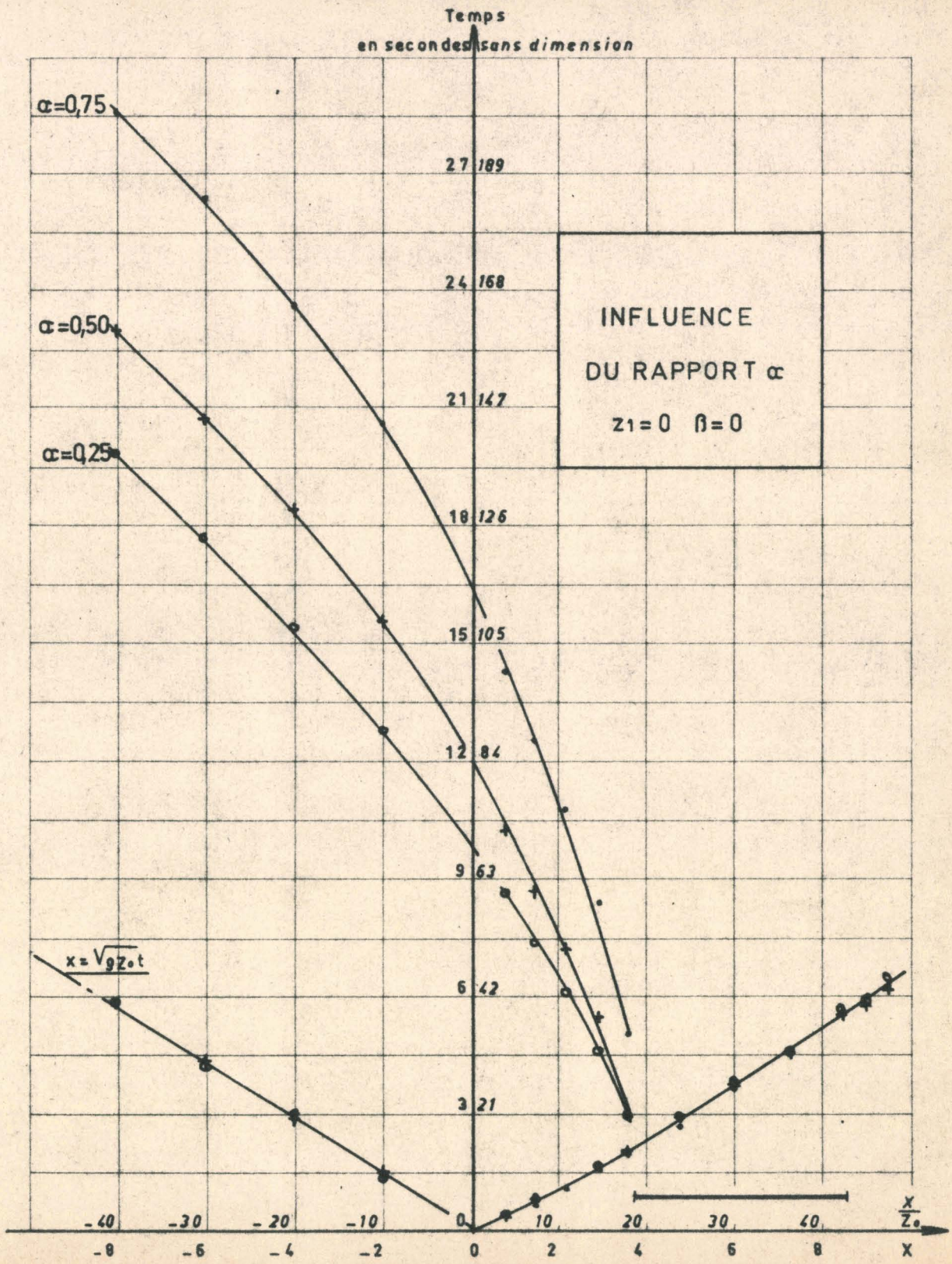


PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE



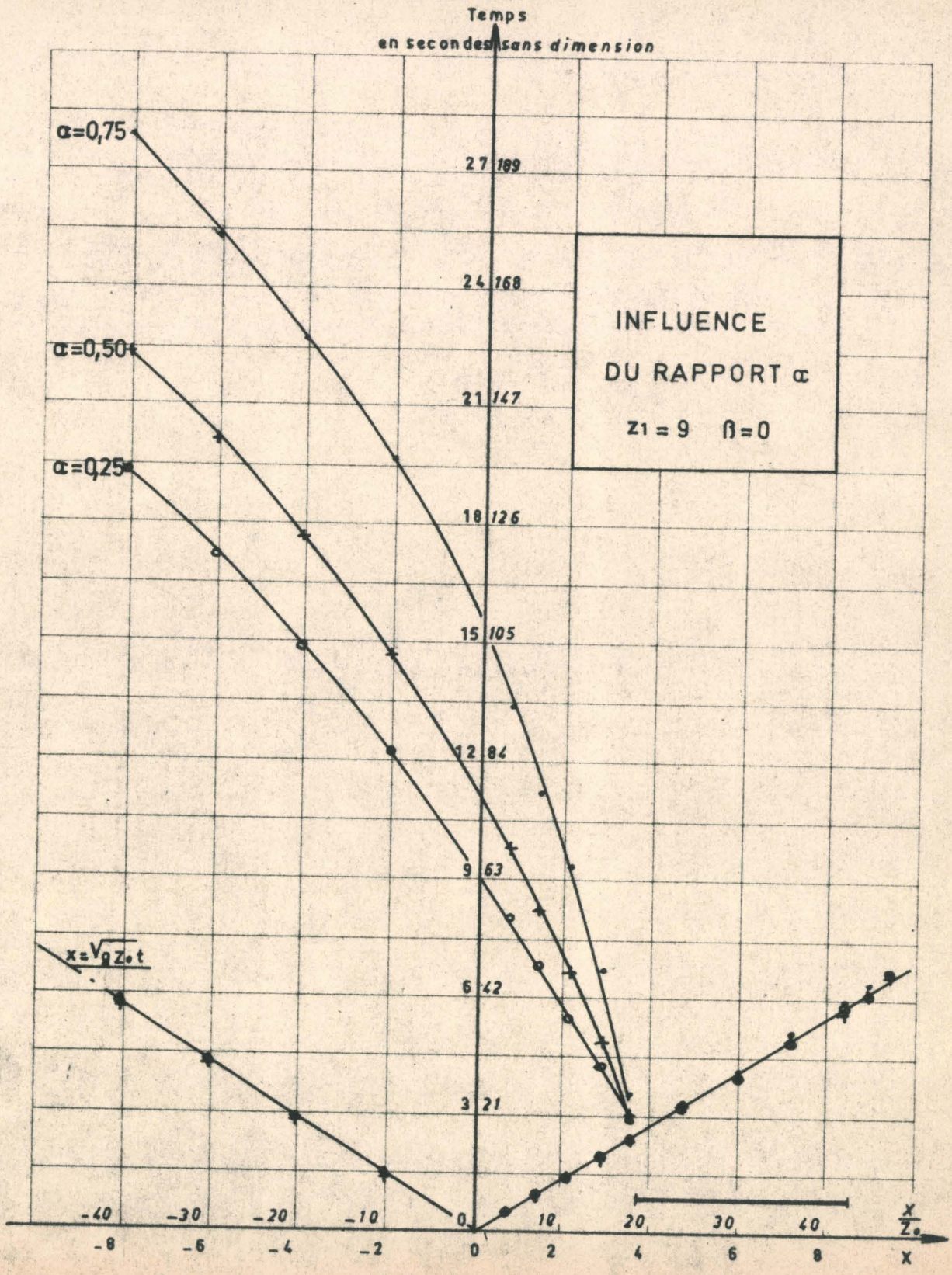
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

- CANAL 1 - $Z_0 = 200$ -



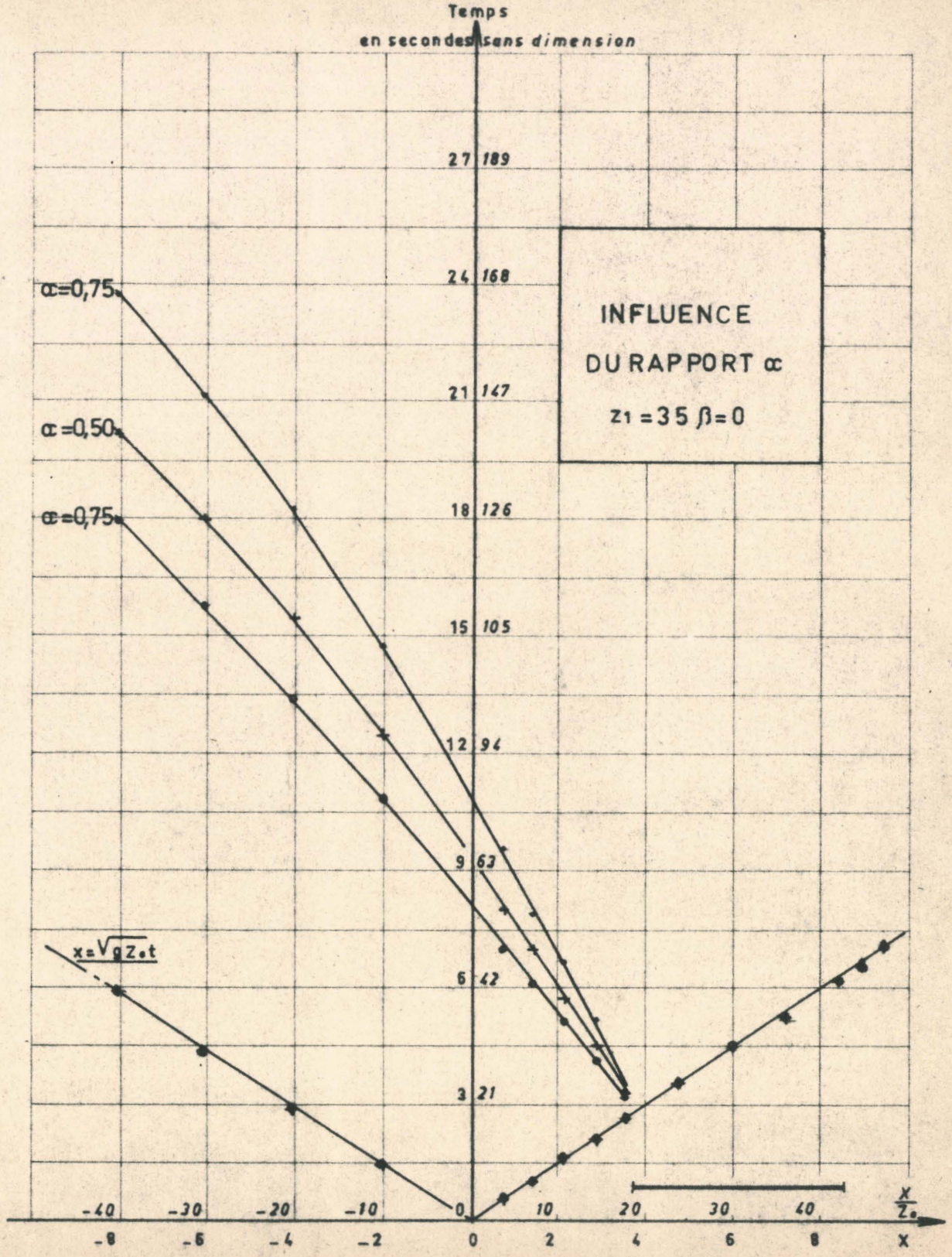
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

-CANAL 1- $Z_0 = 200$ -



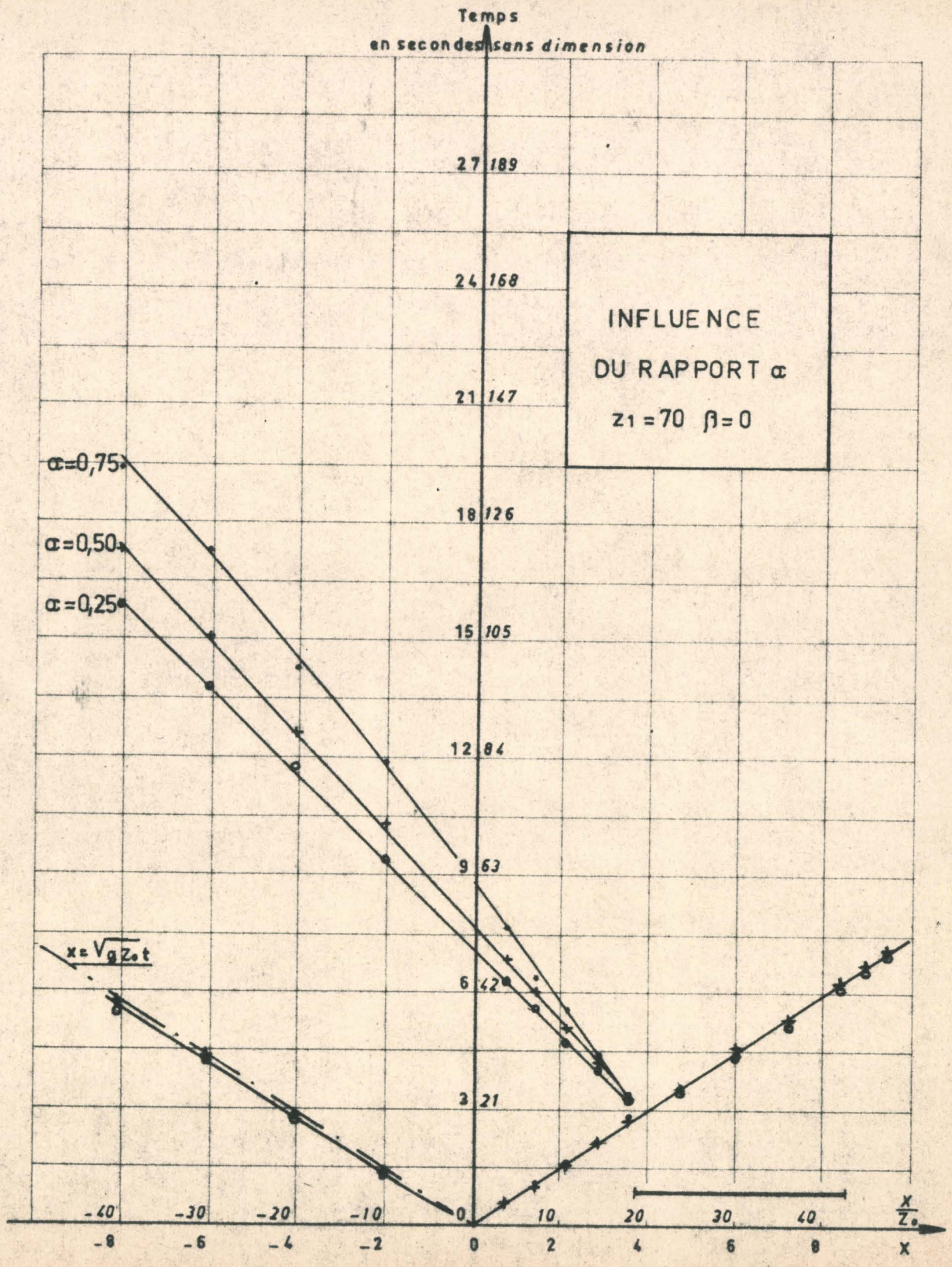
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

- CANAL 1 - $Z_0 = 200$ -



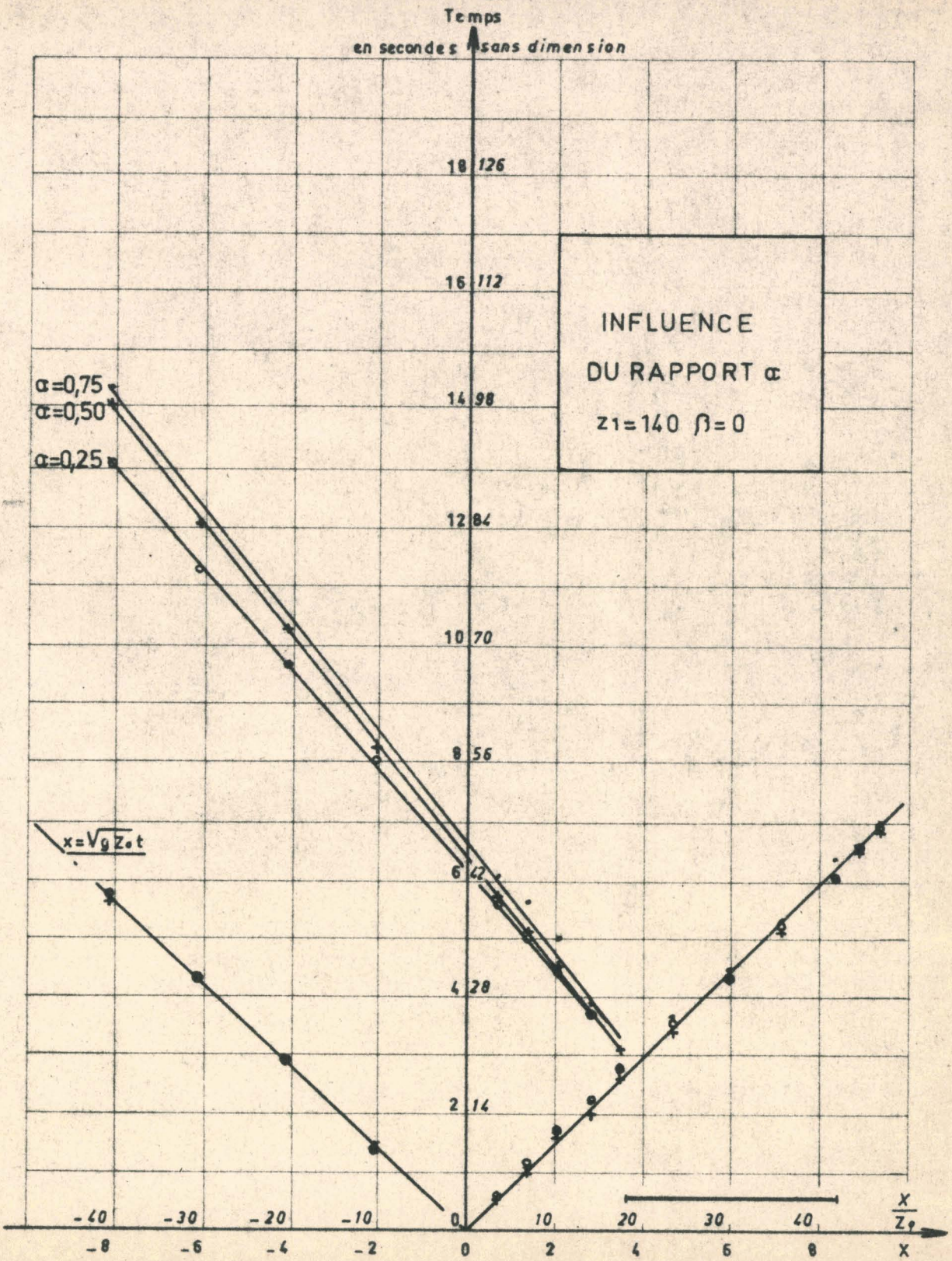
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

-CANAL 1- $Z_0 = 200$ -



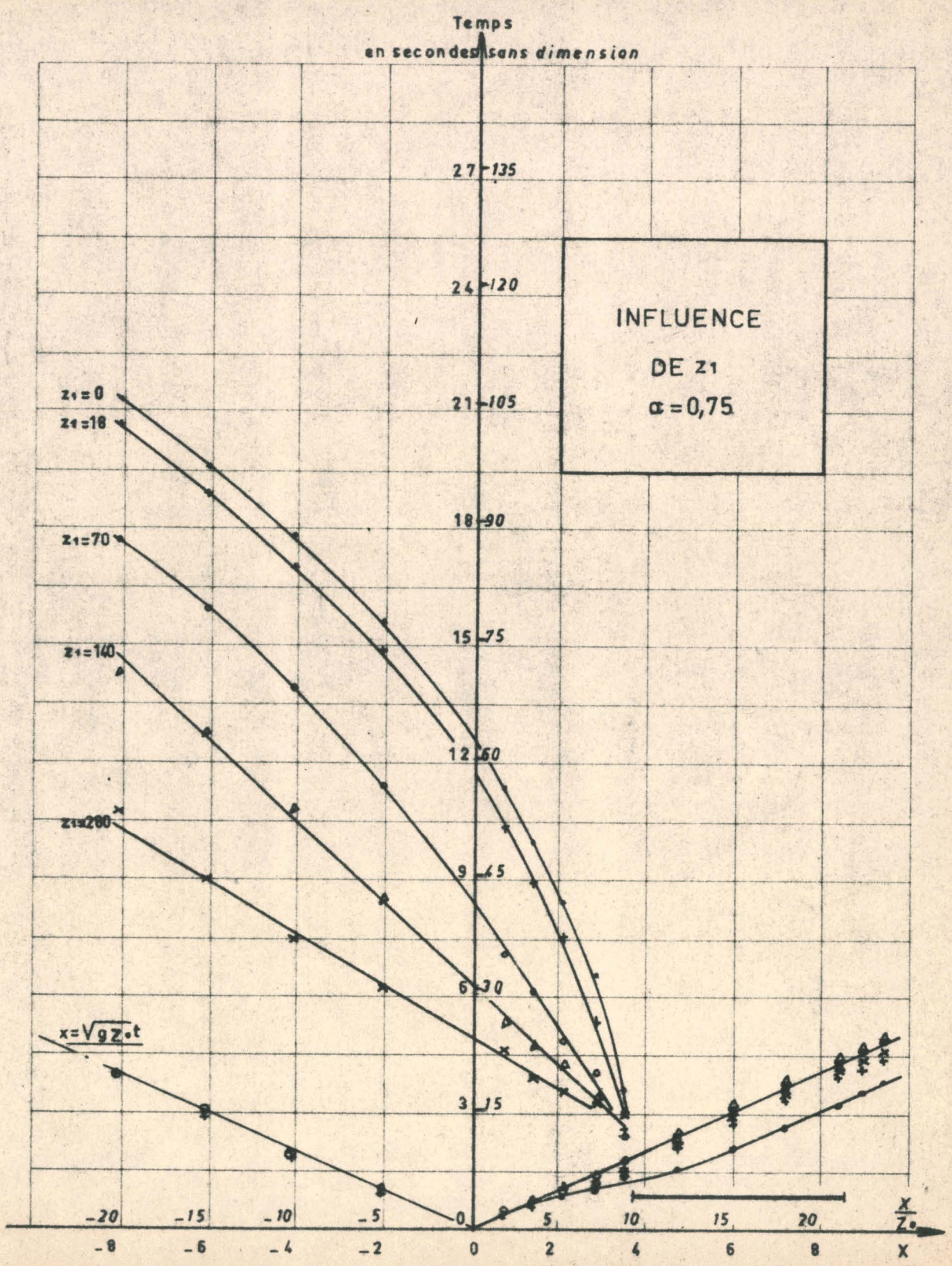
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

- CANAL 1 - $Z_0 = 200$ -



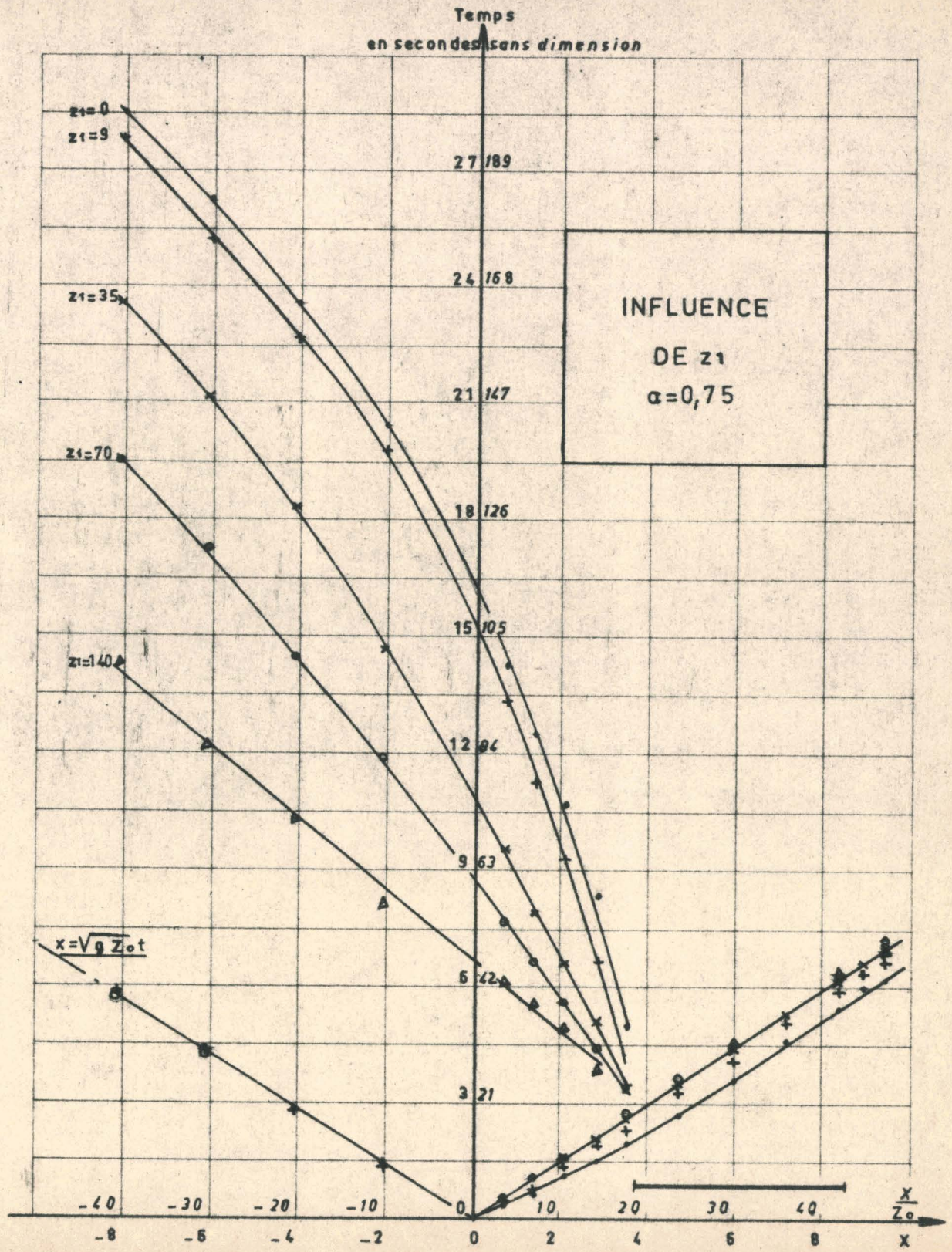
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

-CANAL 1- $Z_0 = 400$ -



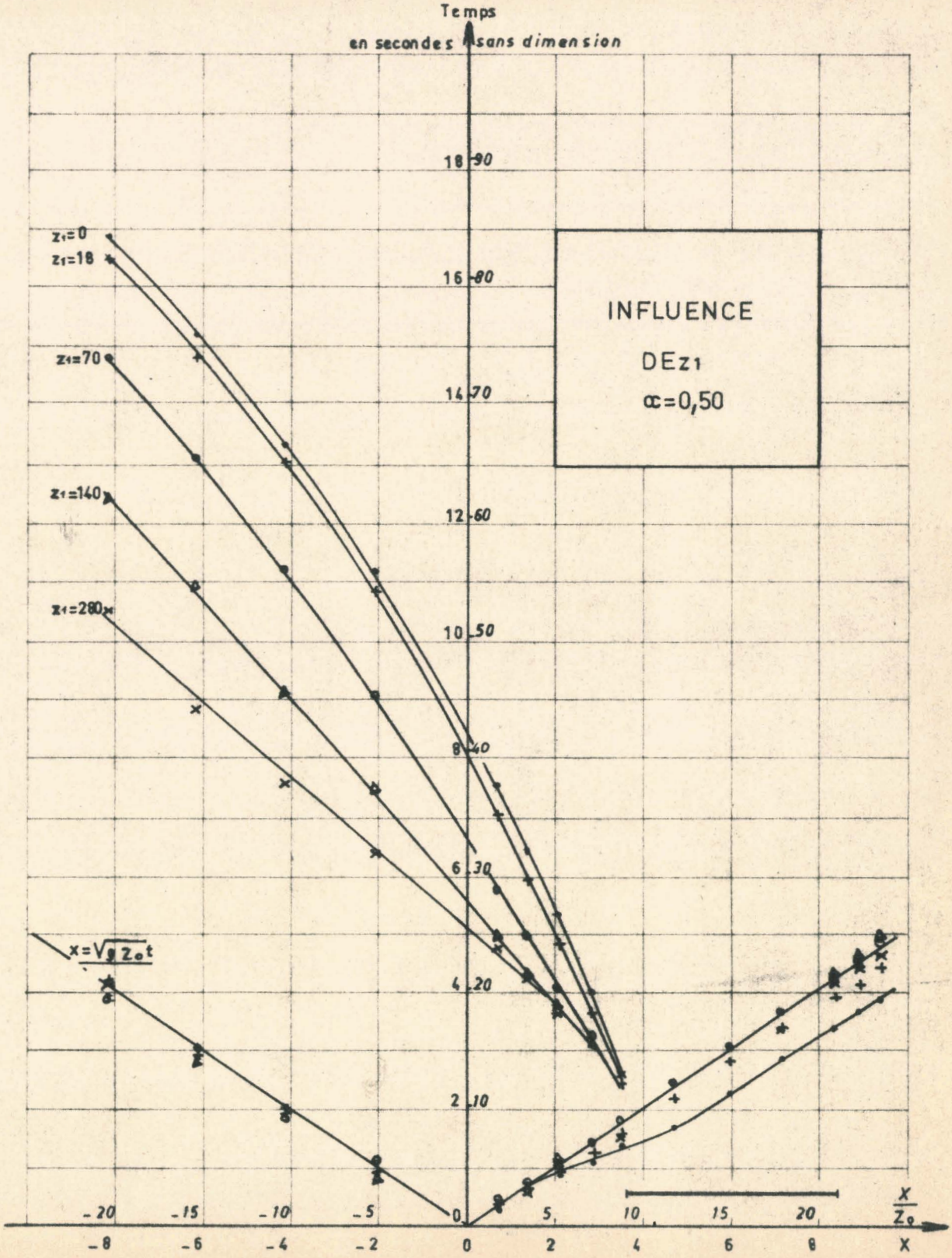
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

-CANAL 1-Z_0=200-



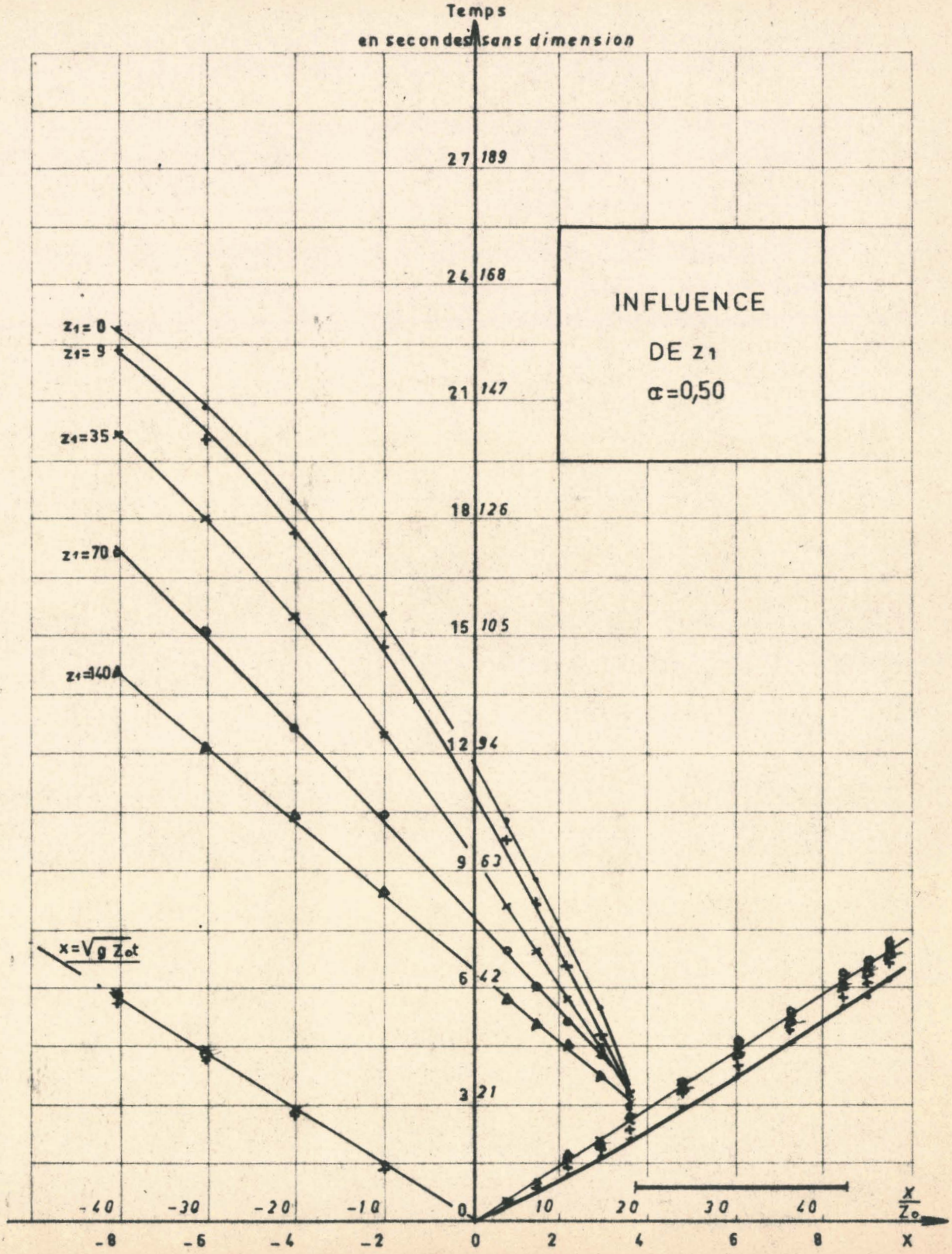
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

- CANAL 1-Z_0=400 -



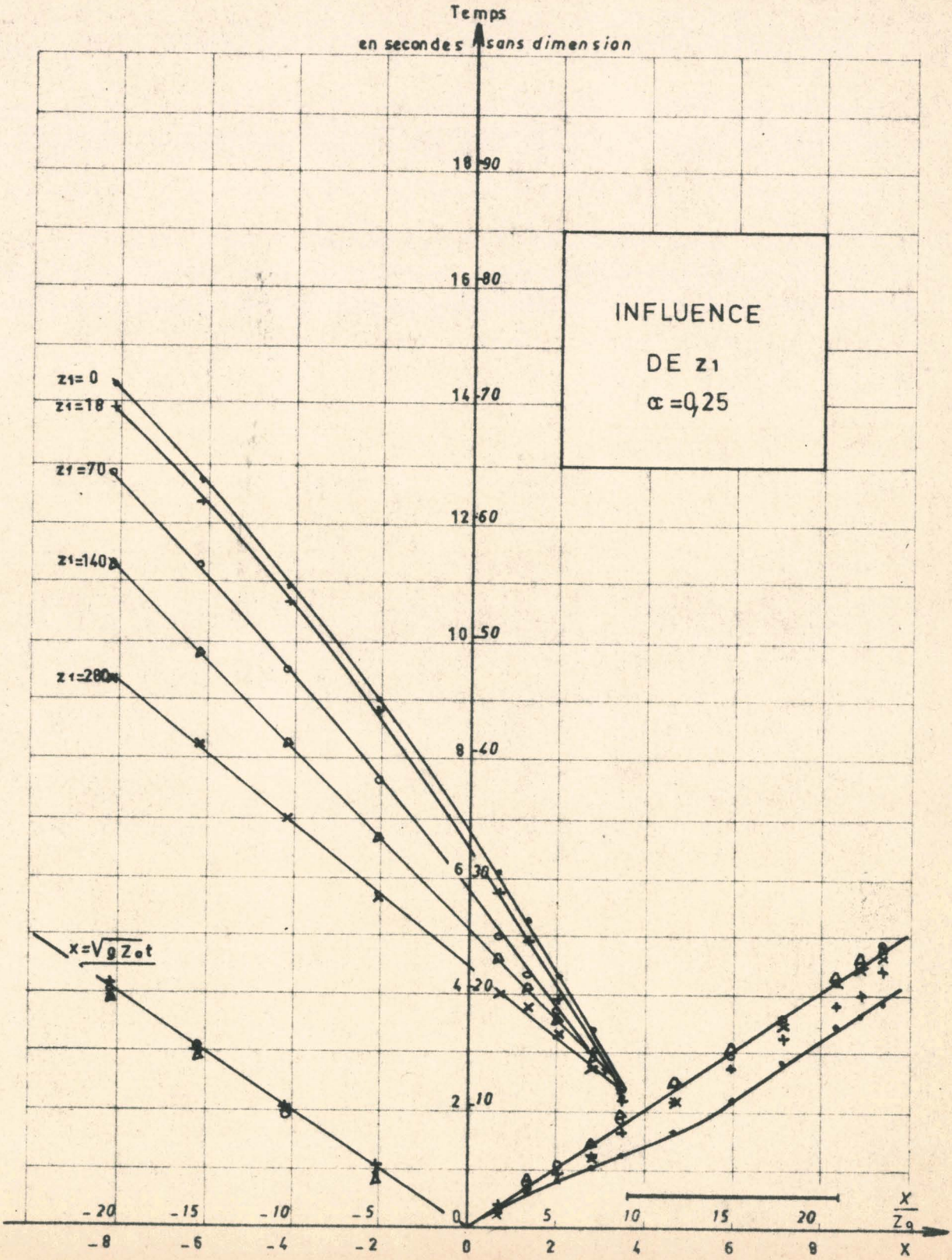
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

-CANAL 1-Z_0=200-

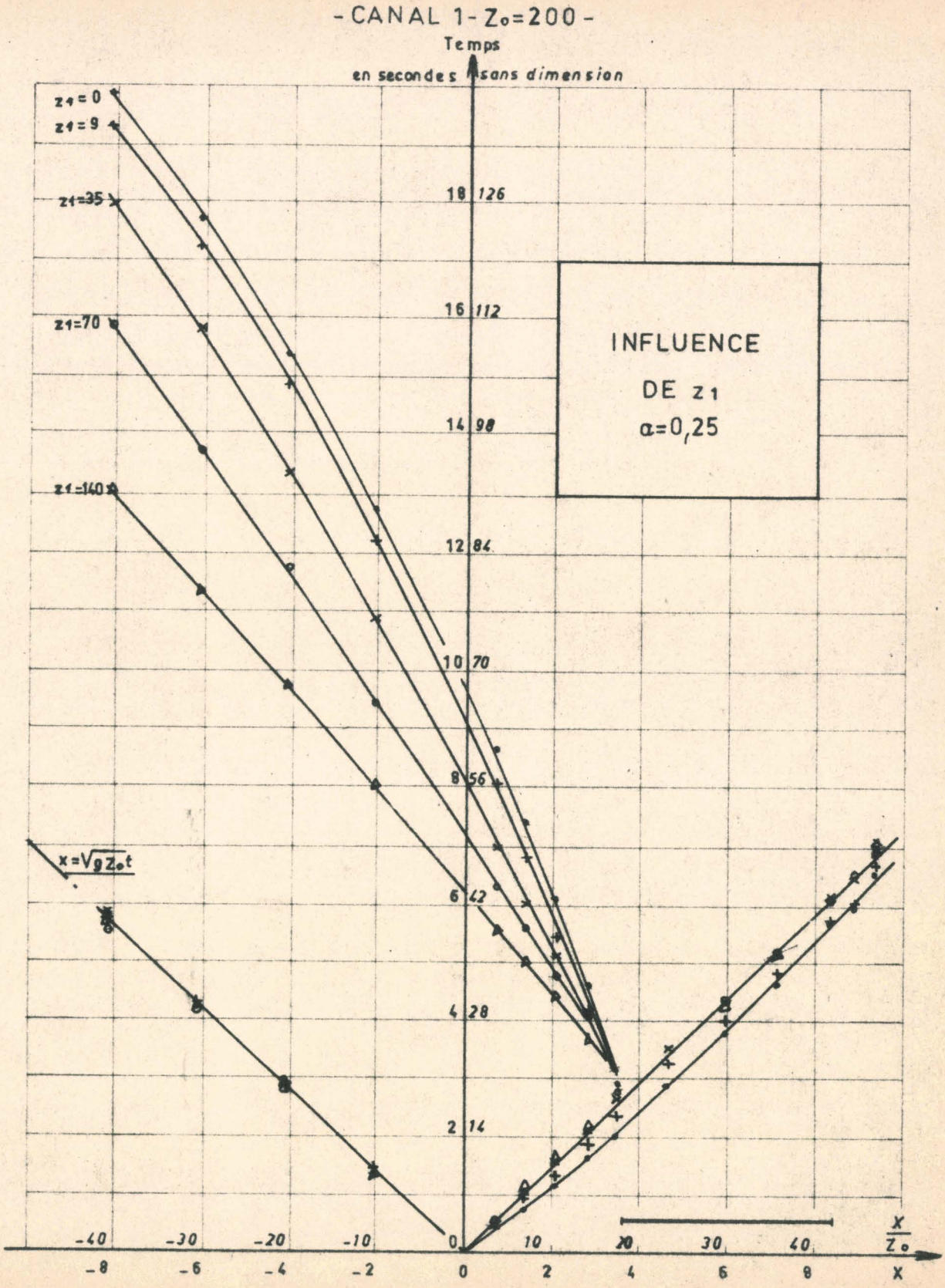


PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

- CANAL 1 - $Z_0 = 400$ -



PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE



ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - $Z_o = 400$ $\alpha = 0{,}75$

$z_1 = 0$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	21,30	19,60	17,80	15,60	11,35	9,95	8,45	6,60	3,62
$t\sqrt{g/Z_o}$	105,50	97,00	88,20	77,20	56,20	49,30	41,80	32,65	17,91
$\frac{z_3}{Z_o}$	0,38	0,46	0,48	0,56	0,65	0,68	0,60	0,61	0,63

$z_1 = 18$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	20,60	18,90	17,00	14,87	10,30	8,95	7,55	5,65	2,65
$t\sqrt{g/Z_o}$	102,00	93,60	84,20	73,70	51,00	44,40	36,40	26,70	13,10
$\frac{z_3}{Z_o}$	0,37	0,46	0,50	0,55	0,67	0,66	0,64	0,62	0,65

$z_1 = 70$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	17,70	15,95	13,90	11,50	7,15	6,15	4,90	4,05	2,45
$t\sqrt{g/Z_o}$	87,60	79,00	68,80	56,90	35,80	30,90	24,25	20,05	12,13
$\frac{z_3}{Z_o}$	0,47	0,55	0,60	0,68	0,68	0,70	0,70	0,70	0,70

$z_1 = 140$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	14,30	12,75	10,80	8,45	5,30	4,70	4,25	3,35	2,45
$t\sqrt{g/Z_o}$	70,80	63,20	53,50	41,80	26,25	23,30	21,05	16,60	12,14
$\frac{z_3}{Z_o}$	0,55	0,65	0,70	0,72	0,74	0,72	0,75	0,71	0,72

$z_1 = 280$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	10,70	9,00	7,50	6,30	4,70	4,00	3,70	3,30	3,00
$t\sqrt{g/Z_o}$	53,00	44,60	37,10	31,20	23,30	19,80	18,30	16,33	14,85
$\frac{z_3}{Z_o}$	0,85	0,87	0,87	0,87	0,87	0,90	0,88	0,87	0,90

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - Z_o=200 α=0,75

$z_1 = 0$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	28,60	26,15	23,50	20,50	14,30	12,55	10,70	8,40	5,00
$t\sqrt{g/Z_o}$	200,5	183,2	164,5	143,50	100,10	87,90	74,90	58,80	35,00
$\frac{z_3}{Z_o}$	0,45	0,45	0,50	0,57	0,66	0,67	0,65	0,63	0,60

$z_1 = 9$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	27,8	25,35	22,75	19,70	13,40	11,17	9,30	6,70	3,50
$t\sqrt{g/Z_o}$	194,6	177,5	159,2	138,0	93,8	78,2	65,10	46,90	24,50
$\frac{z_3}{Z_o}$	0,43	0,47	0,54	0,58	0,70	0,67	0,67	0,65	0,63

$z_1 = 35$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	23,65	21,10	18,25	14,75	9,3	7,85	6,65	5,15	3,35
$t\sqrt{g/Z_o}$	165,5	147,7	127,8	103,3	65,10	55,00	46,60	36,10	23,40
$\frac{z_3}{Z_o}$	0,47	0,50	0,60	0,67	0,68	0,69	0,69	0,69	0,70

$z_1 = 70$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	19,42	17,25	14,30	11,85	7,65	6,70	5,65	4,45	3,45
$t\sqrt{g/Z_o}$	136,0	120,8	100,2	83,0	53,6	46,95	39,60	31,20	24,20
$\frac{z_3}{Z_o}$	0,55	0,65	0,72	0,72	0,73	0,75	0,75	0,75	0,75

$z_1 = 140$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	23,60	21,90	20,45	18,85	16,35	15,80	15,15	14,70	14,0
$t\sqrt{g/Z_o}$	165,5	153,5	143,2	132,0	114,5	110,6	106,1	103,0	98
$\frac{z_3}{Z_o}$	0,82	0,85	0,86	0,86	0,91	0,91	0,92	0,92	0,94

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - Z_0=400 α=0,50

$z_1 = 0$
$\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	16,88	15,21	13,36	11,20	7,60	6,48	5,32	4,00	2,46
$t\sqrt{g/Z_0}$	83,60	75,20	66,20	55,40	37,60	32,10	26,30	19,80	12,20
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,50	0,55	0,64	0,79	0,76	0,75	0,75	0,71	0,73

$z_1 = 18$
$\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	16,40	14,78	13,04	10,80	7,06	5,92	4,80	3,68	2,48
$t\sqrt{g/Z_0}$	81,20	73,20	64,60	53,40	35,00	29,30	23,80	18,20	12,30
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,52	0,60	0,68	0,75	0,72			0,72	0,69

$z_1 = 70$
$\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	14,72	13,16	11,24	9,04	5,72	4,92	4,08	3,28	2,48
$t\sqrt{g/Z_0}$	72,80	65,10	55,60	44,70	28,30	24,35	20,00	16,24	12,27
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,56	0,67	0,77	0,73	0,72	0,72	0,73	0,71	0,72

$z_1 = 140$
$\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	12,45	10,90	9,10	7,50	4,95	4,30	3,75	3,05	2,40
$t\sqrt{g/Z_0}$	61,60	54,00	45,00	37,20	24,50	21,30	18,50	15,10	10,70
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,52	0,66	0,75	0,75	0,76	0,75	0,76	0,74	0,78

$z_1 = 280$
$\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	10,55	8,81	7,62	6,45	4,76	4,25	3,65	3,14	2,60
$t\sqrt{g/Z_0}$	52,20	43,60	37,70	31,90	23,60	21,05	18,05	15,55	12,86
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,87	0,90	0,88	0,88	0,90	0,89	0,90	0,91	0,91

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - Z_0=200 α=0,50

$z_1 = 0$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	23,0	20,75	18,40	15,55	10,20	8,70	7,20	5,50	2,90
$t\sqrt{g/Z_0}$	161	145,5	128,8	109,0	71,40	60,90	50,4	38,5	20,3
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,55	0,57	0,67	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

$z_1 = 9$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	22,32	20,14	17,68	14,68	9,76	8,16	6,58	4,80	3,00
$t\sqrt{g/Z_0}$	156,1	141,0	123,7	102,7	68,4	57,2	46,1	33,6	21,0
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,52	0,58	0,71	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

$z_1 = 35$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	20,25	18,05	15,45	12,45	8,00	6,95	5,70	4,50	3,30
$t\sqrt{g/Z_0}$	142,0	126,5	108,2	87,2	56,0	48,7	39,9	31,5	23,1
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,58	0,65	0,75	0,75	0,75	0,75	0,70	0,77	0,68

$z_1 = 70$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	17,2	15,05	12,60	10,30	6,90	6,0	5,10	4,25	3,30
$t\sqrt{g/Z_0}$	120,5	105,5	88,4	72,2	48,4	42,0	35,7	29,8	23,1
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,78	0,80

$z_1 = 140$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	14,0	12,10	10,3	8,4	5,7	5,1	4,5	3,7	3,1
$t\sqrt{g/Z_0}$	98	84,7	72,1	58,8	39,9	35,7	31,5	25,9	21,7
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,75	0,82	0,85	0,85	0,86	0,90	0,92	0,95	0,93

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - $Z_o = 400$ $\alpha = 0{,}50$

$Z_1 = 18$, $\beta = 1$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	16,80	15,15	13,40	11,15	7,10	6,25	5,00	3,75	2,45
$t\sqrt{g/Z_o}$	83,20	75,00	66,40	55,20	36,60	30,90	24,70	18,55	12,15
$\frac{Z_3}{Z_o}$	0,50	0,58	0,65	0,75	0,75	0,75	0,72	0,73	0,73

$Z_1 = 70$, $\beta = 1$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	14,00	13,25	11,45	9,10	5,55	4,90	4,10	3,30	2,35
$t\sqrt{g/Z_o}$	68,80	65,60	56,70	45,00	27,50	24,25	20,30	16,35	11,64
$\frac{Z_3}{Z_o}$	0,57	0,65	0,75	0,78	0,80	0,80	0,81	0,80	0,78

$Z_1 = 140$, $\beta = 1$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	12,55	10,95	9,22	7,55	4,70	4,20	3,65	2,90	2,35
$t\sqrt{g/Z_o}$	62,15	54,20	45,65	37,35	23,25	20,80	18,07	14,35	11,64
$\frac{Z_3}{Z_o}$	0,65	0,75	0,80	0,85	0,80	0,82	0,80	0,80	0,78

$Z_1 = 18$, $\beta = 3$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	16,75	15,15	13,30	11,20	7,40	6,25	5,00	3,90	2,20
$t\sqrt{g/Z_o}$	83,00	75,00	65,80	55,40	36,70	30,80	24,80	19,30	10,90
$\frac{Z_3}{Z_o}$	0,52	0,56	0,62	0,72	0,74	0,71	0,75	0,72	0,70

$Z_1 = 70$, $\beta = 3$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	14,95	13,35	11,50	9,00	5,50	4,85	4,00	3,20	2,15
$t\sqrt{g/Z_o}$	74,00	66,00	57,00	44,50	27,20	24,00	19,80	15,85	10,65
$\frac{Z_3}{Z_o}$	0,55	0,65	0,75	0,77	0,80	0,80	0,80	0,76	0,75

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - Z_0=400 α=0,50

Z_1=140
β = 3

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	12,62	11,05	9,25	7,65	4,75	4,20	3,55	2,90	2,45
$t\sqrt{g/Z_0}$	62,50	54,70	45,80	37,85	23,50	20,80	17,57	14,35	12,12
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,70	0,75	0,80	0,85	0,80	0,82	0,82	0,82	0,77

Z_1 = 0
β = 6

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	-	-	14,00	11,90	8,10	7,05	5,90	4,90	4,05
$t\sqrt{g/Z_0}$	-	-	69,30	58,90	40,10	34,90	29,20	24,25	20,05
$\frac{Z_3}{Z_0}$	-	-	0,56	0,65	0,70	0,75	0,75	0,75	0,70

Z_1=18
β = 6

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	16,75	15,15	13,30	11,20	7,40	6,25	5,00	3,90	2,20
$t\sqrt{g/Z_0}$	83,00	75,00	65,80	55,40	36,70	30,80	24,80	19,30	10,90
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,52	0,55	0,65	0,75	0,74	0,72	0,75	0,73	0,70

Z_1= 70
β = 6

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	14,95	13,30	11,40	9,05	5,45	4,85	3,90	2,85	2,30
$t\sqrt{g/Z_0}$	74,00	65,85	56,40	49,80	27,00	24,00	19,30	14,10	11,39
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,56	0,65	0,75	0,77	0,80	0,80	0,82	0,77	0,70

Z_1= 140
β = 6

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	12,45	10,90	9,10	7,50	4,40	3,85	3,20	2,45	-
$t\sqrt{g/Z_0}$	61,60	54,00	45,00	37,10	21,80	19,05	15,85	12,12	-
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,68	0,75	0,80	0,84	0,82	0,80	0,78	0,80	-

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - Z_0=400 α=0,25

$Z_1 = 0$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	14,25	12,75	10,95	9,00	6,10	5,25	4,30	3,40	2,25
$t\sqrt{g/Z_0}$	70,60	63,20	54,20	44,50	30,40	26,00	21,30	16,80	11,15
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,67	0,75	0,83	0,81	0,85	0,85	0,82	0,85	0,90

$Z_1 = 18$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	13,88	12,40	10,70	8,75	5,70	4,90	3,90	3,00	2,20
$t\sqrt{g/Z_0}$	68,70	61,40	53,00	43,60	28,20	24,25	19,30	14,85	10,90
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,65	0,76	0,86	0,85	0,83	0,82	0,83	0,83	0,90

$Z_1 = 70$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	12,85	11,30	9,57	7,70	4,98	4,30	3,70	3,00	2,25
$t\sqrt{g/Z_0}$	63,60	55,90	47,35	38,10	24,60	21,30	18,30	14,85	11,14
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,70	0,78	0,88	0,85	0,86	0,80	0,84	0,88	0,89

$Z_1 = 140$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	11,30	9,80	8,25	6,70	4,60	4,10	3,55	2,90	2,40
$t\sqrt{g/Z_0}$	56,00	48,50	40,80	33,20	22,80	20,30	17,56	14,35	11,90
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,76	0,87	0,90	0,90	0,92	0,91	0,80	0,91	0,89

$Z_1 = 280$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	9,35	8,25	7,00	5,60	4,00	3,75	3,30	2,70	-
$t\sqrt{g/Z_0}$	46,30	40,80	34,65	27,70	19,80	18,55	16,33	13,36	-
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,90	0,91	0,96	0,96	0,96	0,96	0,92	0,93	-

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - Z_0=200 α=0,25

Z_1= 0
β = 0

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	19,85	17,70	15,40	12,75	8,65	7,40	6,10	4,60	2,95
$t\sqrt{g/Z_0}$	139,0	124,0	108,0	89,4	60,6	51,8	42,7	32,2	20,7
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,64	0,73	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,82

Z_1= 9
β = 0

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	19,35	17,20	14,85	12,20	8,05	6,80	5,42	4,20	2,92
$t\sqrt{g/Z_0}$	135,5	120,5	104,0	85,4	56,4	47,6	37,9	29,4	20,4
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,62	0,72	0,85	0,85	0,86	0,87	0,85	0,85	0,85

Z_1=35
β = 0

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	17,95	15,80	13,35	10,85	7,00	6,05	5,10	4,12	3,20
$t\sqrt{g/Z_0}$	125,6	110,6	93,5	76,0	49,0	42,35	35,7	28,84	22,4
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,70	0,80	0,86	0,86	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87

Z_1=70
β = 0

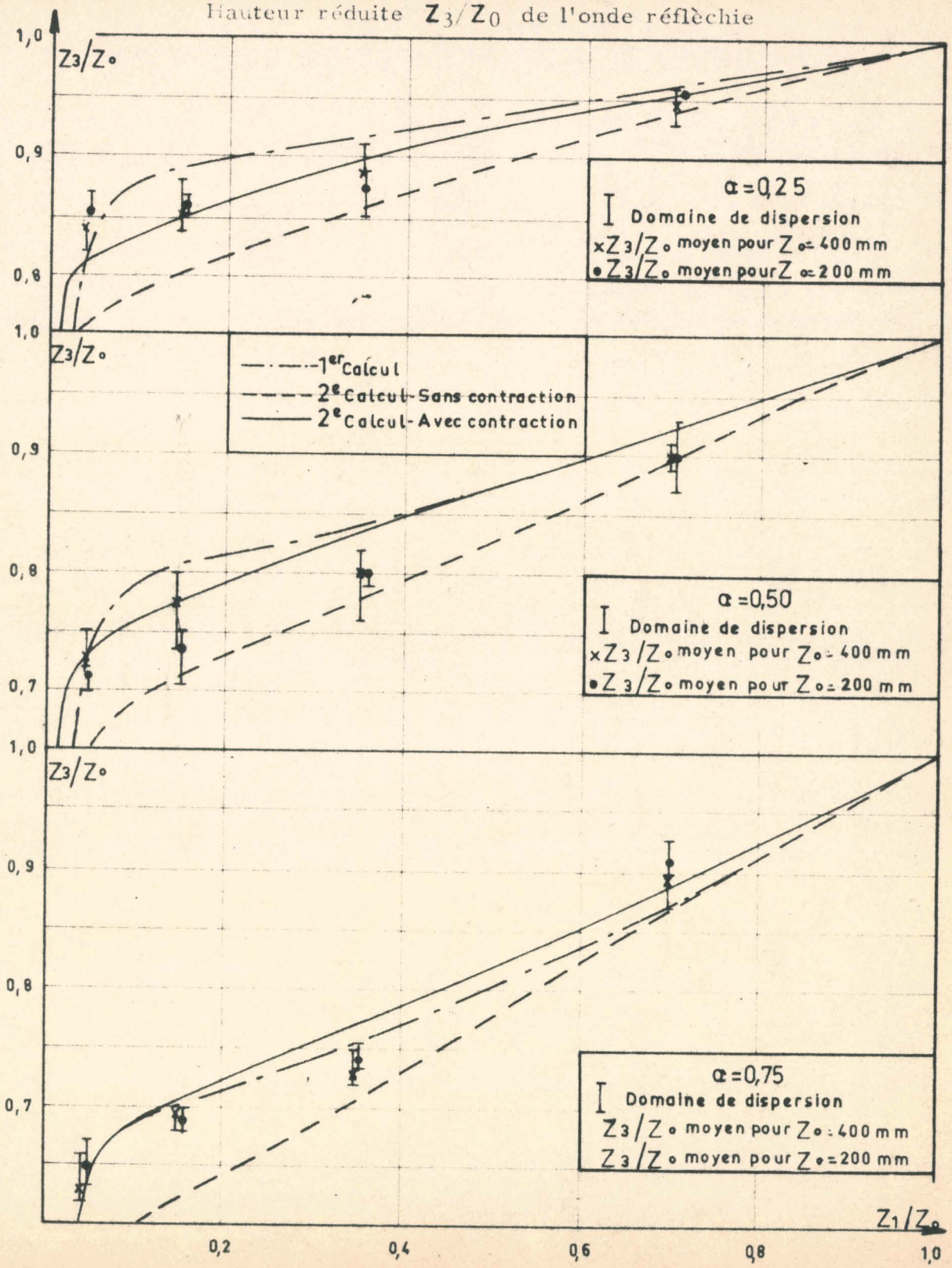
Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	15,85	13,75	11,70	9,40	6,30	5,60	4,75	4,05	3,30
$t\sqrt{g/Z_0}$	111,0	96,40	82,0	65,8	44,1	39,2	33,3	28,4	23,1
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,77	0,85	0,90	0,85	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88

Z_1=140
β = 0

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	13,1	11,3	9,7	8,0	5,55	5,0	4,4	3,7	-
$t\sqrt{g/Z_0}$	91,8	79,2	67,9	56,0	38,9	35,0	30,8	25,9	-
$\frac{Z_3}{Z_0}$	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95	0,98	0,95	0,95	0,95

VERIFICATION EXPERIMENTALE

Hauteur réduite Z_3/Z_0 de l'onde réfléchie



ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - $Z_0 = 400$ $\alpha = 0,75$

Comparaison avec les théories

$Z_1 = 0$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,63	-
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,11	-

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,38	0,46	0,48	0,56	0,65	0,68	0,60	0,61	0,63
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,60	0,55	0,46	0,33	0,25	0,23	0,19	0,12	

$Z_1 = 18$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,66	0,64
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,14	0,14

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,37	0,46	0,50	0,55	0,67	0,66	0,64	0,62	0,65
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,59	0,52	0,47	0,30	0,26	0,25	0,18	0,12	

$Z_1 = 70$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,70	0,70
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,33	0,33

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,47	0,55	0,60	0,68	0,68	0,70	0,70	0,70	0,70
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,58	0,43	0,42	0,32	0,35	0,28	0,41	0,14	

$Z_1 = 140$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,75	0,76
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,50	0,50

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,55	0,65	0,70	0,72	0,74	0,72	0,75	0,71	0,72
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,65	0,50	0,43	0,44	0,58	0,78	0,39	0,39	

$Z_1 = 280$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,87	0,88
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,79	0,79

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,85	0,87	0,87	0,87	0,87	0,90	0,88	0,87	0,90
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,60	0,66	0,46	0,87	0,50	1,16	0,89	1,16	

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - Z_o=200 α=0,75

Comparaison avec les théories

$Z_1 = 0$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,63	-
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,11	-

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,45	0,45	0,50	0,57	0,66	0,67	0,65	0,63	0,60
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$		0,59	0,53	0,49	0,32	0,28	0,27	0,21	0,14

$Z_1 = 9$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,66	0,64
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,14	0,14

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,43	0,47	0,54	0,58	0,70	0,67	0,67	0,65	0,63
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$		0,59	0,54	0,47	0,32	0,22	0,27	0,19	0,15

$Z_1 = 35$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,70	0,70
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,33	0,33

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,47	0,50	0,60	0,67	0,68	0,69	0,69	0,69	0,70
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$		0,56	0,49	0,41	0,37	0,34	0,41	0,33	0,28

$Z_1 = 70$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,75	0,76
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,50	0,50

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,55	0,65	0,72	0,72	0,73	0,75	0,75	0,75	0,75
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$		0,66	0,47	0,59	0,47	0,52	0,47	0,41	0,49

$Z_1 = 140$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,87	0,88
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,79	0,79

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,82	0,85	0,86	0,86	0,91	0,91	0,92	0,92	0,94
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$		0,84	0,97	0,90	0,79	0,90	0,77	1,1	0,71

ONDES REFLECHIES

-CANAL 1 - Z_o=400 α=0,50

Comparaison avec les théories

z_1=0 β= 0

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,70	-
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,21	-

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,50	0,55	0,64	0,79	0,76	0,75	0,75	0,71	0,73
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,61	0,54	0,47	0,39	0,31	0,31	0,26	0,23	

z_1=18 β= 0

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,74	0,72
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,25	0,22

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,52	0,60	0,68	0,75	0,72	-	-	0,72	0,69
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,63	0,57	0,45	0,37	0,30	0,31	0,31	0,30	

z_1= 70 β= 0

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,81	0,79
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,44	0,39

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,56	0,67	0,77	0,78	0,72	0,72	0,73	0,71	0,72
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,65	0,51	0,46	0,42	0,20	0,42	0,43	0,44	

z_1 =140 β= 0

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,84	0,83
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,58	0,56

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,52	0,66	0,75	0,75	0,76	0,75	0,76	0,74	0,78
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,65	0,55	0,63	0,55	0,54	0,65	0,50	0,54	

z_1 = 280 β = 0

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,92	0,92
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,82	0,82

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,87	0,90	0,88	0,88	0,90	0,89	0,90	0,91	0,91
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,58	0,83	0,89	0,83	0,69	0,59	0,68	0,65	

ONDES REFLECHIES

-CANAL 1 - Z_o=200 α=0,50

Comparaison avec les théories

$Z_1 = 0$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,70	-
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,21	-

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,55	0,57	0,67	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$		0,64	0,59	0,50	0,37	0,20	0,33	0,28	0,19

$Z_1 =$ $\beta =$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,74	0,72
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,25	0,22

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,52	0,58	0,71	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$		0,66	0,56	0,48	0,40	0,31	0,32	0,28	0,28

$Z_1 =$ $\beta =$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,81	0,79
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,44	0,32

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,58	0,65	0,75	0,75	0,75	0,75	0,70	0,77	0,68
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$		0,65	0,54	0,48	0,44	0,47	0,40	0,41	0,41

$Z_1 =$ $\beta =$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,84	0,83
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,58	0,56

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,78	0,80
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$		0,67	0,57	0,63	0,58	0,55	0,55	0,58	0,52

$Z_1 = 280$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_o	0,42	0,92
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$	0,82	0,82

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_o	0,75	0,82	0,85	0,85	0,86	0,90	0,92	0,95	0,93
$V_{32}/\sqrt{gZ_o}$		0,49	0,78	0,76	0,75	0,83	0,83	0,62	0,83

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - $Z_0 = 400$ $\alpha = 0{,}50$

Comparaison avec les théories

$Z_1 = 18$ $\beta = 1$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,74	0,72
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,25	0,22

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,50	0,58	0,65	0,75	0,75	0,75	0,72	0,75	0,73
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,61	0,56	0,45	0,37	0,30	0,28	0,28	0,27	

$Z_1 = 70$ $\beta = 1$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,81	0,79
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,44	0,39

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,57	0,65	0,78	0,80	0,80	0,80	0,81	0,80	0,78
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,61	0,62	0,43	0,40	0,54	0,44	0,44	0,37	

$Z_1 = 140$ $\beta = 1$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,84	0,83
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,58	0,56

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,65	0,75	0,80	0,85	0,80	0,82	0,80	0,80	0,78
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,62	0,57	0,60	0,50	0,70	0,63	0,42	0,64	

$Z_1 = 18$ $\beta = 3$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,74	0,72
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,25	0,2

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,52	0,56	0,62	0,72	0,74	0,71	0,75	0,72	0,70
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,62	0,54	0,48	0,37	0,30	0,28	0,32	0,50	

$Z_1 = 70$ $\beta = 3$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,81	0,79
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,44	0,39

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,55	0,65	0,77	0,80	0,80	0,80	0,80	0,76	0,75
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,62	0,53	0,40	0,40	0,54	0,41	0,44	0,33	

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - Z_0=400 α=0,50

Comparaison avec les théories

Z_1 =140 β= 3

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,84	0,83
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,58	0,56

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,70	0,75	0,80	0,85	0,80	0,82	0,82	0,82	0,77
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,65	0,55	0,63	0,48	0,63	0,54	0,54	0,79	

Z_1= 0 β= 6

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,70	-
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,21	-

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	-	-	0,56	0,65	0,70	0,75	0,75	0,75	0,70
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	-	-	0,48	0,37	0,34	0,31	0,35	0,41	

Z_1= 18 β= 6

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,74	0,72
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,25	0,22

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,52	0,55	0,65	0,75	0,74	0,72	0,75	0,73	0,70
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,63	0,53	0,48	0,37	0,30	0,29	0,32	0,21	

Z_1 = 70 β= 6

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,81	0,79
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,44	0,39

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,56	0,65	0,75	0,77	0,80	0,80	0,82	0,77	0,70
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,61	0,52	0,43	0,39	0,58	0,37	0,33	0,65	

Z_1 =140 β= 6

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,84	0,83
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,58	0,56

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,68	0,75	0,80	0,84	0,82	0,80	0,78	0,80	-
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,65	0,55	0,63	0,45	0,63	0,54	0,41	-	

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - $Z_0 = 400$ $\alpha = 0{,}25$

Comparaison avec les théories

$Z_1 = 0$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,78	-
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,32	-

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,67	0,75	0,83	0,81	0,85	0,85	0,82	0,85	0,90
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$		0,68	0,55	0,52	0,49	0,42	0,39	0,39	0,31

$Z_1 = 18$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,83	0,80
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,36	0,35

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,65	0,76	0,86	0,85	0,83	0,82	0,63	0,83	0,90
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$		0,68	0,58	0,52	0,47	0,44	0,36	0,39	0,44

$Z_1 = 70$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,89	0,85
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,53	0,52

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,70	0,78	0,88	0,85	0,86	0,80	0,84	0,88	0,89
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$		0,65	0,57	0,54	0,52	0,52	0,57	0,50	0,48

$Z_1 = 140$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,92	0,89
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,65	0,64

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,76	0,87	0,90	0,90	0,92	0,91	0,80	0,91	0,89
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$		0,68	0,63	0,66	0,67	0,70	0,69	0,54	0,71

$Z_1 = 280$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,96	0,95
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,85	0,85

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,90	0,91	0,96	0,96	0,96	0,96	0,92	0,93	-
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$		0,92	0,79	0,73	0,88	1,4	0,79	0,59	-

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1 - Z_0=200 α=0,25

Comparaison avec les théories

$Z_1 = 0$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,78	-
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,32	-

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,64	0,73	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,82
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,67	0,61	0,53	0,49	0,40	0,39	0,33	0,19	

$Z_1 = 9$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,83	0,80
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,36	0,35

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,62	0,72	0,85	0,85	0,86	0,87	0,85	0,85	0,85
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,67	0,59	0,54	0,50	0,47	0,36	0,40	0,39	

$Z_1 = 35$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,89	0,85
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,53	0,52

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,70	0,80	0,86	0,86	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,67	0,57	0,57	0,52	0,53	0,53	0,51	0,55	

$Z_1 = 70$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,92	0,89
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,65	0,64

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,77	0,85	0,90	0,85	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,71	0,69	0,63	0,64	0,71	0,59	0,71	0,67	

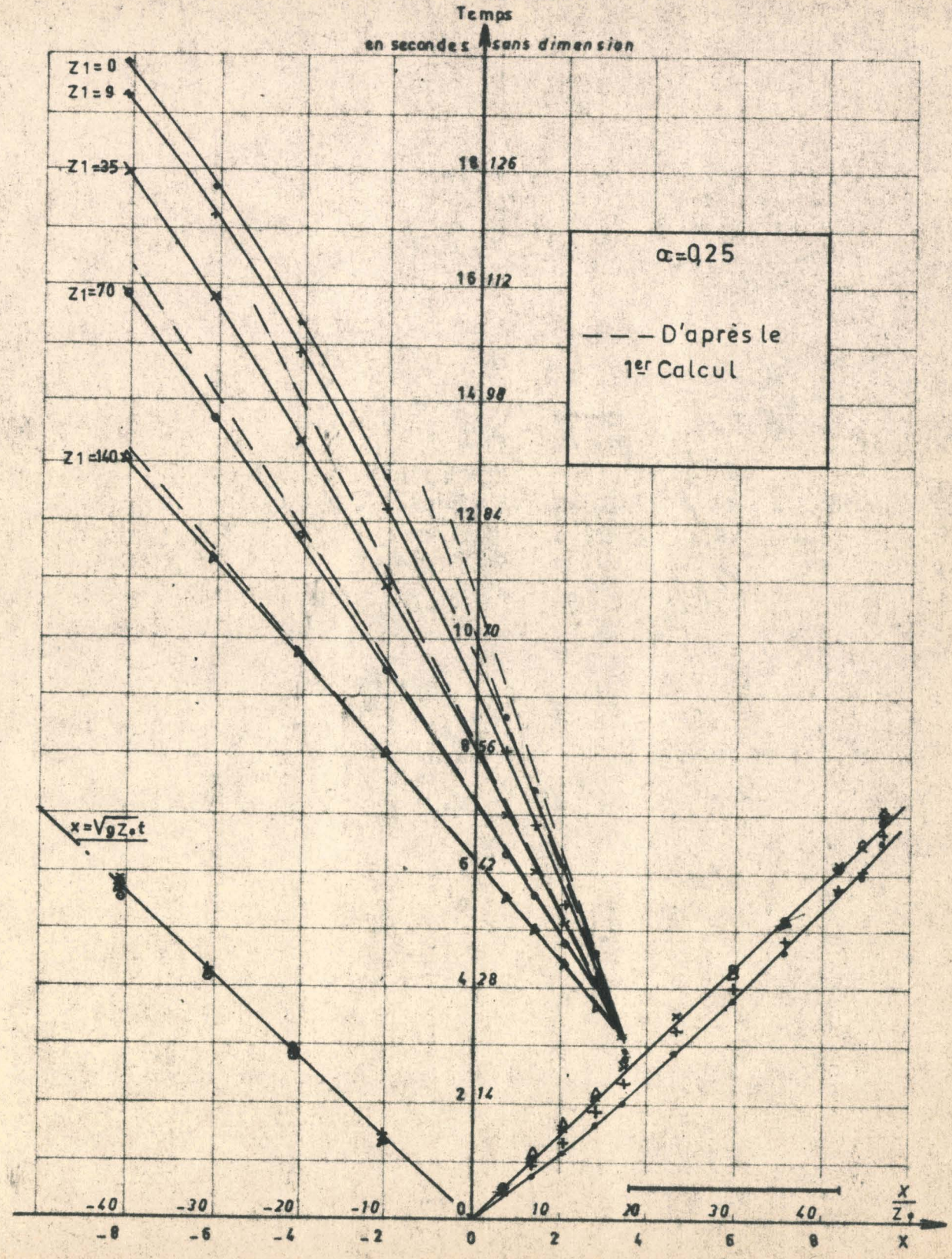
$Z_1 = 140$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3/Z_0	0,96	0,95
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,85	0,85

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z_3/Z_0	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95	0,98	0,95	0,95	0,95
$V_{32}/\sqrt{gZ_0}$	0,80	0,89	0,85	0,82	0,90	0,84	0,71	-	

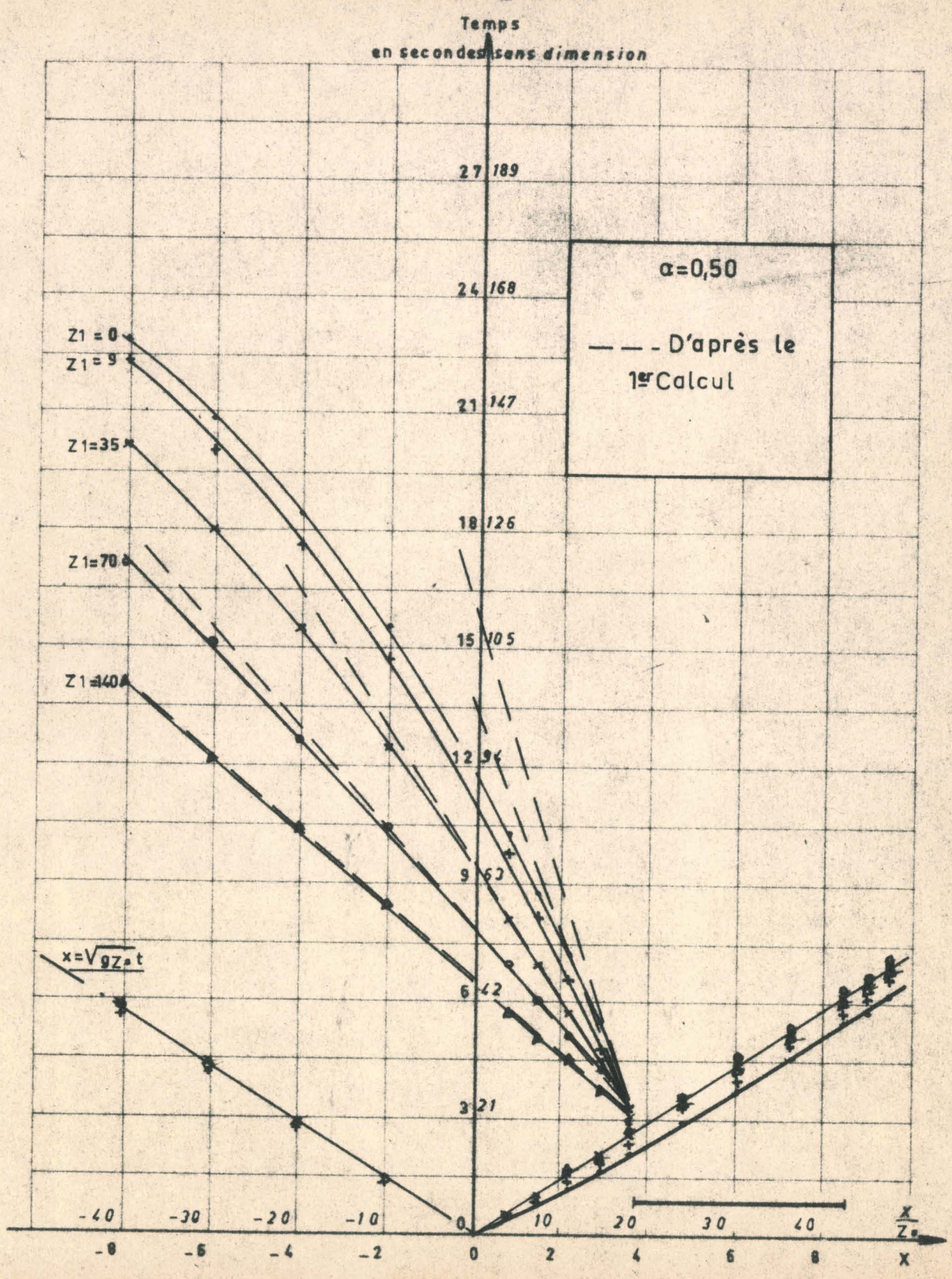
VERIFICATION EXPERIMENTALE

- CANAL 1 - $Z_0 = 200$ -



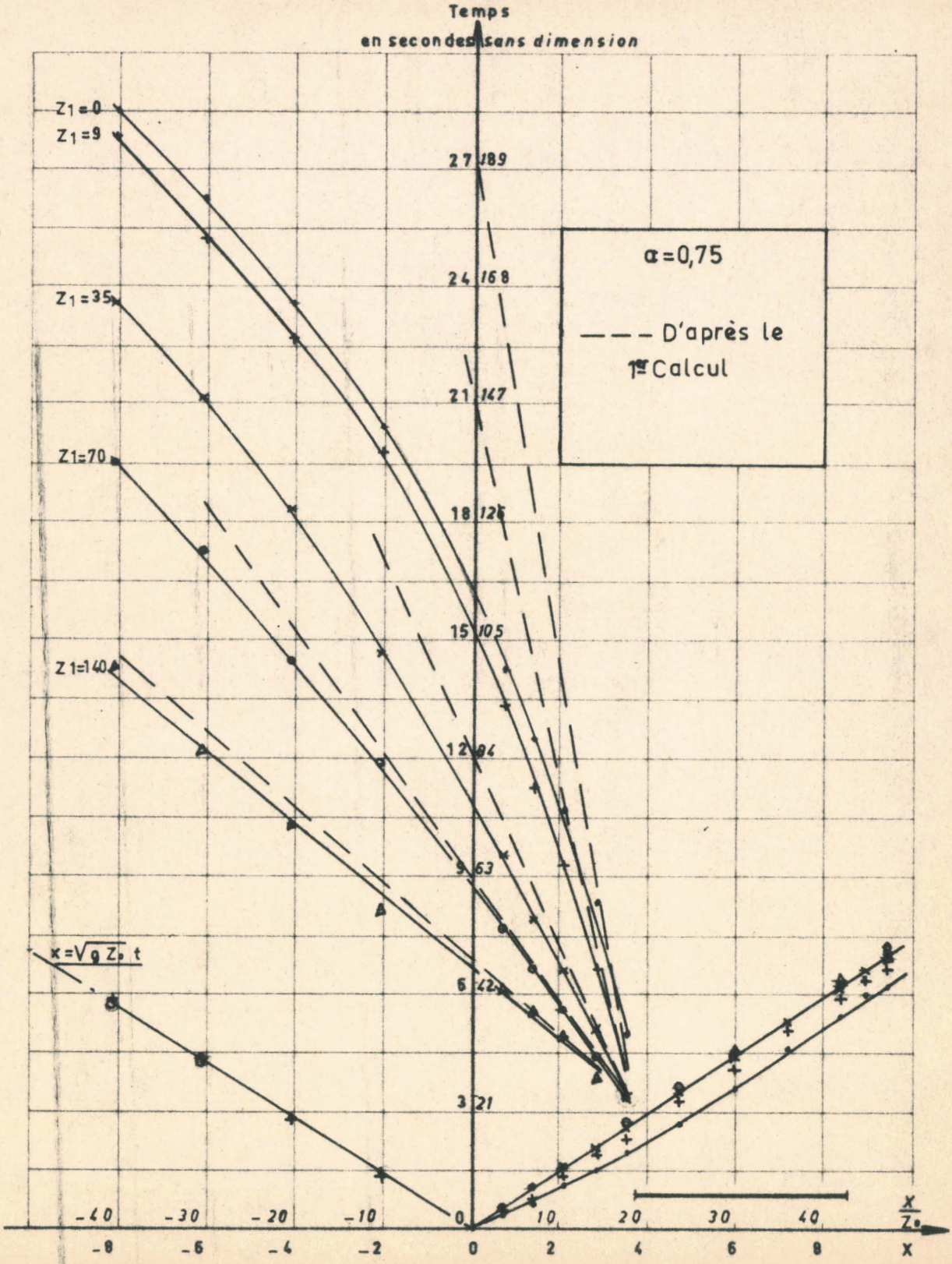
VERIFICATION EXPERIMENTALE

-CANAL 1- Z_0=200-



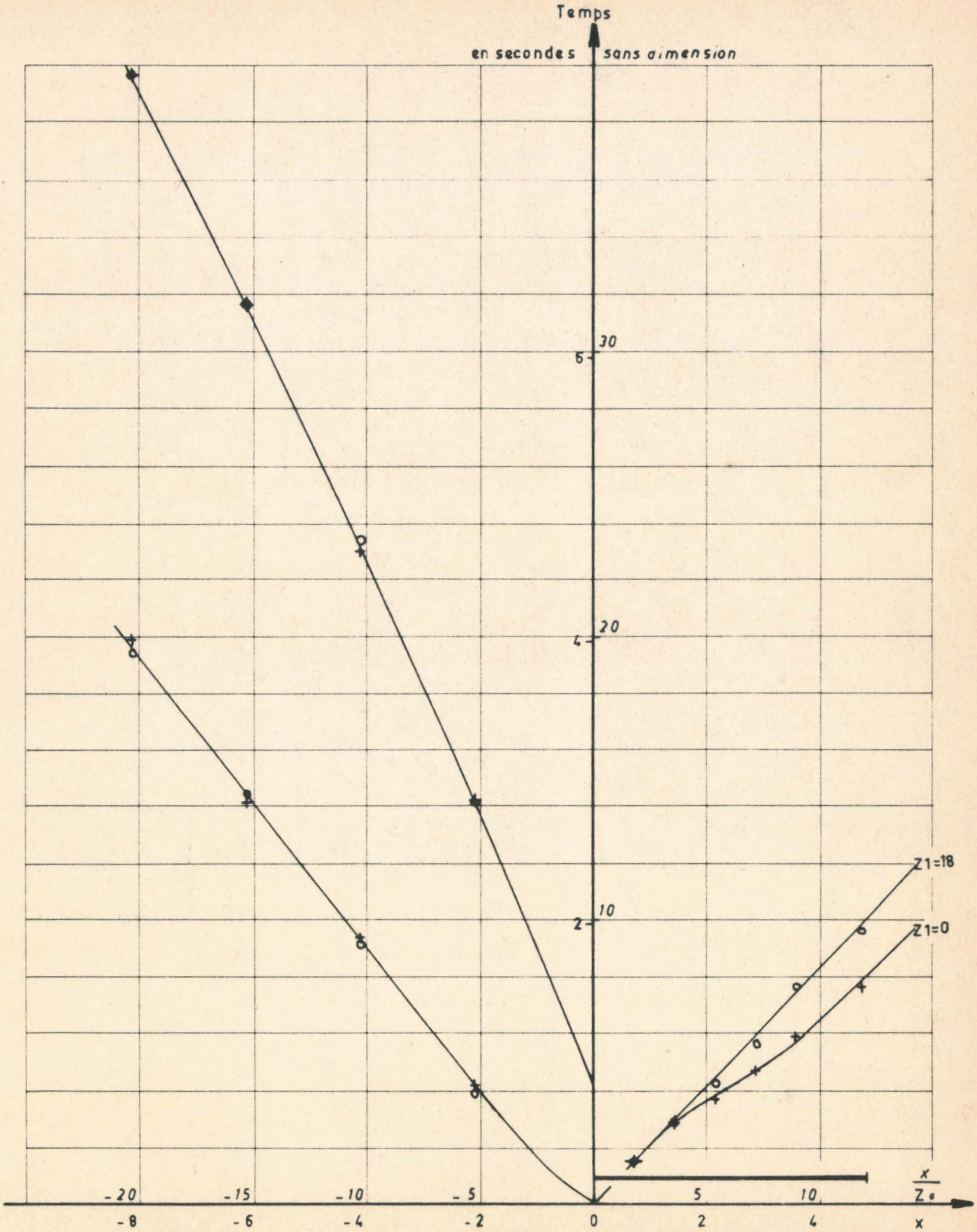
VERIFICATION EXPERIMENTALE

-CANAL 1- $Z_0 = 200$ -



PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

- CANAL 4 - $Z_0 = 400$ $\alpha = 0{,}50$



ONDES REFLECHIES

- CANAL 4 - $Z_o = 400$ $\alpha = 0{,}50$

Comparaison avec les théories

$Z_1 = 0$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3 / Z_o	0,80	—
$V_{32} / \sqrt{g} Z_o$	0,45	—

Sections	1	2	3	4
t. en Seconde	8,00	6,35	4,60	2,90
Z_3 / Z_o	0,80	0,82	0,82	0,80
$V_{32} / \sqrt{g} Z_o$	0,61	0,57		0,58

$Z_1 = 18$ $\beta = 0$

	1er Calcul	2e Calcul
Z_3 / Z_o	0,80	0,725
$V_{32} / \sqrt{g} Z_o$	0,45	0,64

Sections	1	2	3	4
t. en Seconde	8,00	6,35	4,70	2,85
Z_3 / Z_o	0,81	0,80	0,80	0,80
$V_{32} / \sqrt{g} Z_o$	0,61	0,60		0,55

Expériences	z_3/z_0 exp.	z_3/z_0 calculé	z_4/z_0 exp.	z_4/z_0 calculé	$v_{41}/\sqrt{g_{z0}}$ exp.	$v_{41}/\sqrt{g_{z0}}$ calculé
400 β_0 B 18	0,12	0,11	0,22	0,22	0,855	0,80
400 β_0 B 18	0,12	0,11	0,22	0,22	0,835	0,80
400 β_0 B 70	0,12	0,105	0,375	0,37	0,76	0,755

Tableau 3.8a - Elargissement en aval du barrage. Comparaison des valeurs expérimentales et théoriques des hauteurs réduites z_3/z_0 et z_4/z_0 et de la célérité réduite $v_{41}/\sqrt{g_{z0}}$

Expériences	z_5/z_0 exp.	z_5/z_0 calculé	$v_{54}/\sqrt{g_{z0}}$ exp.	$v_{54}/\sqrt{g_{z0}}$ calculé
400 β_0 B 18	0,51	0,485	0,25	0,18
400 β_0 B 18 R	0,50	0,485	0,18	0,18
400 β_0 B 70	0,53	0,535	0,335	0,35
400 β_0 B 70 R	0,505	0,535	0,40	0,35
400 β_0 B 140	0,61	0,625	0,515	0,51

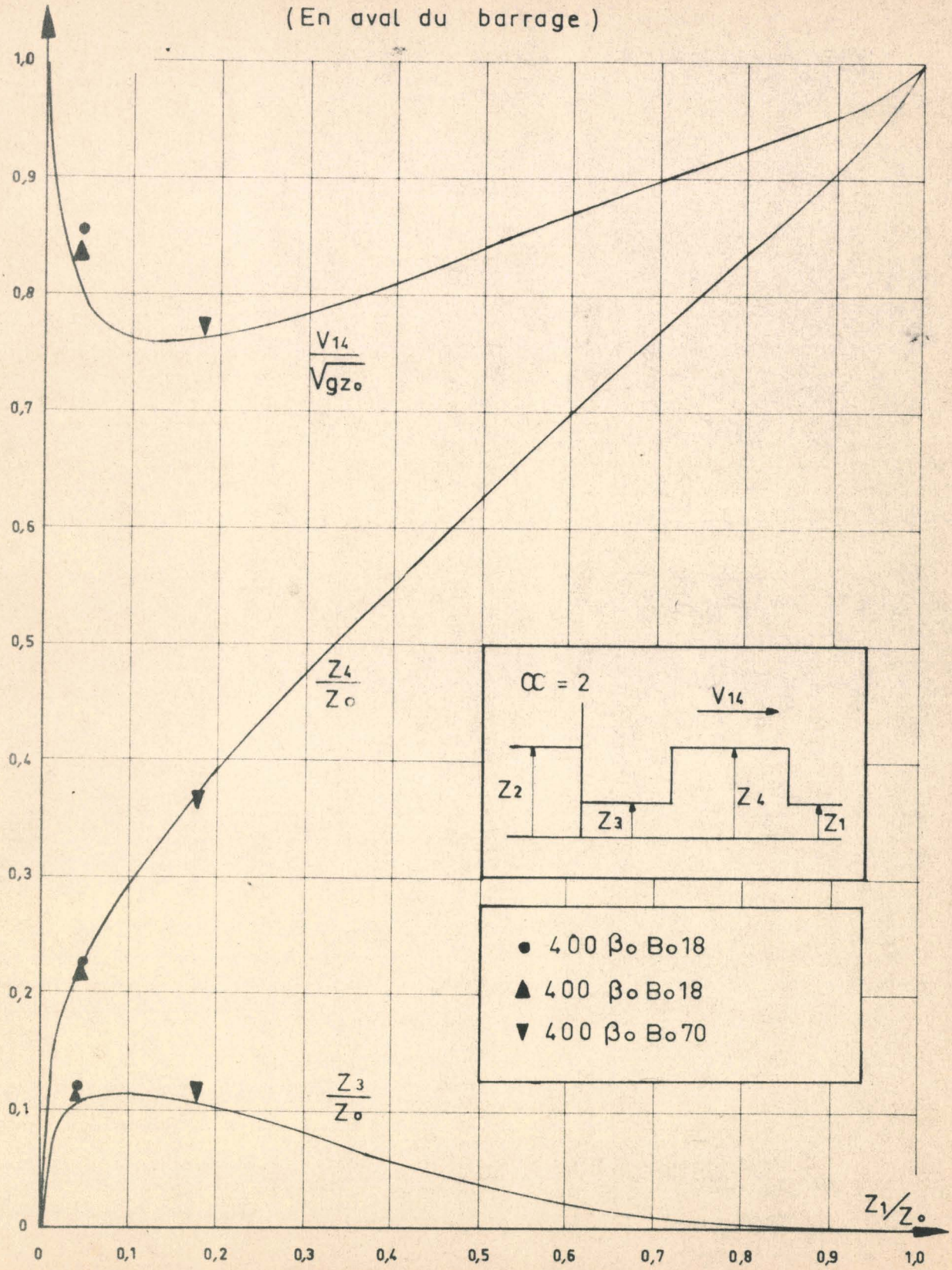
Tableau 3.10a - Bassin - Comparaison des valeurs expérimentales et théoriques de la hauteur réduite z_5/z_0 et de la célérité réduite $v_{54}/\sqrt{g_{z0}}$ de l'onde réfléchie.

Expériences	z_3/z_0 calculé	z_3/z_0 exp.	z_4/z_0 calculé	z_4/z_0 exp.	$V_{41}/\sqrt{g_{z0}}$ calculé	$V_{41}/\sqrt{g_{z0}}$ exp.
400 β_0 18		0,10		0,16		0,89
400 β_0 B 18	0,11	-	0,22		0,80	
400 β_0 B 18 R		-		0,22		0,87
400 β_0 70		0,05		0,39		0,80
400 β_0 B 70	0,10	0,08	0,375	0,39	0,755	0,825
400 β_0 B 70 R		0,05		0,34		0,80
400 β_0 140	-	-		0,49		0,825
400 β_0 B 140	-	-	0,51	0,52	0,795	0,80

Tableau 3.9a - Elargissement au droit du barrage. Comparaison des valeurs expérimentales et théoriques des hauteurs réduites z_3/z_0 et z_4/z_0 et de la célérité réduite $V_{41}/\sqrt{g_{z0}}$

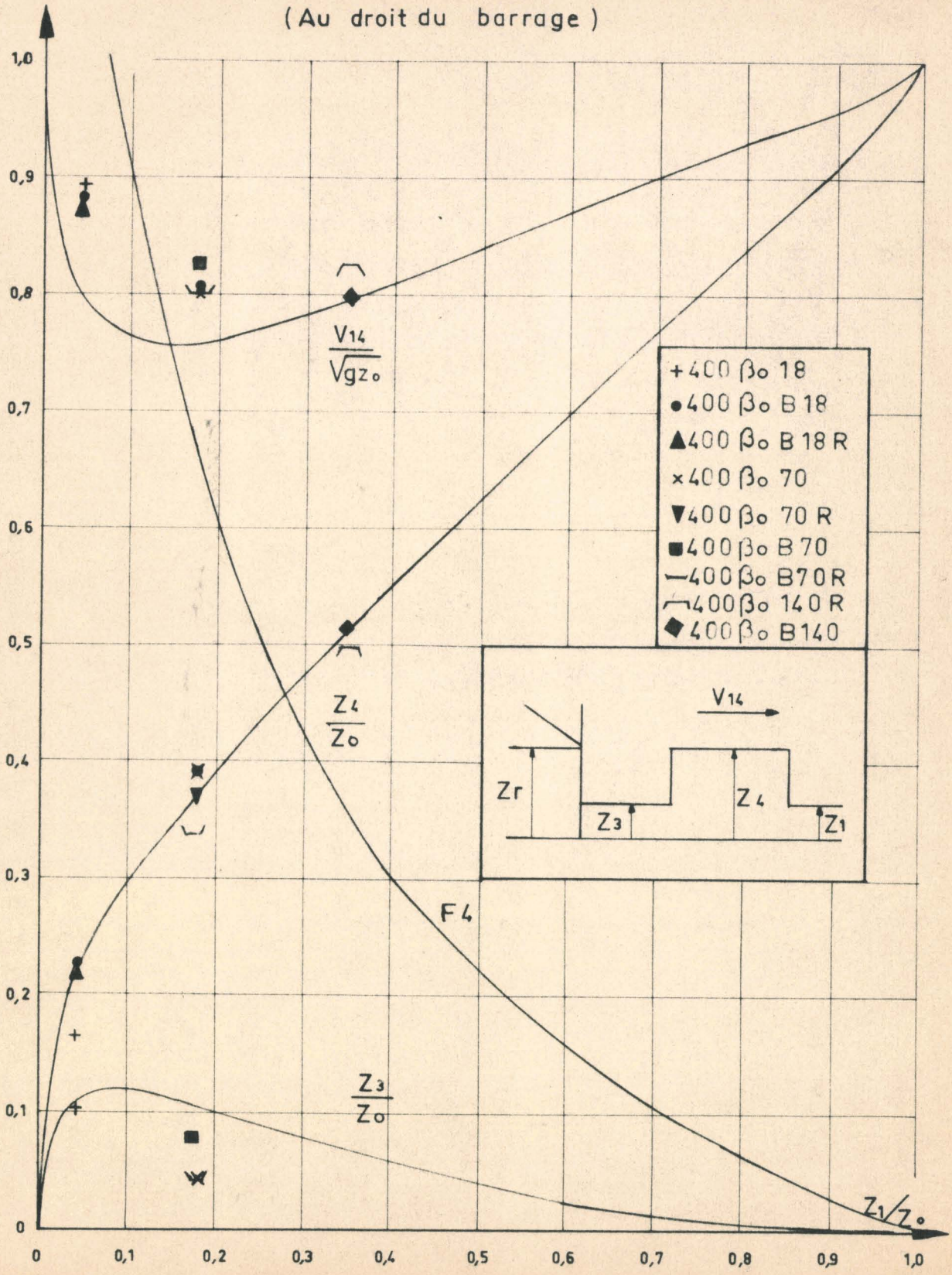
- ELARGISSEMENT -

(En aval du barrage)

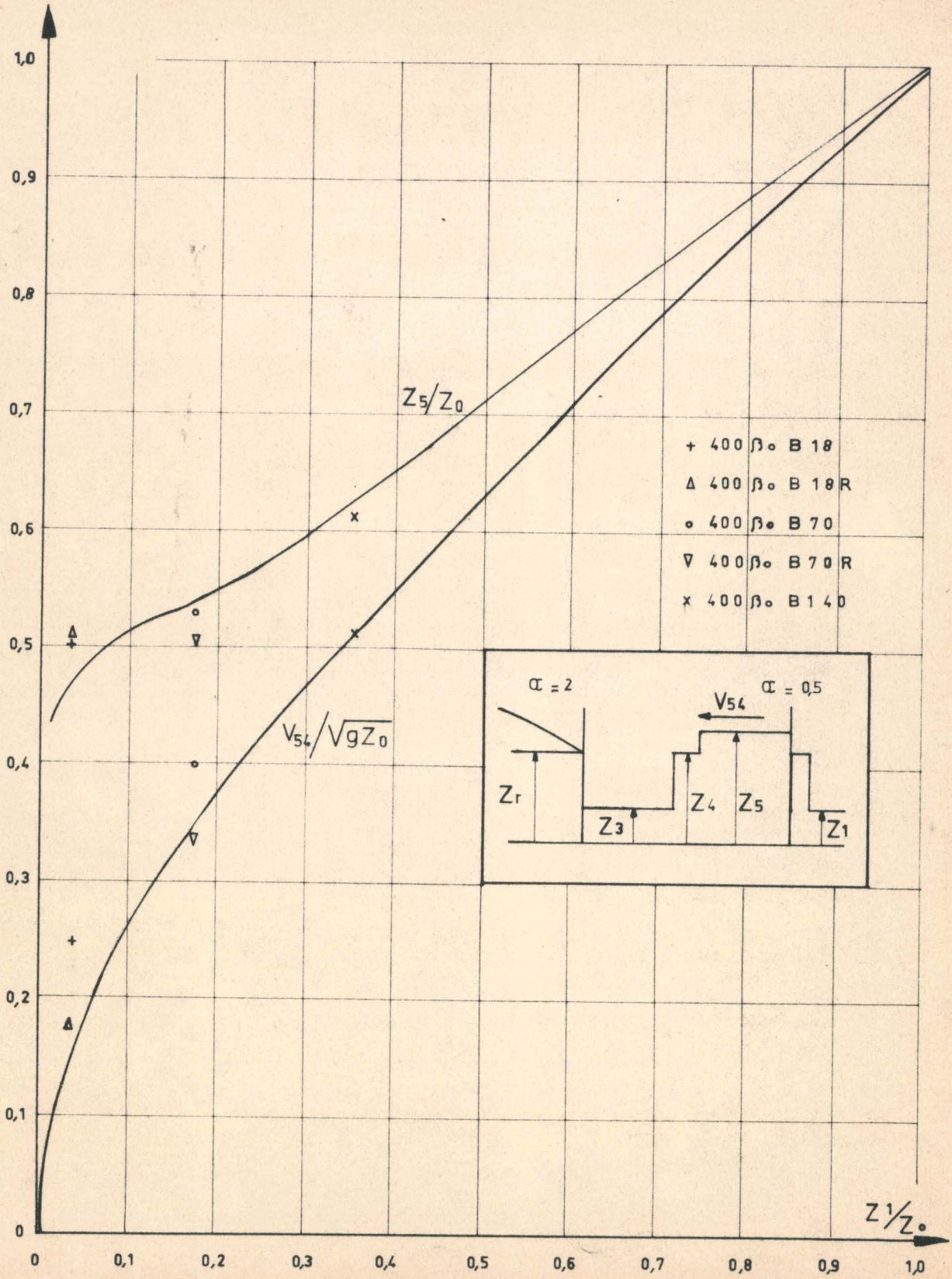


- ELARGISSEMENT -

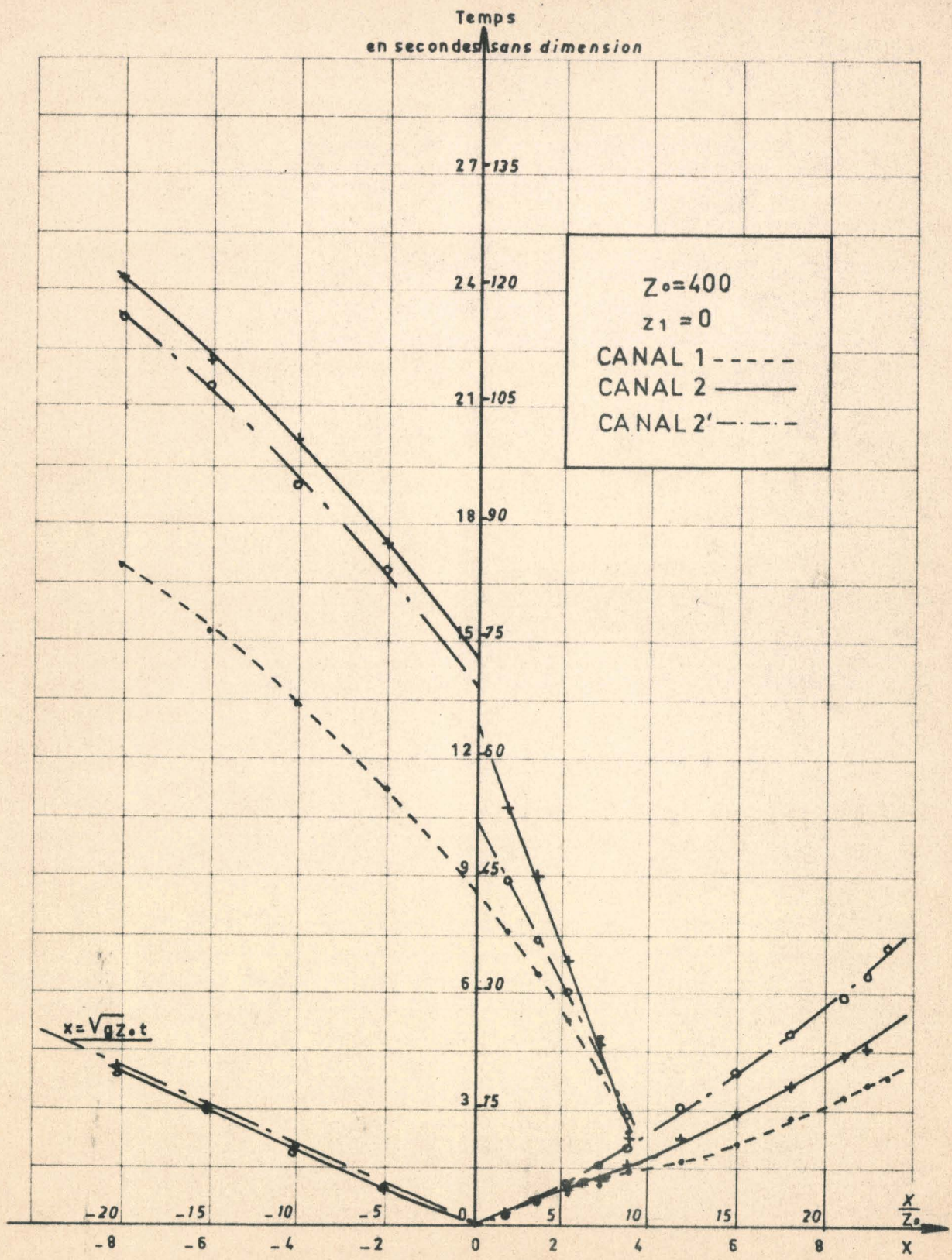
(Au droit du barrage)



- BASSIN -

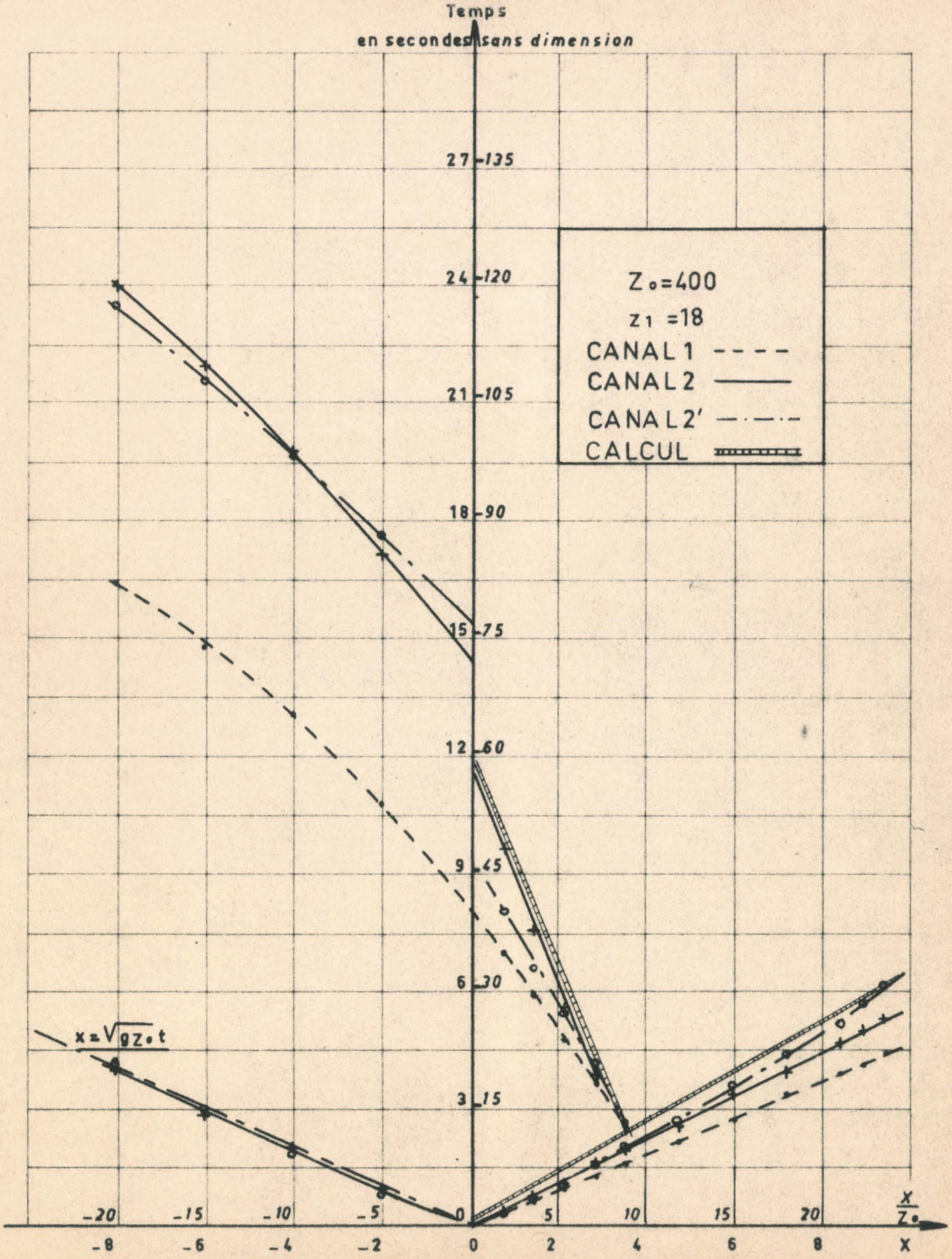

1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
Z5/Z0
V54/√gZ0
Z1/Z0
+ 400 β0 B 18
Δ 400 β0 B 18 R
∘ 400 β0 B 70
∇ 400 β0 B 70 R
× 400 β0 B 140
α = 2
α = 0,5
V54
Zr
Z3
Z4
Z5
Z1

PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE



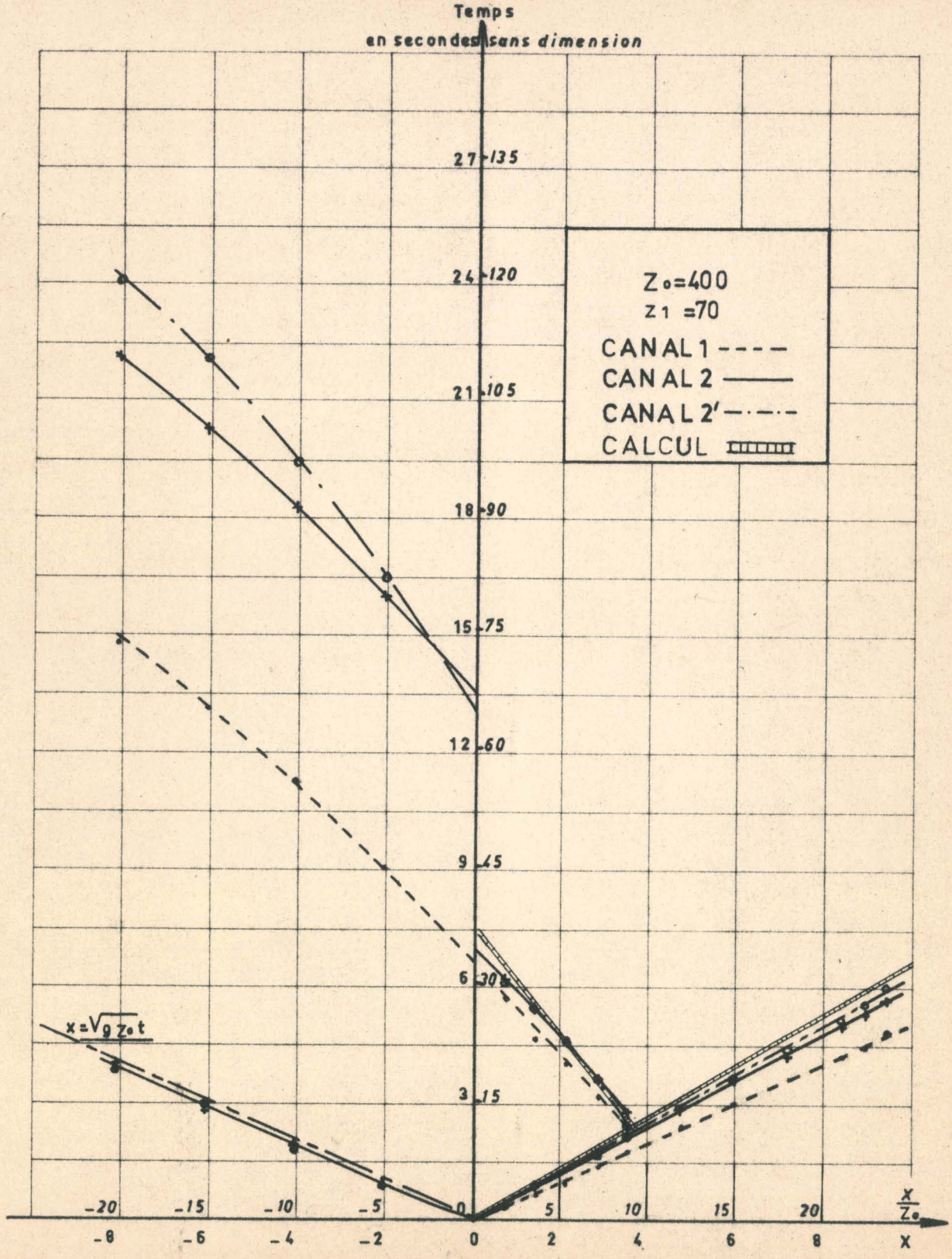
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

Vérification expérimentale pour le canal 2



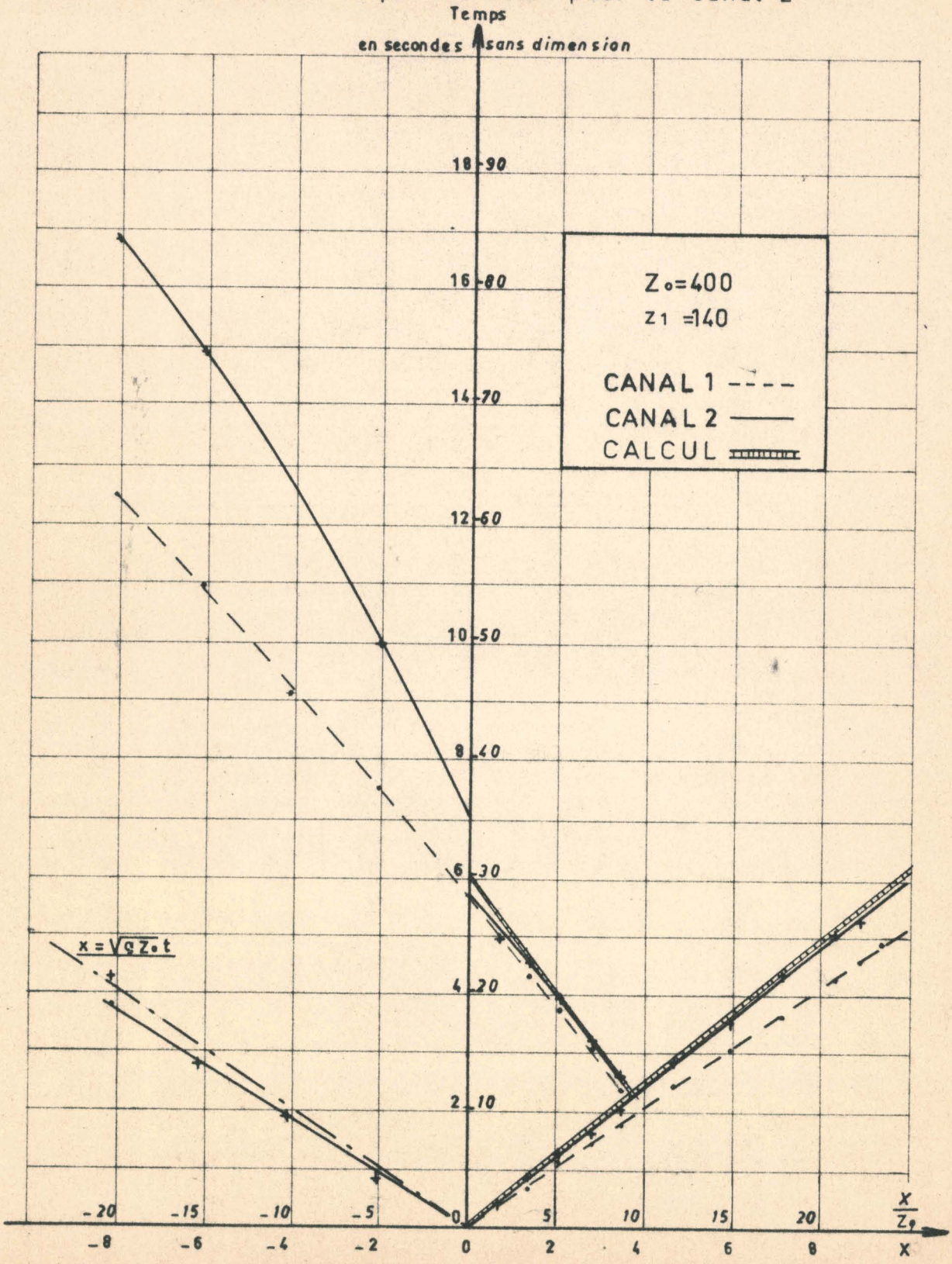
PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

Vérification expérimentale pour le canal 2



PROPAGATION DES FRONTS D'ONDE

Vèrification expèrimentale pour le canal 2



ONDES REFLECHIES

- CANAL 2 - Z_0=400 α=0,50

$Z_1 = 0$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	24,2	22,15	20,1	17,5	10,70	9,00	6,80	4,75	2,30
$t\sqrt{g/z_0}$	119,5	109,7	99,5	86,6	53,0	44,5	33,7	23,5	11,40
$\frac{z_s}{Z_0}$	0,34	0,34	0,38	0,40	0,46	0,55	0,55	0,56	0,53

$Z_1 = 18$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	24,0	22,0	19,75	17,15	9,70	7,60	5,60	3,90	-
$t\sqrt{g/z_0}$	119,0	109,0	97,7	85,0	48,0	37,60	27,70	19,30	-
$\frac{z_s}{Z_0}$	0,45	0,36	0,38	0,41	0,52	0,51	0,50	0,50	0,50

$Z_1 = 70$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	22,10	20,25	18,25	16,0	6,20	5,45	4,60	3,70	2,80
$t\sqrt{g/z_0}$	109,5	100,6	90,5	79,2	30,7	27,0	22,8	18,3	13,8
$\frac{z_s}{Z_0}$	0,36	0,42	0,43	0,45	0,55	0,55	0,55	0,55	0,57

$Z_1 = 140$, $\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	16,8	14,9	-	10,0	5,0	4,55	3,95	3,25	2,65
$t\sqrt{g/z_0}$	83,0	73,7	-	49,5	24,8	22,5	19,5	16,10	12,6
$\frac{z_s}{Z_0}$	0,40	0,42	-	0,60	0,65	0,63	0,62	0,60	0,60

ONDES REFLECHIES

- CANAL 1' - $Z_0 = 400$ $\alpha = 0{,}50$

$Z_1 = 0$
$\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	16,20	14,65	12,85	10,80	7,40	6,35	5,05	4,05	
$t\sqrt{g/z_0}$	80,20	72,50	63,50	53,50	36,70	31,40	25,00	20,04	-
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,55	0,58	0,65	0,72	0,80	0,80	0,80	0,78	0,78

$Z_1 = 70$
$\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	14,40	12,75	10,90	8,90	5,77	5,05	4,15	3,25	2,30
$t\sqrt{g/z_0}$	71,30	63,00	54,00	44,00	28,60	25,00	20,60	16,10	11,40
$\frac{z_3}{Z_0}$	0,58	0,65	0,72	0,77	0,80	0,80	0,78	0,78	0,78

- CANAL 2' - $Z_0 = 400$ $\alpha = 0{,}50$

$Z_1 = 0$
$\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t. sec.	23,40	21,50	19,50	16,80	8,90	7,40	6,00	4,82	2,95
$t\sqrt{g/z_0}$	116,00	106,50	96,50	83,00	44,10	36,70	29,70	23,90	14,60
$\frac{z_5}{Z_0}$	0,36	0,40	0,42	0,43	0,45	0,50	0,47	0,50	0,50

$Z_1 = 18$
$\beta = 0$

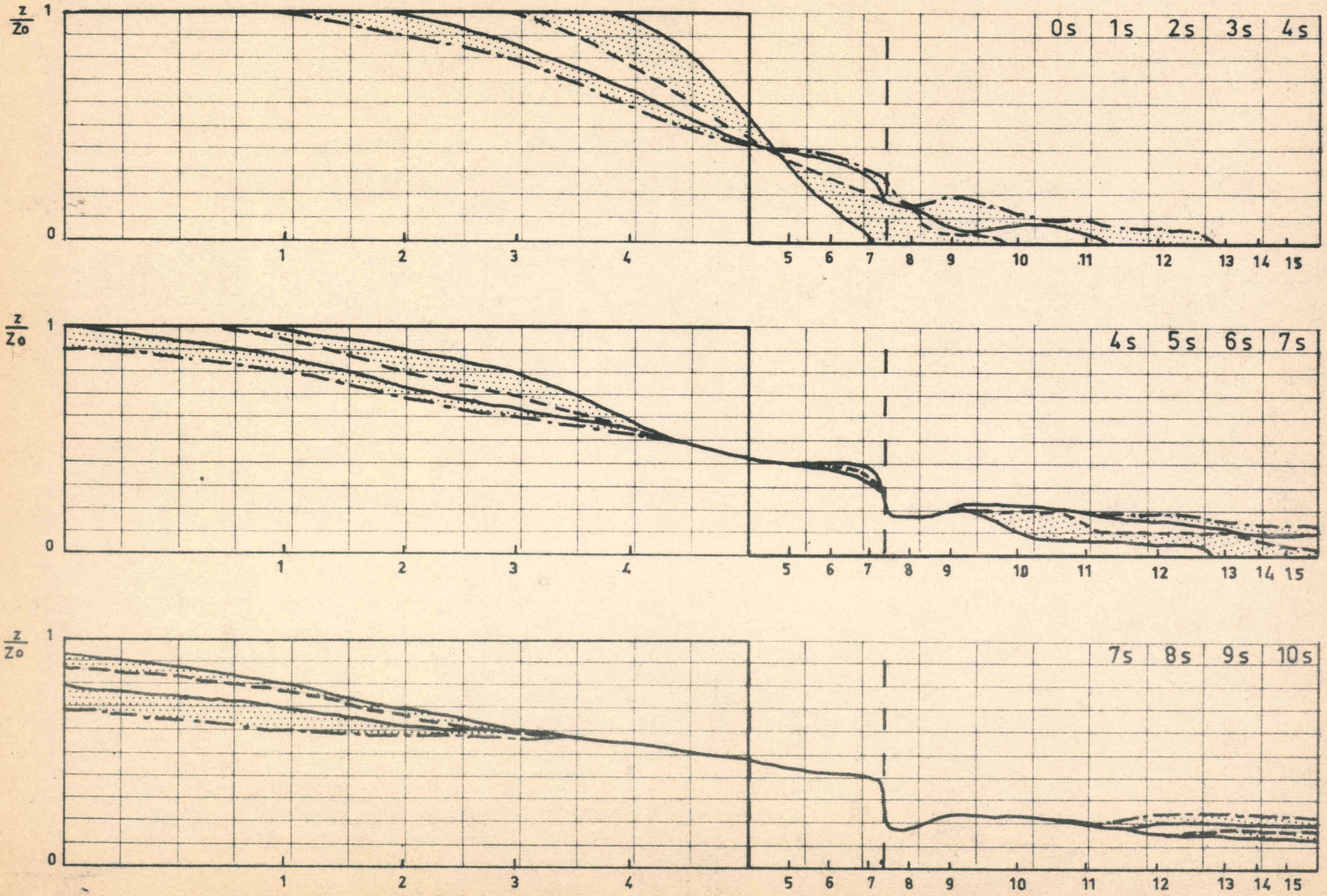
Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	23,50	21,60	19,70	17,70	8,10	6,70	5,46	4,20	2,70
$t\sqrt{g/z_0}$	108,00	103,30	97,70	87,60	40,02	33,20	27,00	20,80	13,40
$\frac{z_5}{Z_0}$	0,40	0,47	0,44	0,43	0,45	0,45	0,45	0,45	0,47

$Z_1 = 70$
$\beta = 0$

Sections	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t.sec.	24,10	22,00	19,40	16,50	6,10	5,45	4,55	3,65	2,35
$t\sqrt{g/z_0}$	119,30	109,00	96,00	81,70	30,20	27,00	22,50	18,10	11,65
$\frac{z_5}{Z_0}$	0,43	0,45	0,47	0,47	0,55	0,50	0,50	0,50	0,55

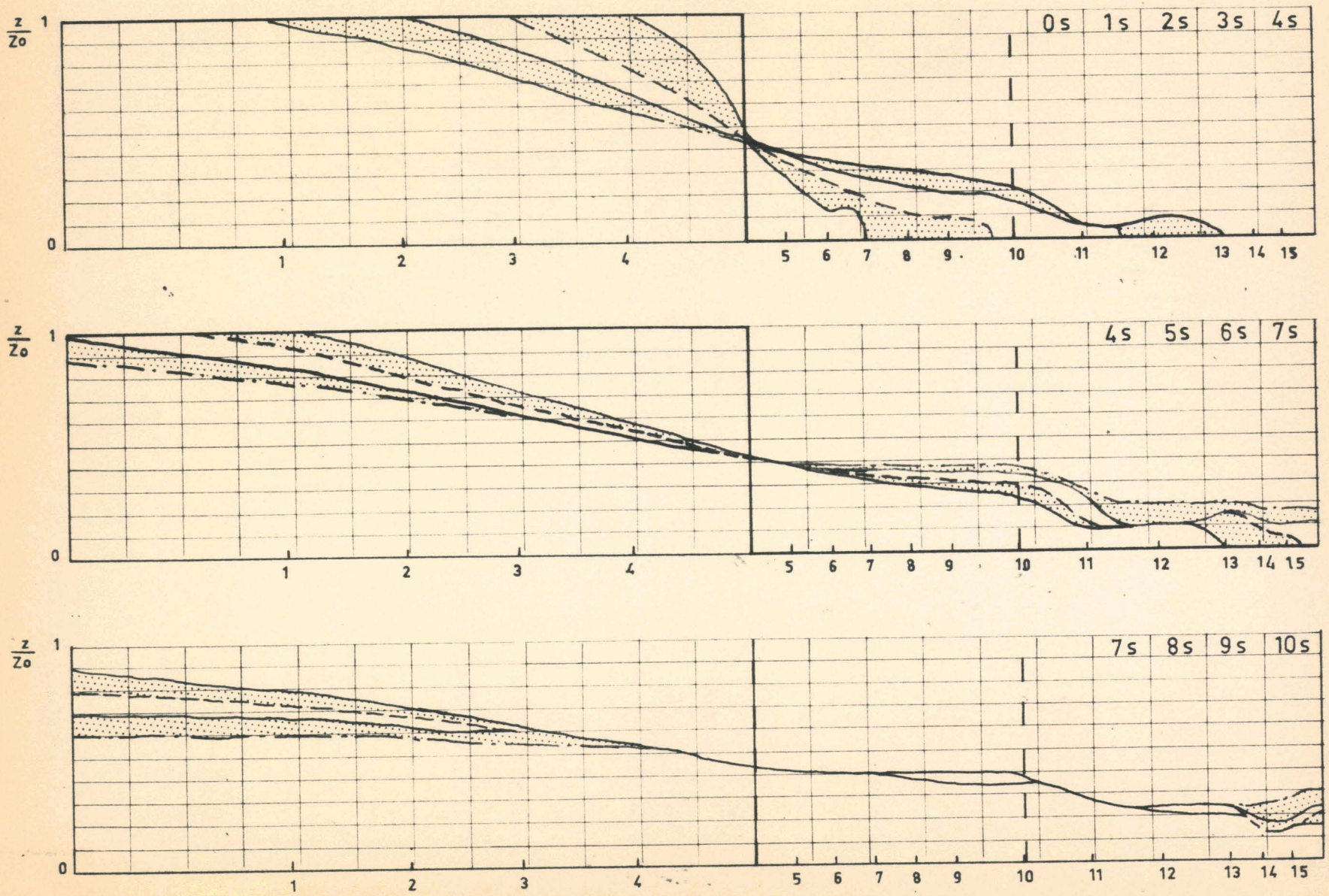
LIGNES D'EAU EN FONCTION DU TEMPS

EXPERIENCE 400 $\beta_0 B_0 0$ D=2.40m



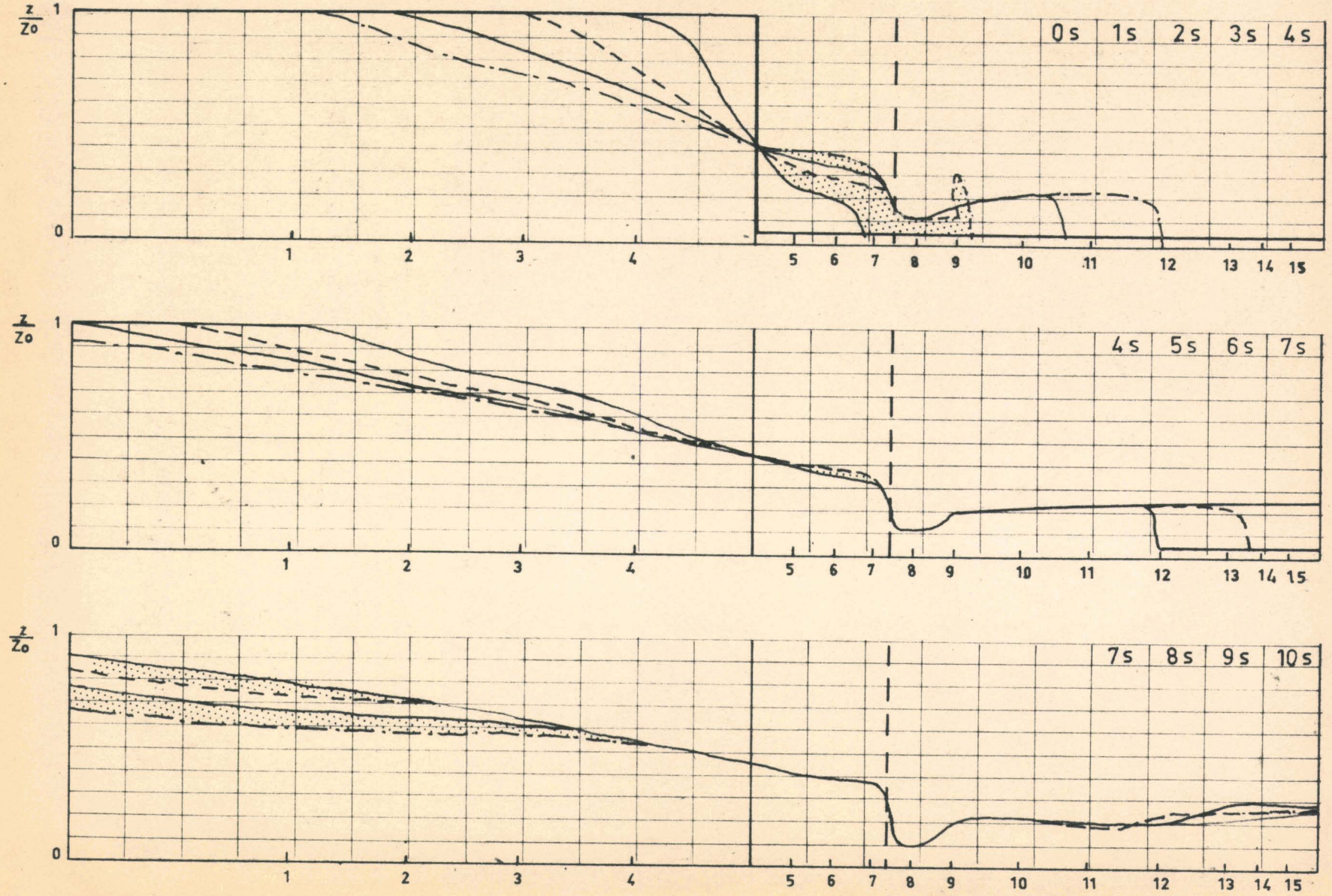
LIGNES D'EAU EN FONCTION DU TEMPS

EXPERIENCE 400 $\beta_0 B_0 0$ D=4.80m



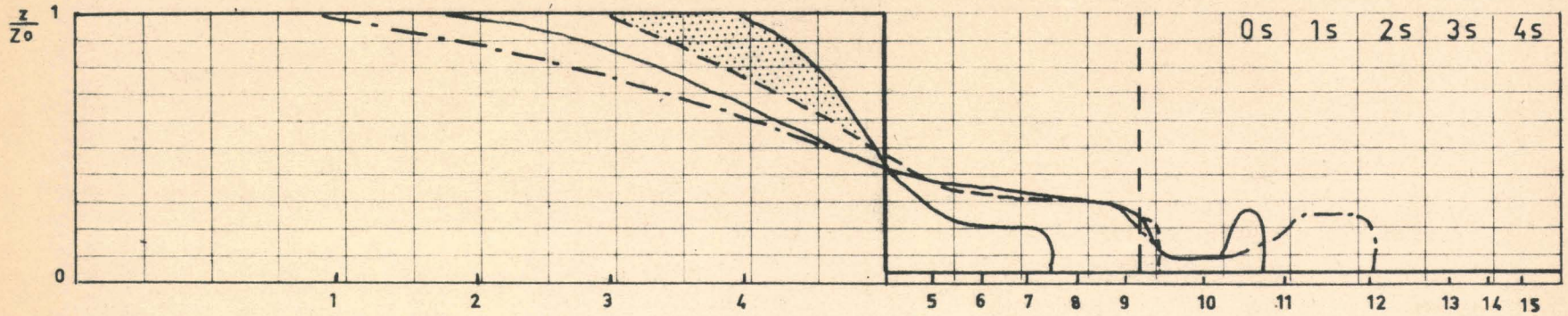
LIGNES D'EAU EN FONCTION DU TEMPS

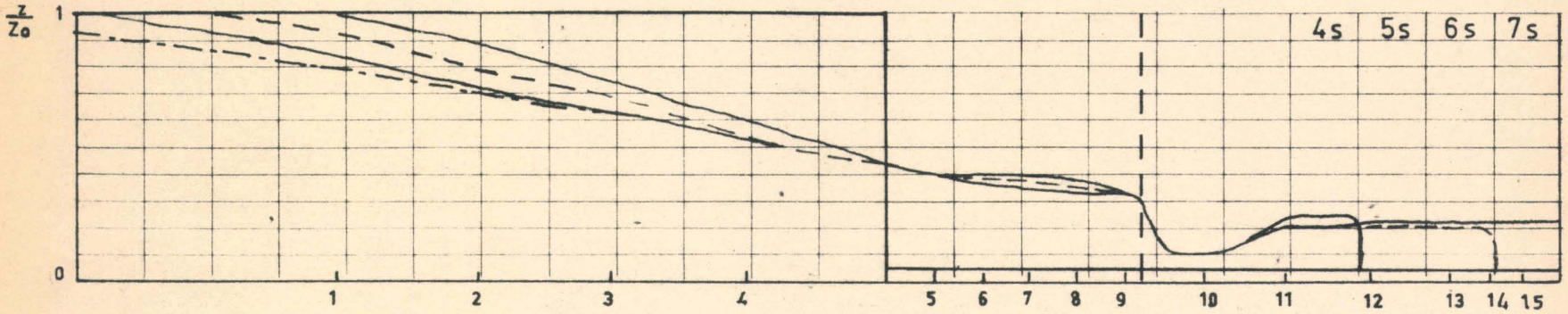
EXPERIENCE 400 β_0 B o 18 D=2.40

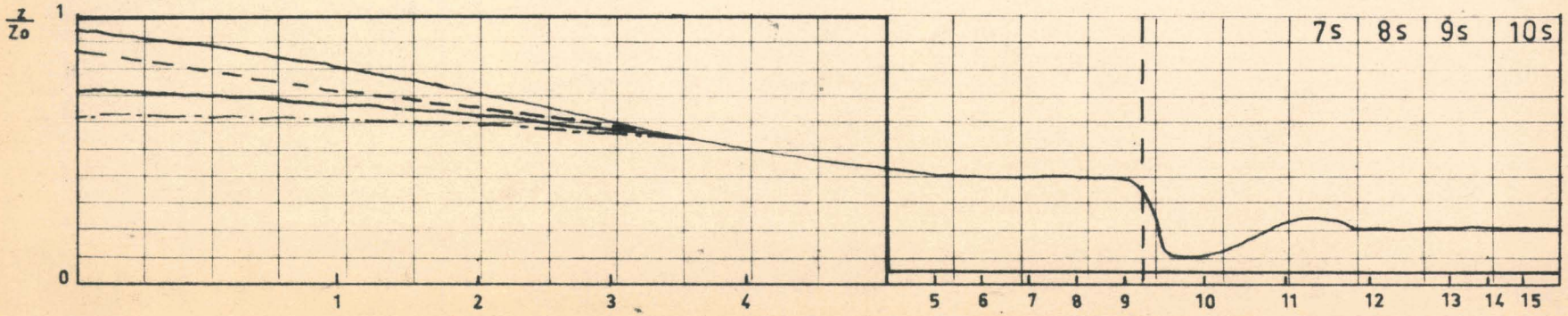


LIGNES D'EAU EN FONCTION DU TEMPS

EXPERIENCE 400 $\beta_0 B_0$ 18 D = 4.80 m

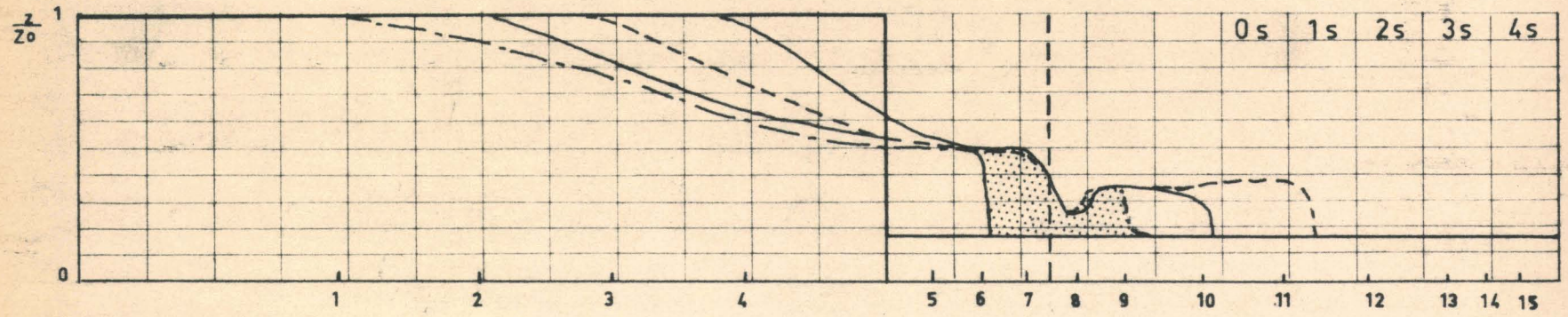


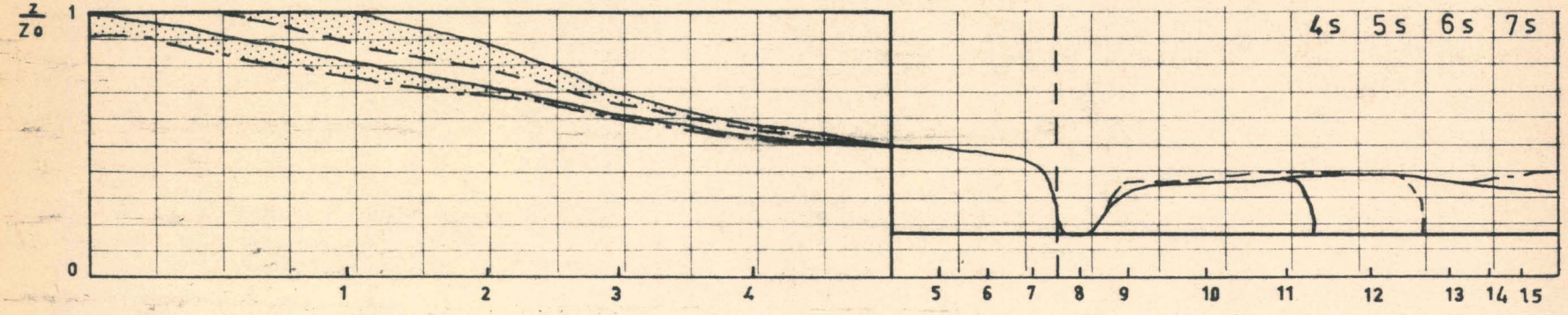


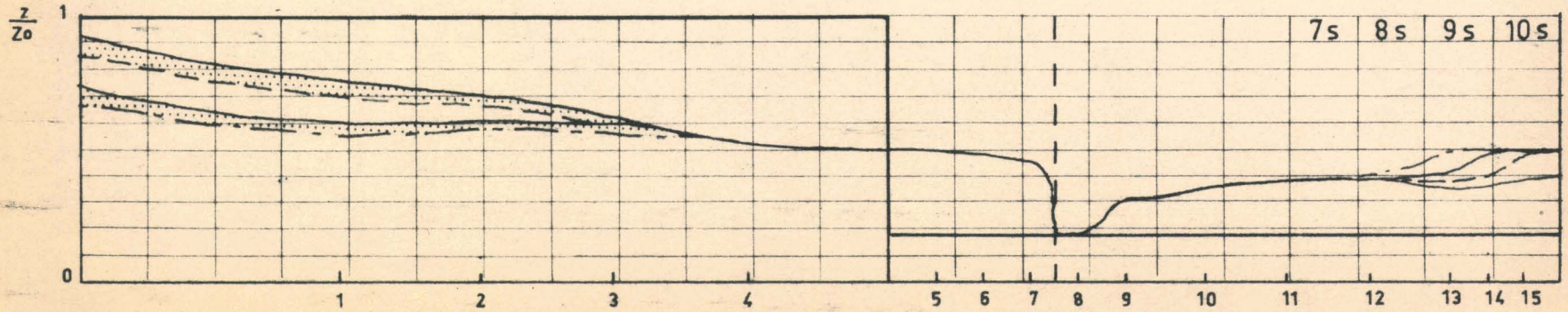


LIGNES D'EAU EN FONCTION DU TEMPS

EXPERIENCE 400 β_0 Bo70 D = 2.40 m

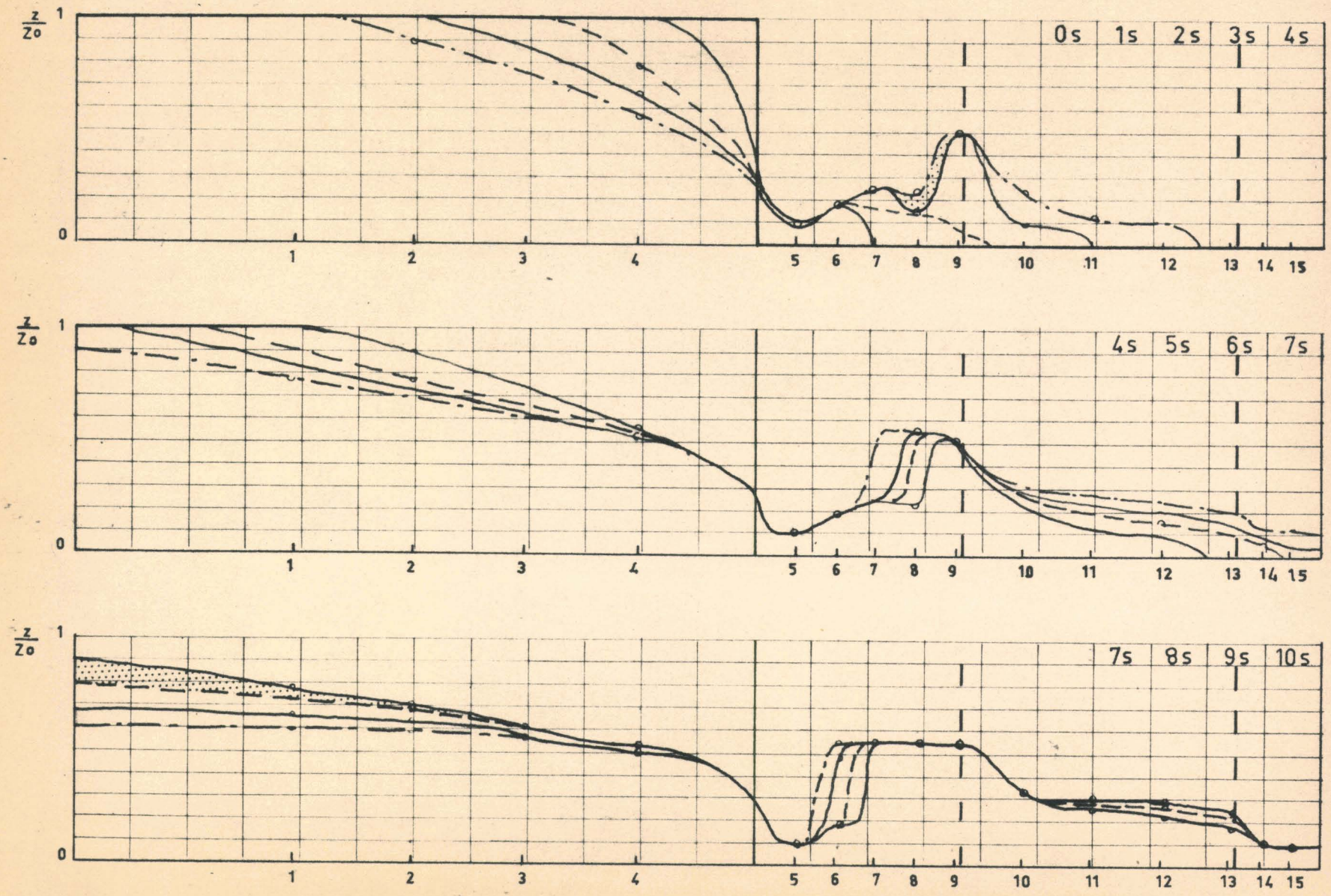






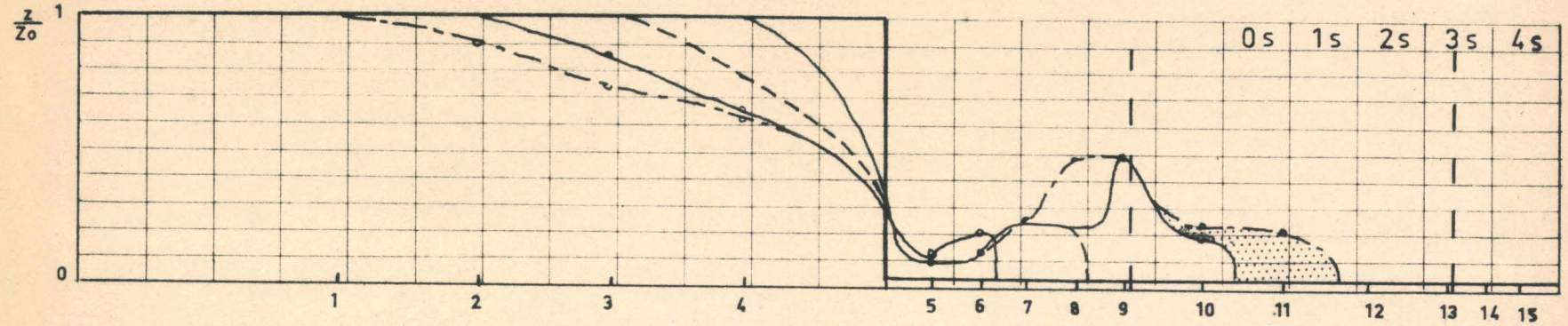
LIGNES D'EAU EN FONCTION DU TEMPS

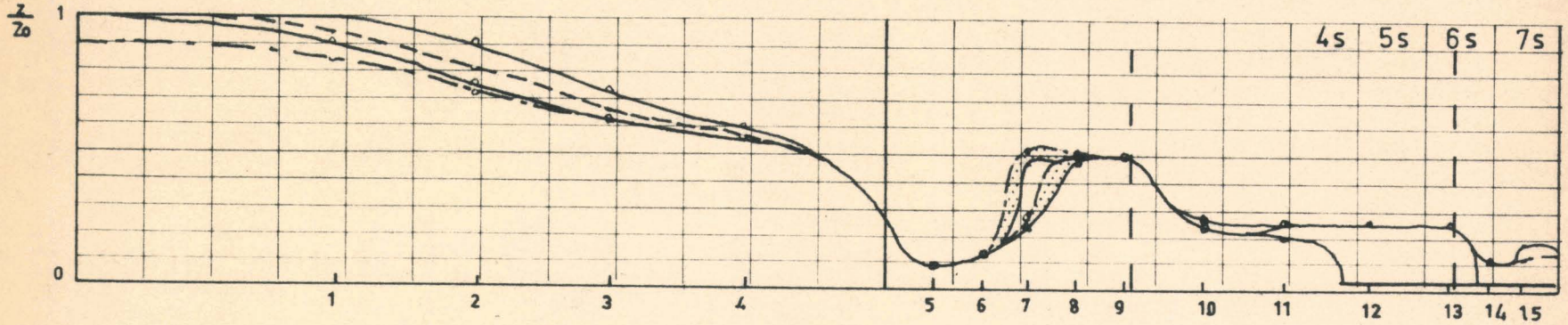
EXPERIENCE 400 β_0 B 0

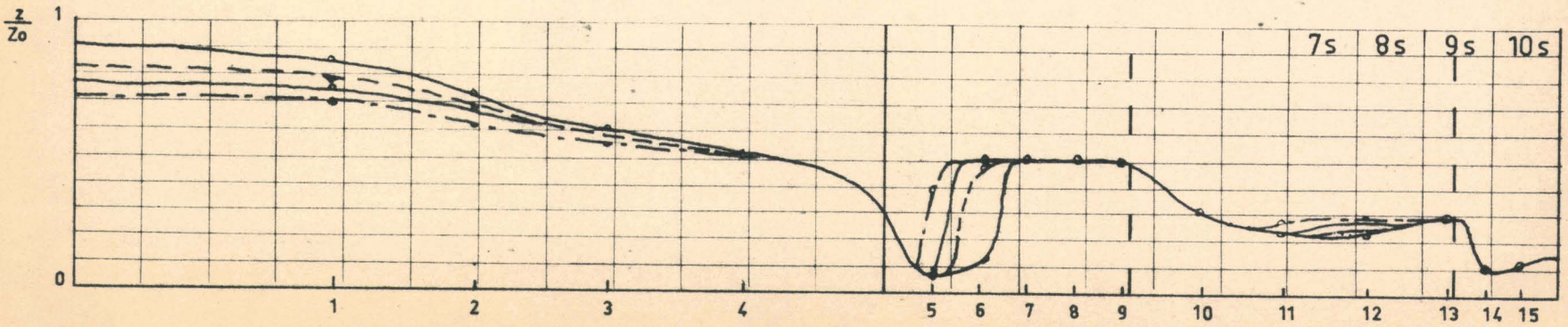


LIGNES D'EAU EN FONCTION DU TEMPS

EXPERIENCE 400 β_0B18



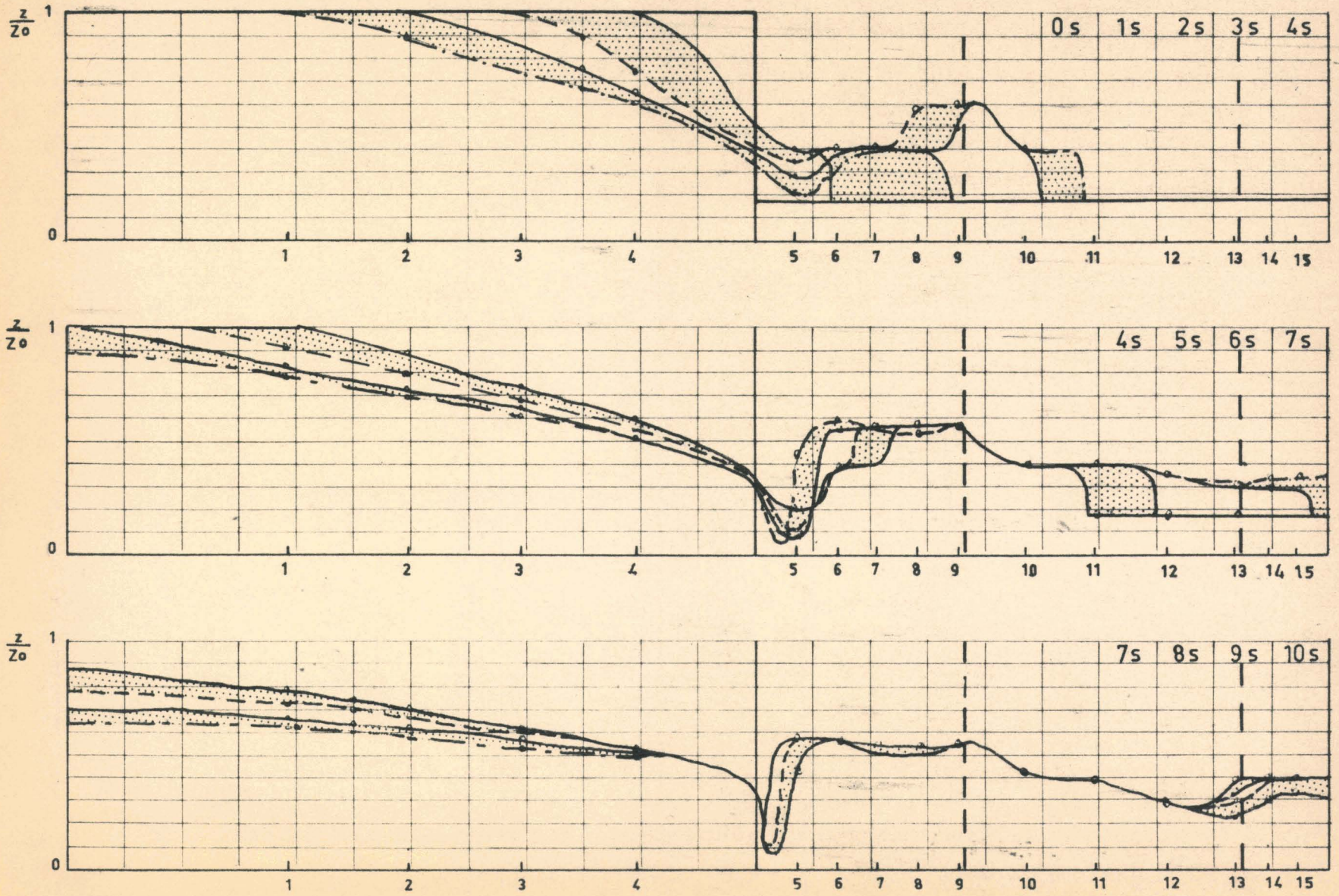




PL. 90

LIGNES D'EAU EN FONCTION DU TEMPS

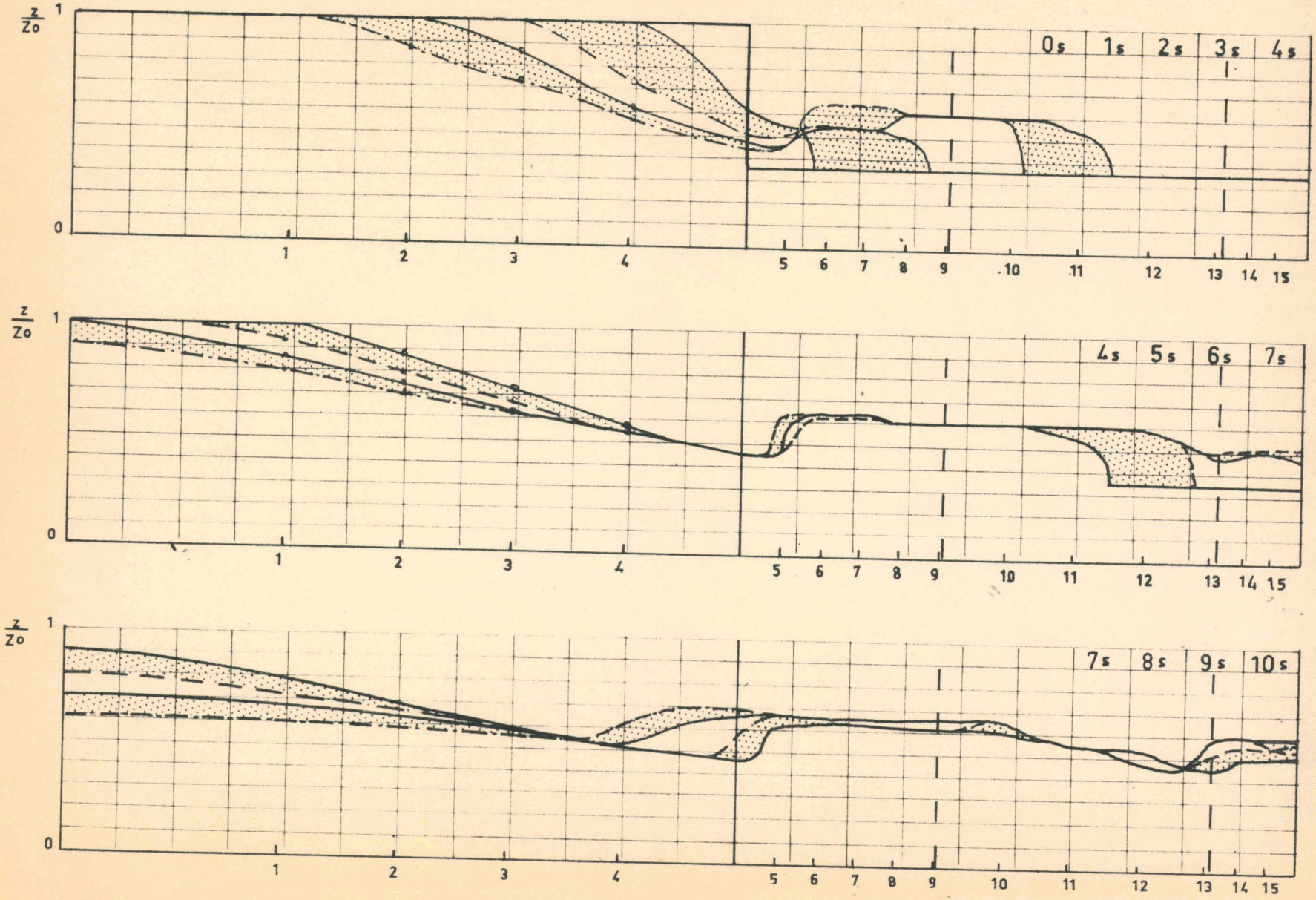
EXPERIENCE 400 ßoB70



PL. 91

LIGNES D'EAU EN FONCTION DU TEMPS

EXPERIENCE 400 ßoB 140



MESURE DE DEBITS AU BARRAGE

I - ELARGISSEMENT

Expérience 400 Bo Bo 0 - D = 2,4 m											
Temps	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	
Débit l/s	39,4	58,4	49	54	51,4	51,4	56	32,7	42	58,4	49,3

Expérience 400 Bo Bo 0 - D = 4,8 m											
Temps	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	
Débit l/s	42	58,4	54	46,7	54	56	51,4	54	60,7	65,4	54,2

Expérience 400 Bo Bo 18 - D = 2,4 m											
Temps	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	
Débit l/s	58,4	65,4	51,4	51,4	60,7	46,7	39,4	39,4	60,7	70	54,3

Expérience 400 Bo Bo 18 - D = 4,8 m											
Temps	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	
Débit l/s	56	54	49	58,4	56	46,7	30,7	67,7	56	49	51,7

../..

Expérience 400 Bo Bo 70 - D = 2,4 m											
Temps	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	
Débit l/s	49	54	49	49	51,4	37,4	46,7	46,7	58,4	46,7	48,8

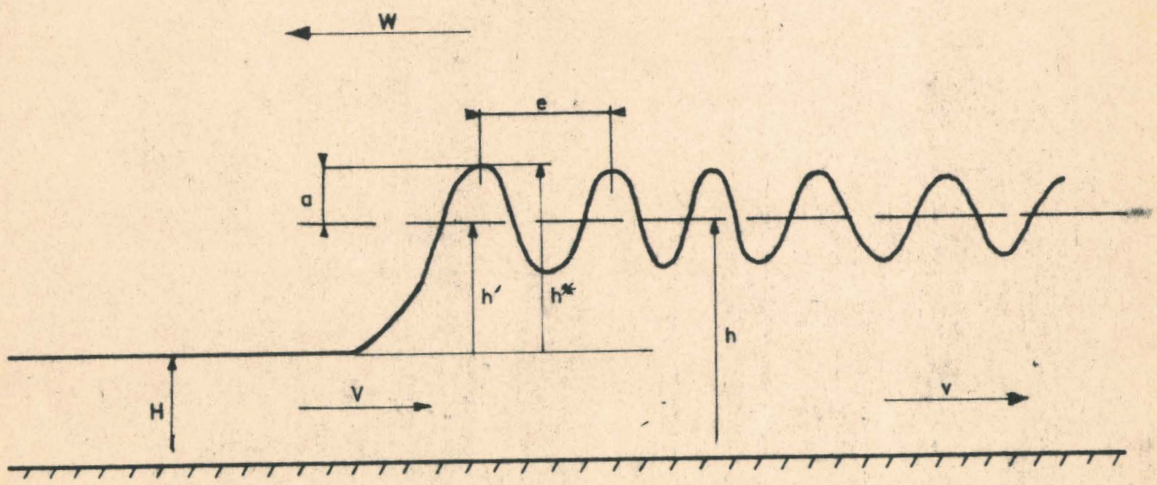
II - BASSIN

Expérience 400 Bo BO											
Temps	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	
Débit l/s	27,5	47,5	62,5	55	55	45	50	50	52,5	47,5	49,25

Expérience 400 Bo B 18											
Temps	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	
Débit l/s	42,5	52,5	52,5	45	45	50	32,5	42,5	40	37,5	44

Expérience 400 Bo B 70											
Temps	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	
Débit l/s	45	85	70	65	60	55	42,5	52,5	57,5	50	58,25

Expérience 400 Bo B 140											
Temps	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	
Débit l/s	55	67,5	50	62,5	37,5	47,5	50	47,5	25	37,5	48



– Fig. 4.2a. Notations de Favre –

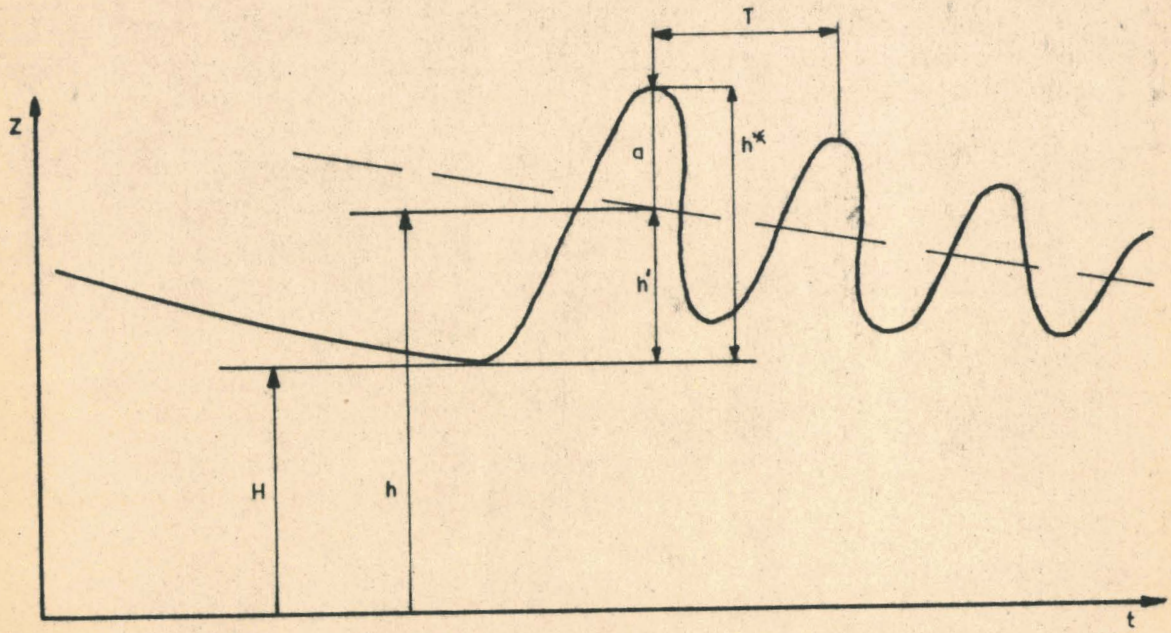


Fig. 4. 4a. Définitions des grandeurs relatives aux ondulations en mouvement non permanent

ONDULATIONS SECONDAIRES DANS L'ONDE REFLECHIE

Expérience 400 A 0

Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
17	5	8,5	128	0,294	1,7	25,6
13	5	8,7	120	0,384	1,74	24
11,2	4	7,2	130	0,357	1,80	32,5

Expérience 400 C 0

Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
18	9	11,5	120	0,2	1,27	13,4
21,5	5,7	8	120	0,265	1,40	21
18	7	10	120	0,39	1,42	17,14
16,8	7	10,8	105	0,417	1,54	15
16	6	9	90	0,375	1,5	15

Expérience 400 A 18

Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
10,2	4,5	7,5	133	0,442	1,67	28,9
13,5	5,2	10	130	0,385	1,92	25
14,5	5,5	10	132	0,38	1,82	24
17	5,5	9,5	140	0,324	1,73	25,4

ONDULATIONS SECONDAIRES DANS L'ONDE REFLECHIE

Expérience 400 Ba 18

Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
14,5	4,6	7	100	0,318	1,52	21,7
18	6,4	9,7	116	0,355	1,51	18,1
19,5	6,5	9,7	127	0,333	1,49	19,5
15,5	3,6	4,8	90	0,232	1,33	25
16	3,2	4,2	84	0,20	1,31	26,3
14	3,5	4,7	95	0,25	1,34	27,2
12,7	5,2	6,5	93	0,41	1,25	17,9
10,5	5	7	83	0,476	1,40	16,7

Expérience 400 Bb 18

Hcm	H'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
15	6	9	100	0,40	1,5	16,7
16	6	9	113	0,375	1,5	18,8
18,7	8	10	135	0,427	1,25	16,8
20	8	13,5	130	0,4	1,68	16,2
16	4,5	6	108	0,281	1,33	24
14	4,5	6	108	0,322	1,33	24
14	4	5,5	100	0,285	1,37	25
13	4,5	7	102	0,346	1,55	22,6
12	4,5	7	80	0,375	1,55	17,8

ONDULATIONS SECONDAIRES DANS L'ONDE REFLECHIE

Expérience 400 C 18

Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
18	7	9	106	0,389	1,3	15,14
21	9,7	12	106	0,462	1,237	10,9
22	6	8	106	0,273	1,33	17,6
21,5	6	7,5	100	0,279	1,25	16,6
21	6,3	9	112	0,300	1,428	19,4
17,5	6,5	10,5	112	0,371	1,61	17,3
16,5	7	12	105	0,425	1,71	15,0
18	4,5	8	160	0,25	1,78	35,5
19	5	8,5	160	0,263	1,70	32
20,5	5	8	150	0,244	1,60	30
20	4,5	7,5	140	0,226	1,66	31,1
16,5	7	12	105	0,425	1,71	15

Expérience 400 A 7 0

Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
14	4,5	10	95	0,32	2,2	21
16,5	6	11	102	0,367	1,83	17
18,5	6	10,5	109	0,325	1,75	18,1
20	8	12	119	0,40	1,50	15
20	7	11,5	143	0,35	1,64	20,5
19	10	14	143	0,52	1,4	14,3
20	8	11	143	0,40	1,38	18
19	8,5	13	146	0,45	1,53	17

ONDULATIONS SECONDAIRES DANS L'ONDE REFLECHIE

Expérience 400 C 7 0

Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
19,2	9,8	13	110	0,51	1,33	11,2
23	9	10,5	116	0,39	1,17	12,9
24	5,7	7,2	133	0,24	1,26	23,3
23	4,5	6,2	133	0,195	1,38	29,5
22	6	8	133	0,27	1,33	22,2
20	5,3	7,5	105	0,265	1 41	19,8
18	5	9,7	100	0,264	1,94	20
19	3,5	7	154	0,184	2	44
20	4	8	162	0,2	2	40,5
21	4	7	162	0,19	1,75	40,5
22	5	8	165	0,228	1,6	33

Expérience 400 C 140

Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
23,5	9	12	140	0,38	1,33	15,6
24,5	10,5	14,5	165	0,428	1,38	15,8
26	11	15	155	0,423	1,37	14,1
24	11,7	14	155	0,48	1,2	13,24
24,5	13	18	160	0,53	1,38	12,4
25	5,5	6,5	142	0,22	1,18	25,8
24	4,8	7	135	0,2	1,45	28,1
22	4	6,2	145	0,18	1,56	36,2
21	4,2	6,3	178	0,20	1,5	42,3
23	4,1	6	180	0,18	1,46	43,9
24,2	3,6	5,1	198	0,15	1,42	52,6
24,3	4,7	7,5	163	0,19	1,59	34,6

ONDULATIONS SECONDAIRES DANS L'ONDE REFLECHIE

Expérience 400 β0 B0R

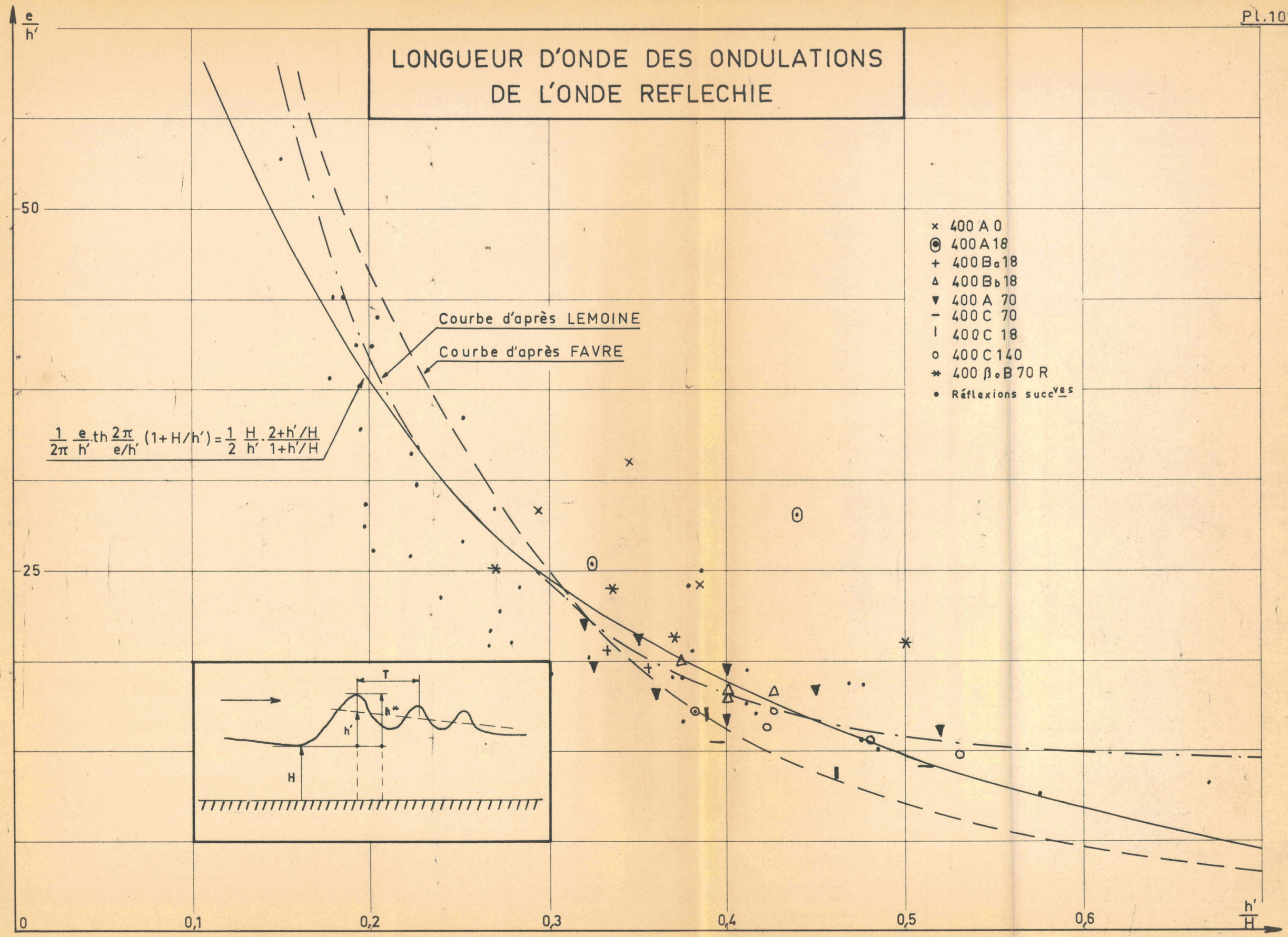
Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
9,5	11	16,5	114	1,16	1,50	10,3
9	10	14	114	1,11	1,40	11,4
7	11,5	11,5	106	1,64	1	9

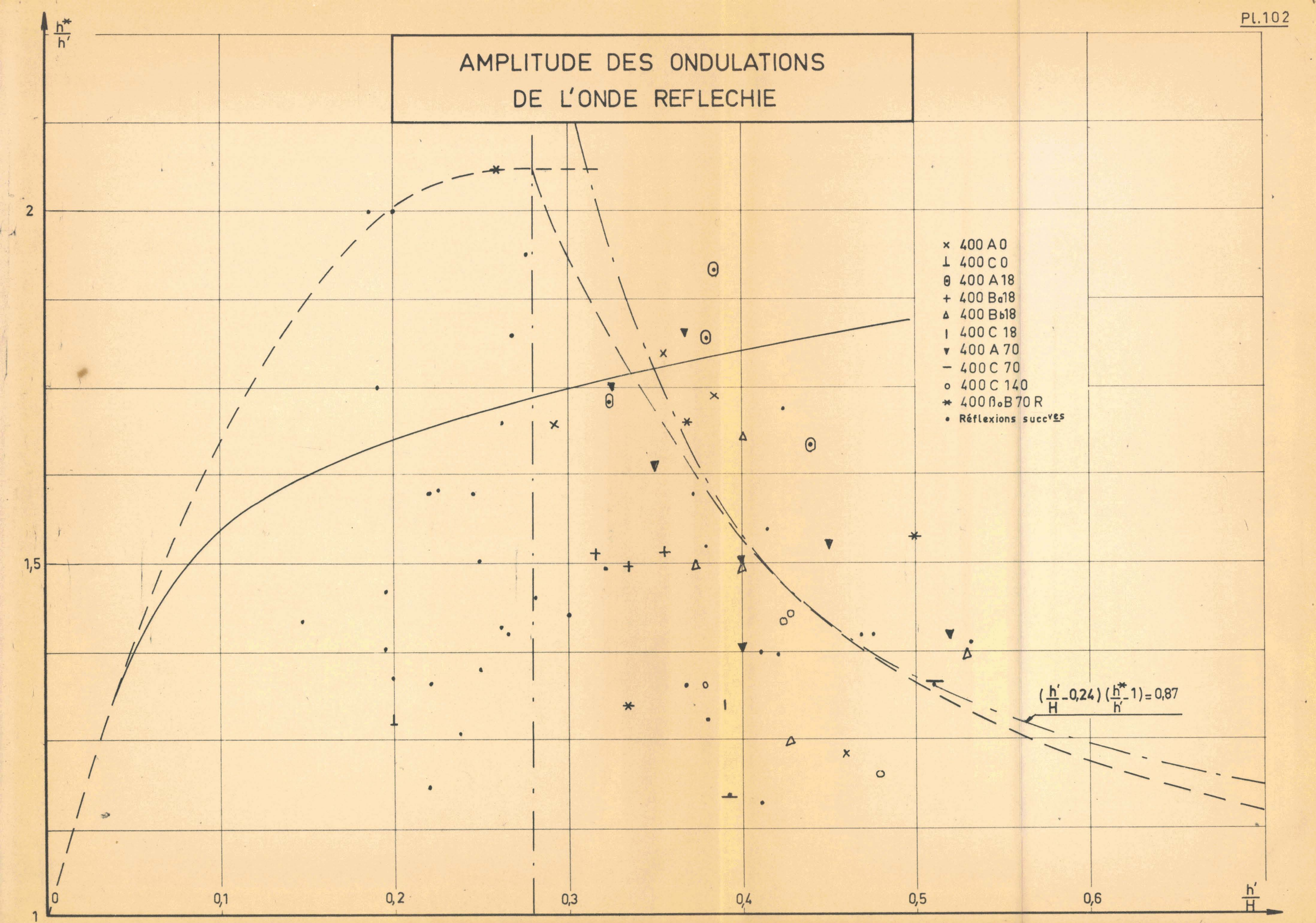
Expérience 400 β0 B70 R

Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
13	6,5	10,2	129	0,5	1,54	20
15	5	6,5	120	0,335	1,30	24
15	4	8,5	102	0,27	2,12	25,5
13,5	5	8,5	102	0,37	1,70	20,4

Expérience 400 β0 B18 R

Hcm	h'cm	h*cm	e.cm	h'/H	h*/h'	e/h'
9	10	13,5	138	1,11	1,35	13,8
9,5	9,5	12,5	134	1	1,32	14,1
9,5	10,5	13	100	1,11	1,24	9,5
9,5	10	14	105	1,05	1,40	7,5


LONGUEUR D'ONDE DES ONDULATIONS
DE L'ONDE REFLECHIE
e/h'
50
25
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
h'/H
Courbe d'après LEMOINE
Courbe d'après FAVRE
$\frac{1}{2\pi}\frac{e}{h'}\text{th}\frac{2\pi}{e/h'}(1+H/h') = \frac{1}{2}\frac{H}{h'}\cdot\frac{2+h'/H}{1+h'/H}$
× 400 A 0
⊙ 400 A 18
+ 400 Ba 18
Δ 400 Bb 18
▼ 400 A 70
– 400 C 70
I 400 C 18
o 400 C 140
✱ 400 βo B 70 R
• Réflexions succ^ves
T
h*
h'
H


AMPLITUDE DES ONDULATIONS
DE L'ONDE REFLECHIE
h*/h'
2
1,5
1
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
h'/H
× 400 A 0
⊥ 400 C 0
⊖ 400 A 18
+ 400 Ba18
△ 400 Bb18
| 400 C 18
▼ 400 A 70
— 400 C 70
○ 400 C 140
✱ 400 ßoB 70 R
• Réflexions succ^ves
(h'/H - 0,24) (h*/h' - 1) = 0,87