

UNIVERSITE D'ALGER
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

8/73

المدرسة لوطنية للعلوم الهندسية
— المكتبة —
DEPARTEMENT : GENIE CIVIL
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE



THESE DE FIN D'ETUDES

203

CONTRIBUTION

à la réalisation de deux types
de siphons modulaires de dérivation.

PROPOSEE PAR
M^r G. LAPRAY
Docteur - Ingénieur

ETUDIEE et REALISEE par
M^r F. KHADRI
Elève - Ingénieur

Promotion 73

UNIVERSITE D' ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية

PROJET FINAL

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

BIBLIOTHEQUE

CONTRIBUTION A LA REALISATION DE DEUX TYPES DE

SIPHONS MODULAIRES DE DERIVATION.

proposé par M^r G. DE LAPRAY

Docteur-ingénieur

étudié et réalisé par

l'élève ingénieur M^r F.KHADRI

Promotion 1973

Avant-propos

Je tiens à remercier tous les professeurs ayant contribué à ma formation, et plus particulièrement M^r LAPRAY pour tous les conseils et l'aide efficaces qu'il m'a prodigués au cours de cette étude.

Je profite également de l'occasion qui m'est offerte, pour remercier Messieurs TASCIA et CHOULGUINE pour avoir honoré de leur présence la cérémonie de soutenance de thèse.

S O M M A I R E

Chapitres	pages
1)-Introduction	I à V
2)-Installation et théorie générale d'un siphon	1 à 10
3)-Projection d'un siphon	11 à 13
4)-Etude pratique du siphon N°:I	14 à 18
5)-Etude pratique du siphon N°:II	19 à 23
6)-Conclusion	25

INTRODUCTION:

La répartition des débits dans les réseaux d'irrigation à ciel ouvert ainsi que la distribution des débits aux utilisateurs nécessitent des ouvrages de dérivation.

Ces ouvrages de dérivation furent constitués depuis l'antiquité jusqu'à nos jours par des pertuis ou par des orifices munis d'organes de fermeture (vannes, bouchons, etc...)

Le dit débit passant à travers ces ouvrages de dérivation dépendait à l'origine de la charge agissant au niveau de l'ouvrage.

Donc le débit passant par chacun des ouvrages fut soumis à des variations substantielles en fonction des variations de niveau d'eau dans le système des canaux. Ce qui était fort gênant au point de vue de la satisfaction aux obligations de desservir aux utilisateurs de l'eau d'irrigation des volumes d'eau stipulés par la réglementation. Ainsi on a (à l'eau) cherché à réaliser des ouvrages modulaires, c'est-à-dire assurant une invariabilité du débit passant par l'ouvrage quelque soit la charge agissant dans la section de contrôle de celui-ci.

La recherche de cette modularité a conduit à la conception du célèbre module-à-masque breveté par NEYRPIC (Grenoble) qui est un ouvrage composé d'un seuil et d'un orifice, muni d'une vanne permettant l'ouverture ou la fermeture totale du dispositif. (ouvrage tout-ou-rien).

Dans le fonctionnement de cet ouvrage, l'accroissement de la vitesse provoqué par l'accroissement de la charge est compensé par un décroissement de la section rétrécie grâce à un effet de contraction croissant avec la charge.

Les divers modules-à-masque NEYRPIC sont caractérisés par une variation du débit ΔQ représentant moins de 5% du débit nominal Q , si la charge varie entre les limites admissibles à l'amont de l'ouvrage.

Les performances du module-à-masque sont remarquables mais leur emploi représente certains inconvénients;

1) le nombre des ouvrages permanents dits modules-à-masque doit être égal aux dérivations possibles dans le réseau. Pour cette raison en application du tour d'eau, ces ouvrages ne fonctionnent que pendant une petite fraction de la durée de leur existence, quelques heures tous les 7 à 15 jours. Par voie de conséquence, ces ouvrages sont mal exploitables et leur très grand nombre augmente sensiblement les frais du premier établissement du réseau.

2) la fermeture des modules-à-masque NEYRPIC n'est jamais parfaitement étanche et représente une certaine fuite de débit. Même si les fuites passant par chacun des ouvrages est apparemment restreint, on se rend facilement compte tenu que la totalité de ces fuites passant par le très grand nombre d'ouvrages, représente une perte de débit considérable sur l'ensemble du réseau.

3) chacun des ouvrages représente une discontinuité dans la paroi du canal; son emplacement à poste fixe ne permet pas des manœuvres de la position des prises sans démolition partielle du réseau. D'où le problème de l'accommodation du système de distribution à des changements imposés ultérieurement devient très difficile.

4) la possibilité de vol d'eau par l'ouverture clandestine. Chaque ouvrage permanent est exposé à la détérioration par les intempéries et par les actes de vandalisme assez fréquents dans certains secteurs irrigués des pays méditerranéens.

5) la nécessité d'un dispositif de réglage de niveau constitué par un ouvrage permanent établi dans le canal d'ordre supérieur à l'emplacement de chaque dérivation pour assurer la stabilisation du débit envoyé dans le canal d'ordre inférieur.

Tous ces inconvénients ont incité à la recherche du remplacement des dits ouvrages permanents par des ouvrages portatifs, pouvant être déplacés suivant les impératifs de la distribution de l'eau d'irrigation.

La solution par siphons portatifs constitue la solution idéale du problème de remplacement des ouvrages permanents par des ouvrages mobiles.

Leur emploi comporte les avantages ci-après:

1) le siphon de dérivation peut être mis en place là il y en a besoin. A l'opposé des ouvrages de dérivation permanents mal exploitables, le siphon de dérivation mobile est un ouvrage très bien exploité car pendant la saison d'irrigation il fait objet d'une utilisation sans interruption.

Par voie de conséquence, un siphon de dérivation mobile remplace toute une série d'ouvrages permanents.

2) la mise en place du siphon ne nécessite aucune infrastructure de génie civil et ne peut pas donner lieu à aucune fuite, car après son enlèvement, il ne peut y avoir aucun passage de débit à travers la paroi du canal qui n'a subi aucune modification à la suite de la mise en place du siphon.

3) l'emploi du siphon portatif ne nécessite aucune discontinuité dans la paroi du canal; il peut être mis en place à volonté de l'utilisateur dans un profil quelconque du canal, d'où les modifications intervenant ultérieurement sur le plan distribution de l'eau ne nécessite aucune infrastructure complémentaire et aucune démolition d'ouvrages construits par rapport au plan original du réseau.

4) le siphon n'est pas exposé ni aux intempéries ni aux actes de vandalisme; il est sur place tant qu'il fonctionne et pendant ce fonctionnement il est tout le temps contrôlé; et après fonctionnement il est enlevé.

Donc l'enlèvement du siphon après usage exclue toute possibilité de vol d'eau.

Les inconstables avantages de la dérivation par siphon ont incité plusieurs chercheurs à se pencher sur ce problème et à essayer de trouver le moyen de construire des siphons d'irrigation d'utilisation aisée. La difficulté consistait jusqu'à présent dans l'amorçage du siphon.

Les établissements MEYRPIC ont construit des siphons amorçables au moyen d'un remplissage préalable par immersion, suivi d'un basculement, nécessitant plusieurs opérations successives.

Ils ont fabriqué en tout une quarantaine de siphons, avant de stopper, en raison de la difficulté de l'amorçage de leurs appareils.

Monsieur DARLON ancien Directeur du centre de recherches et d'expérimentations du génie rural du Maroc, avait conçu un siphon mobile en aluminium en combinaison avec une pompe à vide accessoire .

Ce siphon est facile à amorcer. Le seul inconvénient de cette solution consiste dans la fragilité de la pompe à vide.

Une nouvelle solution d'amorçage a été présentée au C.R.E.G.R en 1959 sous forme de plusieurs modèles réduits en matière plastique transparente par le Docteur Ingénieur G. LAPRAY, ancien ingénieur en chef du Service Hydraulique du Royaume de Hongrie, réalisés suivant brevet déposé par lui au MAROC et dans de nombreux pays étrangers.

L'essentiel de ce brevet consiste à provoquer par un mouvement de rotation ou de translation du siphon lui-même ou de l'un de ses organes une surélévation momentanée du niveau d'eau à l'intérieur du siphon, ayant pour suite l'écoulement initial d'une veine d'eau.

Il est possible en certains cas que cette veine constituant l'écoulement initial remplisse entièrement le conduit du siphon et que l'amorçage complet soit réalisé par ce seul mouvement, mais le plus souvent la veine initiale n'occupe que partiellement l'intérieur du siphon.

Pour faciliter l'amorçage complet, le procédé prévoit un dispositif faisant fonction de trompe à vide qui entraîne l'air restant après le premier mouvement dans le conduit constitué par le siphon, de sorte que l'épaisseur de la veine augmente au fur et à mesure jusqu'à l'évacuation des derniers résidus de l'air, ayant pour résultat l'amorçage complet du siphon.

Vu la facilité de l'ouvrage et le progrès représenté par cette invention le centre de recherches et d'expérimentations du génie rural du Maroc a réalisé et essayé toute une série de siphons conçus par M^r LAPRAY .

Nous énumérons ici ceux qui représentent le plus grand intérêt pour instituer une nouvelle méthode efficace et économique de distribution de l'eau dans les réseaux d'irrigation:

- 1- siphons à translation.
- 2- " " balancement.
- 3- " " volet.
- 4- " " tubes jumelés.
- 5- " " modulaires.

La stabilité du débit dérivé monobstant les variations d'eau dans le canal d'alimentation autrement dit la modularité des ouvrages de dérivation est l'une des exigences principales de la répartition de l'eau dans les réseaux de distribution des grands périmètres d'irrigation.

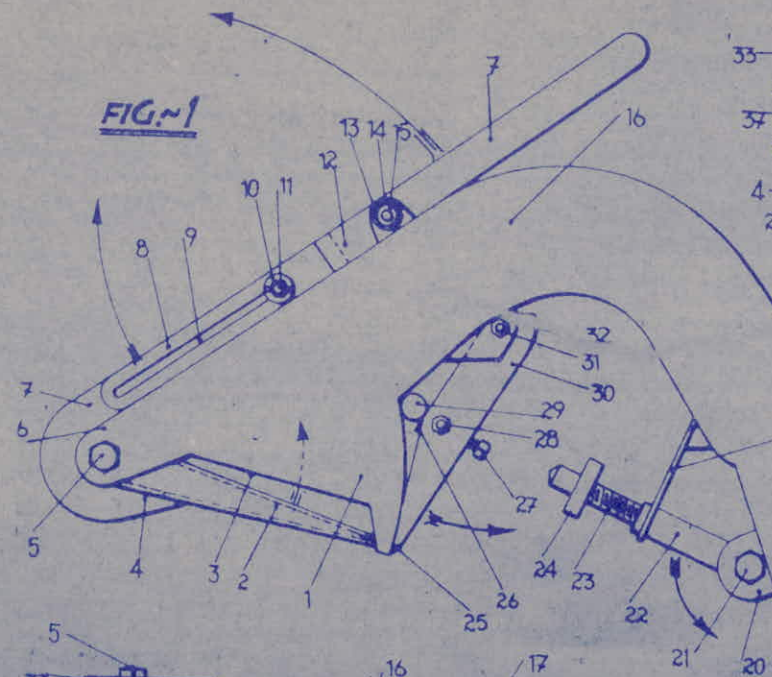


FIG. 1

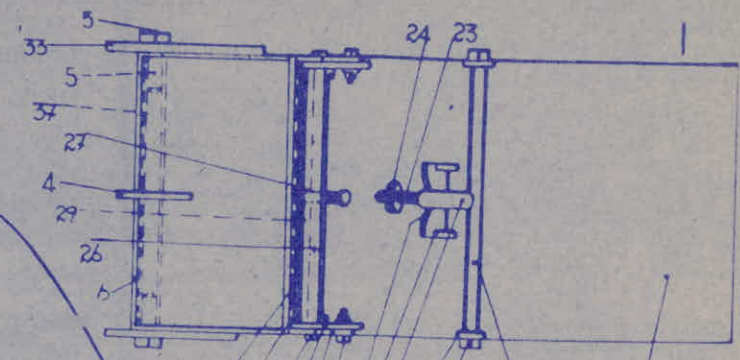


FIG. 3

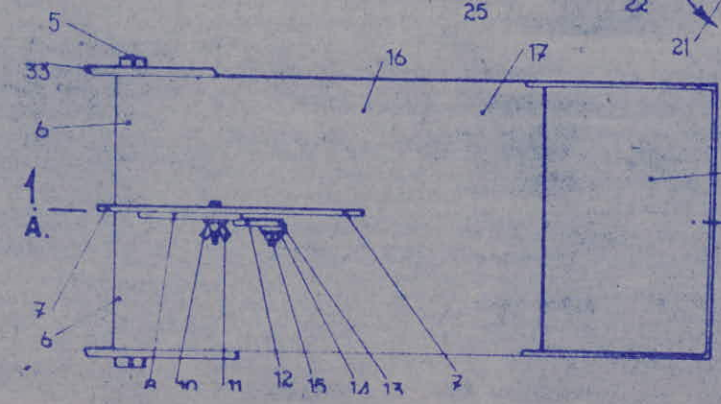


FIG. 2

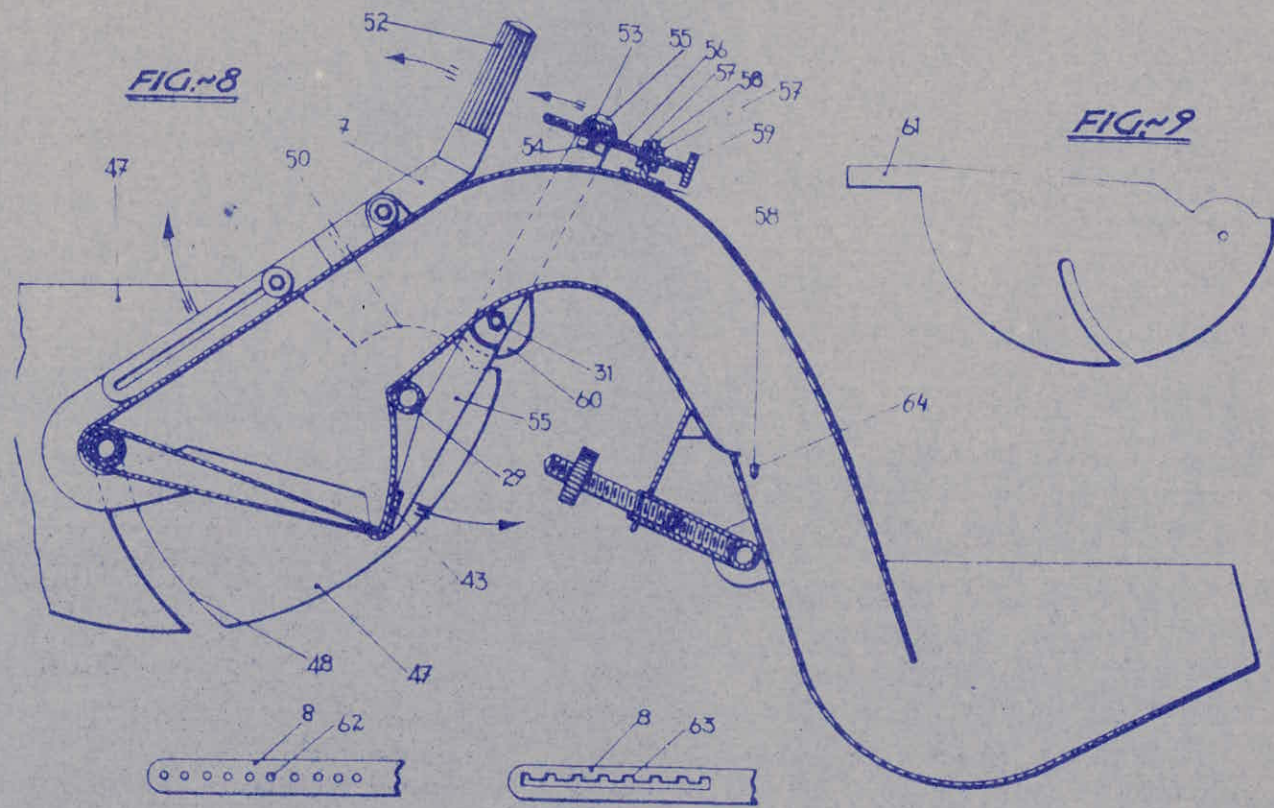


FIG. 8

FIG. 9

FIG. 10

FIG. 11

INSTALLATION:

L'installation qui nous a permis de faire cette étude comprend principalement:

- un désaérateur;
- un manomètre différentiel avec débit-mètre à segment;
- un bassin d'alimentation;
- un siphon autonivellateur;
- les siphons à étudier;

ALIMENTATION:

Ayant constaté que l'eau de ville avait un débit variable, ce qui fausserait tous nos calculs, nous fûmes ramenés à alimenter notre installation par une prise sur le château d'eau. Ainsi nous aurons toujours un débit constant à l'aval (puisque charge constante dans le château).

L'eau arrive du château d'eau, passe dans le désaérateur, puis dans le débit-mètre à segment et enfin dans le bassin d'alimentation. De là, l'eau peut partir soit par le siphon autonivellateur, soit par le siphon modulaire.

LE DESAERATEUR:

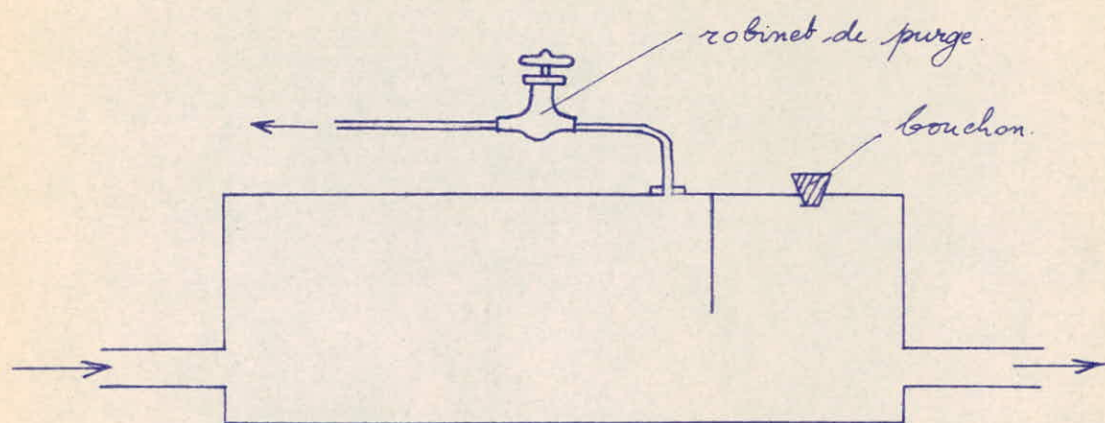
Comme son nom l'indique, son rôle est de retenir l'air éventuel qui se trouve dans le château d'eau. Il possède un système de purge avec robinet et permet ainsi une désaération continue.

Il est à noter que pour un bon emploi, il doit se trouver légèrement relevé par rapport à l'horizontale.

MANOMETRE DIFFERENTIEL:

Il est constitué par des piézomètres à eau. On a utilisé des tubes en plexiglas pour fabriquer ces piézomètres. Ces tubes sont rattachés par des raccords flexibles (munis de dispositifs de purge) transparents en nylon aux prises de pressions sur les débits mètres.

DESAERATEUR



BAC à orifice circulaire

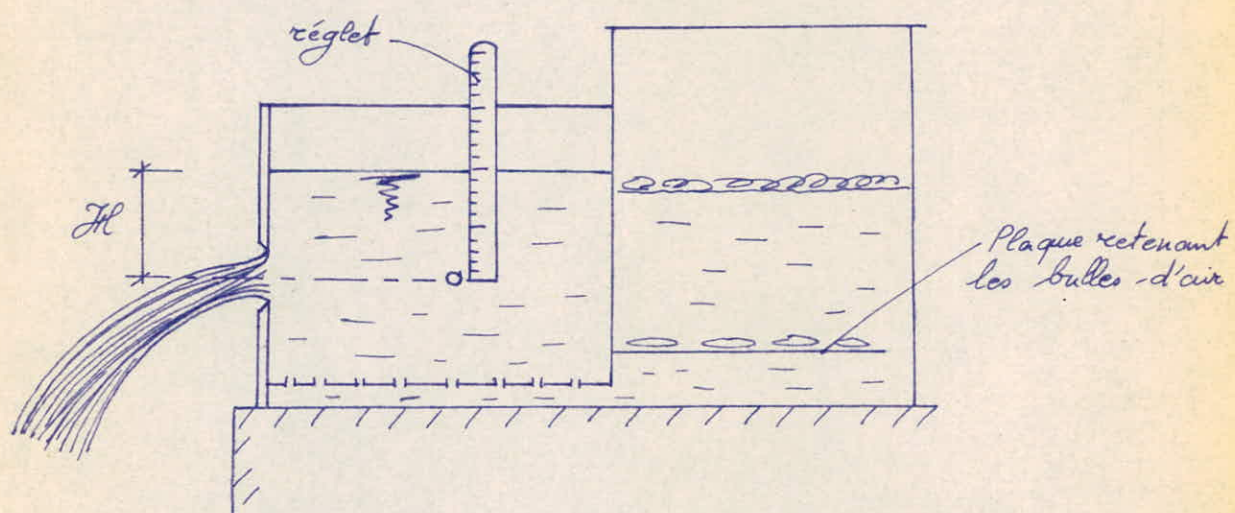
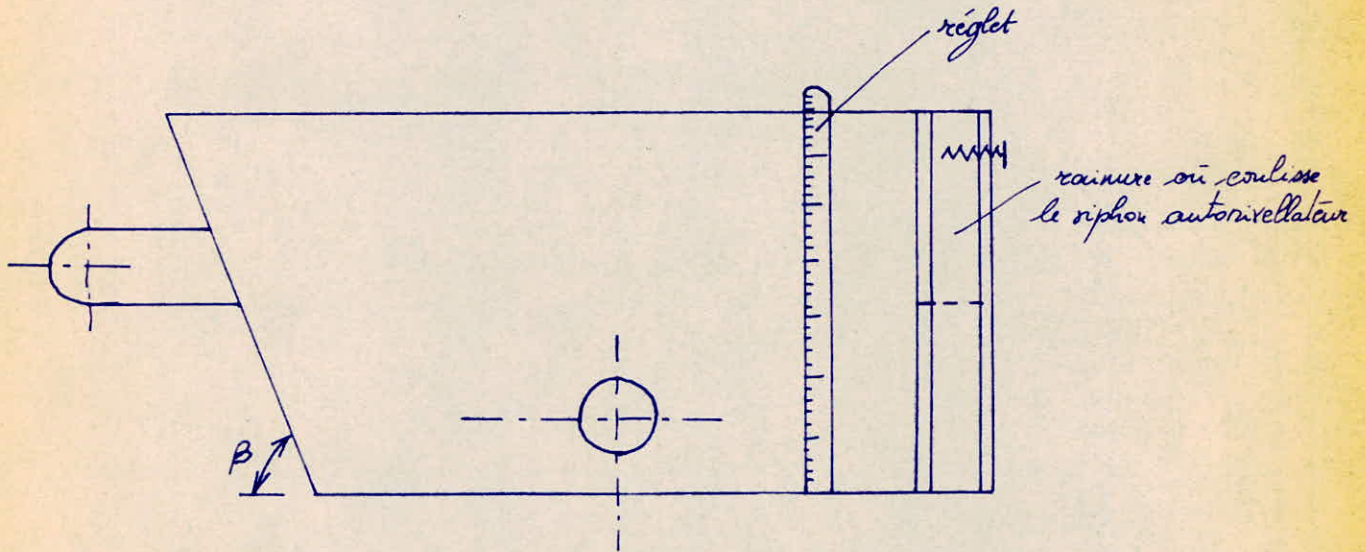


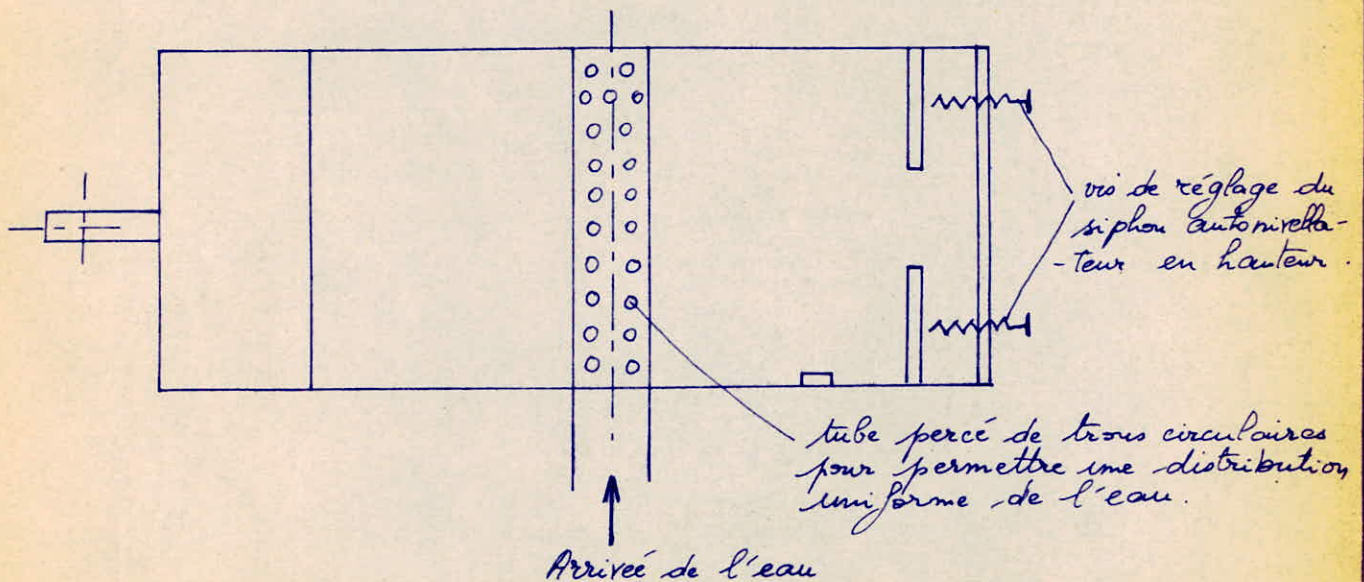
Tableau d'étalonnage de l'orifice circulaire
de $\varnothing 26$ mm

H (mm) Charge sur le centre de l'orifice	t (s)	h (lue sur la capacité jaugée) (cm)	V déduit (en l)	Q (l/s)
23	116,55	36,7	29,67	0,254
28	106,35	30,7	29,07	0,273
37	96,2	36,7	29,67	0,308
43	88,75	33,3	29,33	0,330
53	79,6	26,8	28,68	0,359
64	72,6	24,0	28,40	0,391
72	71,6	33,9	29,39	0,410
83	67	34	29,40	0,438
96	62,45	31,9	29,19	0,467
105	60,8	35,1	29,51	0,485
111	59,4	33	29,30	0,493
118	57,35	32,3	29,23	0,509

BAC d'alimentation



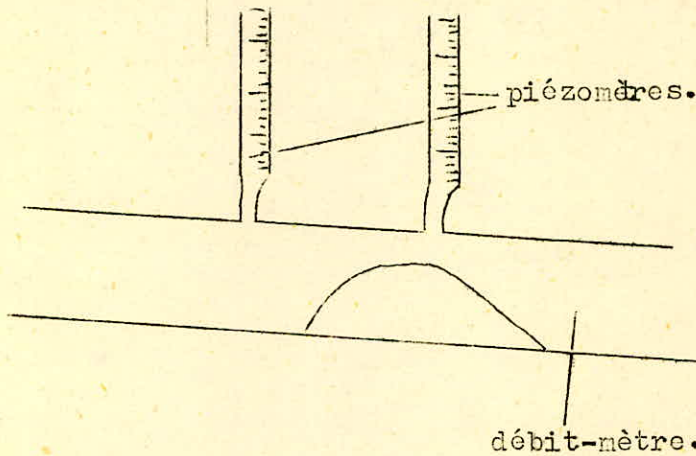
N.B. Forme inclinée du bac (angle β) pour approcher la forme parabolique des canaux d'irrigation existants dans la nature.



Ces prises de pressions sont constituées par un orifice beaucoup plus faible que celui du tube du manomètre. Ceci élimine les fluctuations dans les tubes.

La lecture sur deux tubes déterminera la chute piézométrique. Z intervenant dans le convergent, en raison de la transformation en énergie cinétique de l'énergie potentielle de pression.

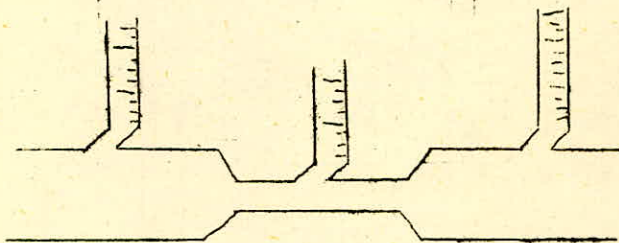
C'est en fonction de Z que nous pouvons contrôler le débit.



Rappel concernant les venturimètres:

-Phénomène de Venturi:

Soit une conduite de section S variable parcourue par un fluide et pouvant présenter une inclinaison quelconque par rapport à l'horizontale.



Si on assimile cette conduite à un filet de courant, la vitesse V est uniforme dans une section quelconque.

L'application du théorème de BERNOULLI nous donne:

$$\frac{p^*}{\omega} + \frac{V^2}{2g} = C \frac{L^2}{S}$$

avec $V \cdot S = C \frac{L^2}{S}$

Si $S \nearrow$, $V \nearrow$ par suite $p^* \downarrow$ et inversement S et p^* variant donc dans le même sens.

(si la conduite était horizontale, on remplacerait p^* par p).
Des tubes piézométriques placés en diverses sections indiquent par conséquent des niveaux différents, niveaux d'autant plus bas que la section S est plus petite. Dans la partie la plus étroite de la conduite, il peut se produire ainsi des dépressions qui peuvent être importantes et qu'on utilise dans certains appareils: trompe à vide, éjecteur, etc... On utilise également cette propriété pour réaliser des débits-mètres appelés tubes de Venturi.

Notre manomètre différentiel est relié à un débit-mètre à section rétrécie en forme de segment.

Principe de ce débit-mètre:

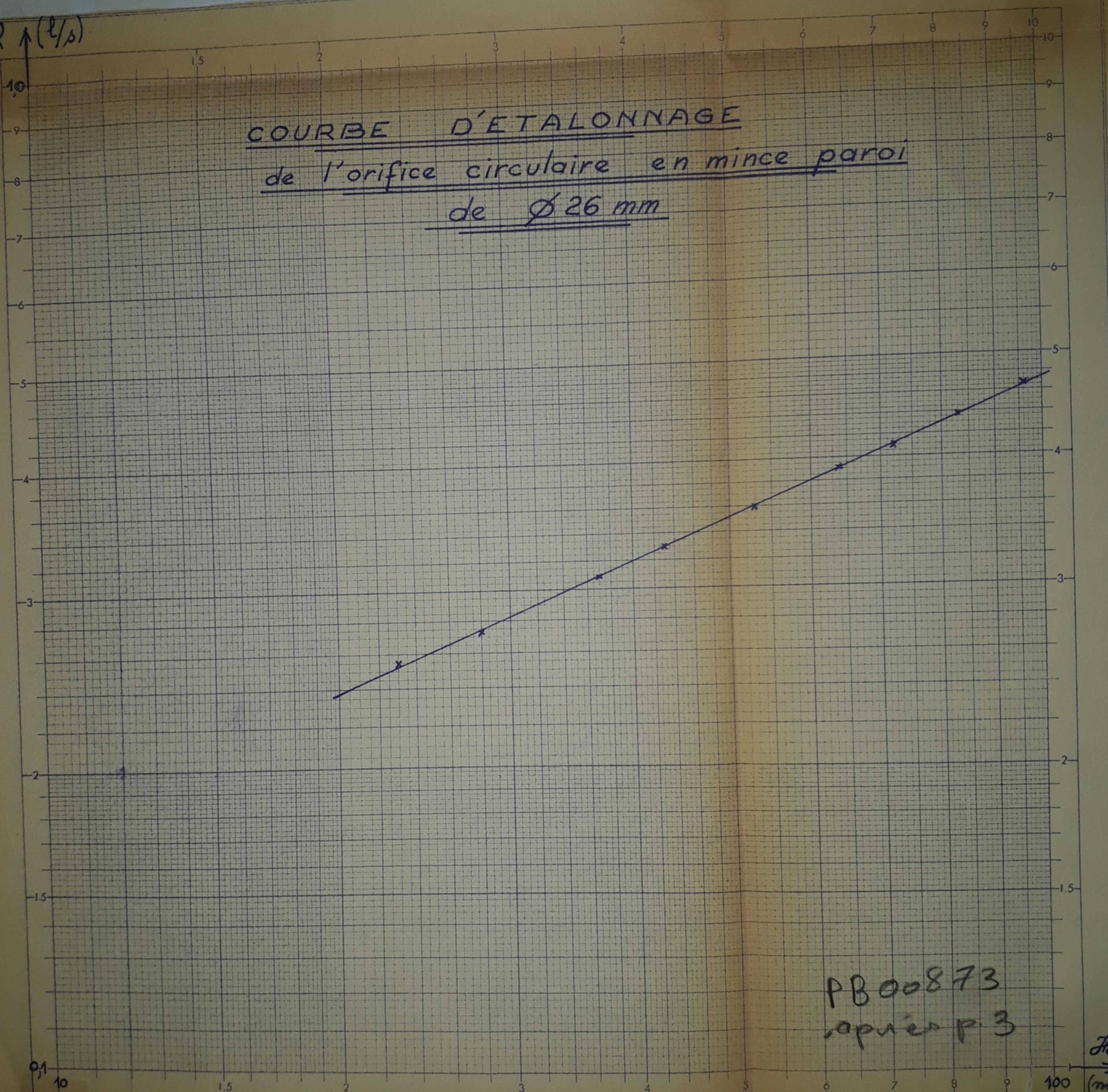
Dans l'Hydraulique des conduites en charge, on mesure souvent le débit en produisant une variation de vitesse au moyen d'un rétrécissement du tuyau. Si l'on mesure le terme $V^2/2g$ avant et dans le rétrécissement, on a la différence $(V_2^2 - V_1^2)/2g$, on peut ainsi déduire le débit Q .

Le rétrécissement de la veine liquide peut être provoqué par un diaphragme (à bord tranchant), par une tuyère à bord arrondi ou par un tube de forme particulière inventé par M^r G. LAPRAY.



Q (l/s)

COURBE D'ETALONNAGE
de l'orifice circulaire en mince paroi
de $\phi 26$ mm



PB00873
après p. 3

JL

100 (mm)

Ce tube n'a rien de commun avec le tube Venturi, si ce n'est qu'il est basé sur un retrécissement graduel de la section suivi d'un élargissement graduel aussi, et qu'il sert également à la mesure des débits. Les débits-mètres seront dans une position inclinée légèrement pour éliminer éventuellement la formation de poches d'air.

En principe, le débit-mètre à section retrécie consiste en un fort retrécissement du tube suivi d'un élargissement qui prend la forme du tube.

Inconvénients des venturimètres ordinaires

Afin d'éliminer toutefois les erreurs dues à l'inégalité des vitesses et des pressions (fig.3) qui pourraient se produire dans la section retrécie, on est obligé de prendre des prises de pression tout autour de cette section (fig.4)

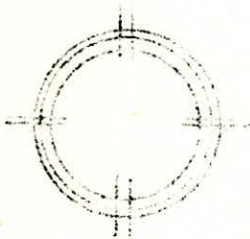


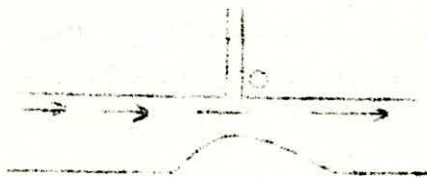
fig.3



fig.4

Donc, la hauteur piézométrique qu'on aura, sera la moyenne arithmétique des différentes prises de pression.

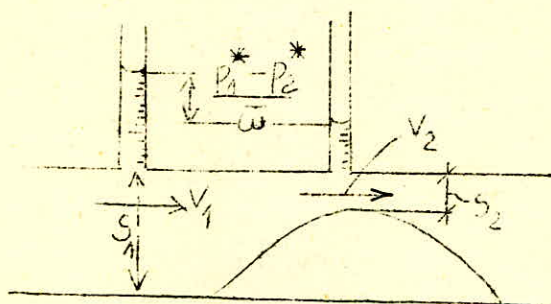
Mais dans le cas des débits-mètres à section retrécie en forme de segment, les filets de courant passant à proximité de la prise de pression ne sont pas déviés de leur direction primitive et restent rectilignes: ce qui exclue la formation des tourbillons pouvant affecter la valeur de la pression indiquée par le manomètre branché en O sur le tube (fig.5)



Ce qui nous amène à ne prendre qu'une seule prise de pression dans la section rétrécie dans la partie où les filets de courant sont rectilignes et non perturbés.

Calcul théorique du débit passant un tube de débit-mètre à section rétrécie en forme de segment.

C'est une tuyauterie convergente-divergente qu'on intercale dans une section S , dont on veut déterminer le débit.



Entre l'amont et le col de section S_2 nous avons:

$$\frac{P_1^*}{\bar{\omega}} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2^*}{\bar{\omega}} + \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{avec} \quad S_1 V_1 = S_2 V_2$$

$$\text{d'où} \quad \frac{P_1^* - P_2^*}{\bar{\omega}} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g} \left[1 - \frac{V_1^2}{V_2^2} \right] = \frac{V_2^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 \right]$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{\sqrt{2g}}{\sqrt{1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{P_1^* - P_2^*}{\bar{\omega}}}$$

et le débit de la conduite est donnée par:

$$Q_2 = S_2 V_2 = \frac{S_2 \cdot \sqrt{2g}}{\sqrt{1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2}} \sqrt{\frac{P_1^* - P_2^*}{\bar{\omega}}}$$

Etalonnage du débit-mètre:

Pour cela, on a utilisé une capacité jaugée qui permet des mesures de volumes avec une assez grande précision et un chronomètre.

Capacité jaugée:

Cet appareil est un récipient composé de deux parties, la première métallique à section horizontale de $6,25 \text{ dm}^2$ et l'autre en plexiglas à section horizontale de 1 dm^2 (voir fig.)

La partie métallique est constituée d'un tronc inférieur, prismatique et d'un autre tronc supérieur de transition en forme de tronc de pyramide.

La partie en plexiglas, superposée à la partie métallique, a pour section un carré de 10 cm sur 10 cm .

Une réglette graduée en position verticale permet la lecture des volumes contenus sachant:

- que la division de 20 cm correspond à un volume de 28 litres .

- que la différence de 1 cm lue sur la réglette correspond à $1/10$ de litre.

Siphon autonivellateur:

Pour assurer une charge constante dans le bac d'alimentation, nous avons dû utiliser un siphon autonivellateur.

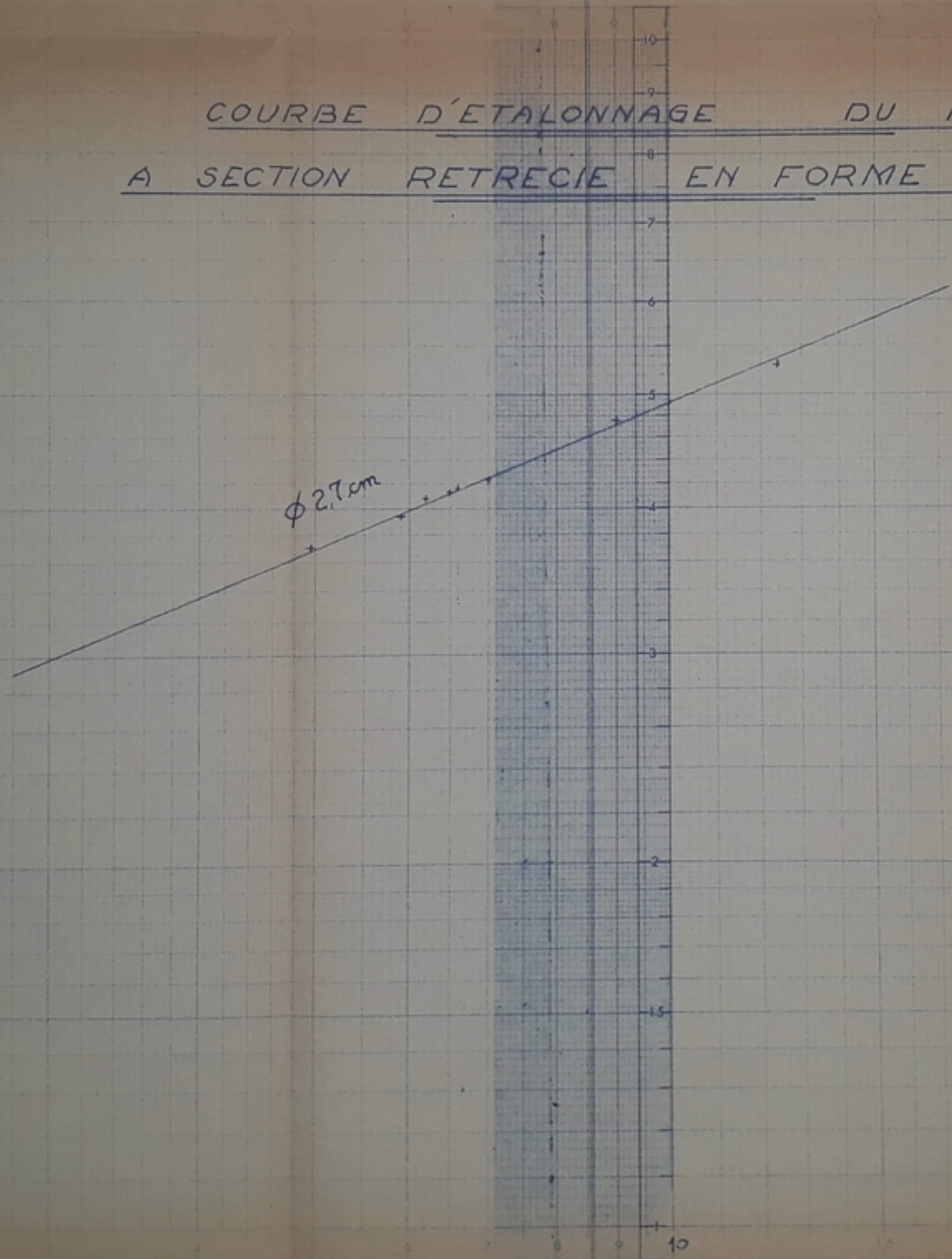
Ce siphon autonivellateur ayant:

- la capacité de déverser dans le canal, un trop plein d'eau.

- l'amorçabilité telle que tout débordement soit évité.

Le siphon est solidaire d'une plaque qui coulisse dans une rainure du bac et peut ainsi être fixé à n'importe quelle hauteur à l'aide de deux vis de serrage. Ce qui nous permet donc le réglage facile de la charge dans le bac d'alimentation.

COURBE D'ETALONNAGE DU DEBIT-MÈTRE
A SECTION RETRECIE EN FORME DE SEGMENT



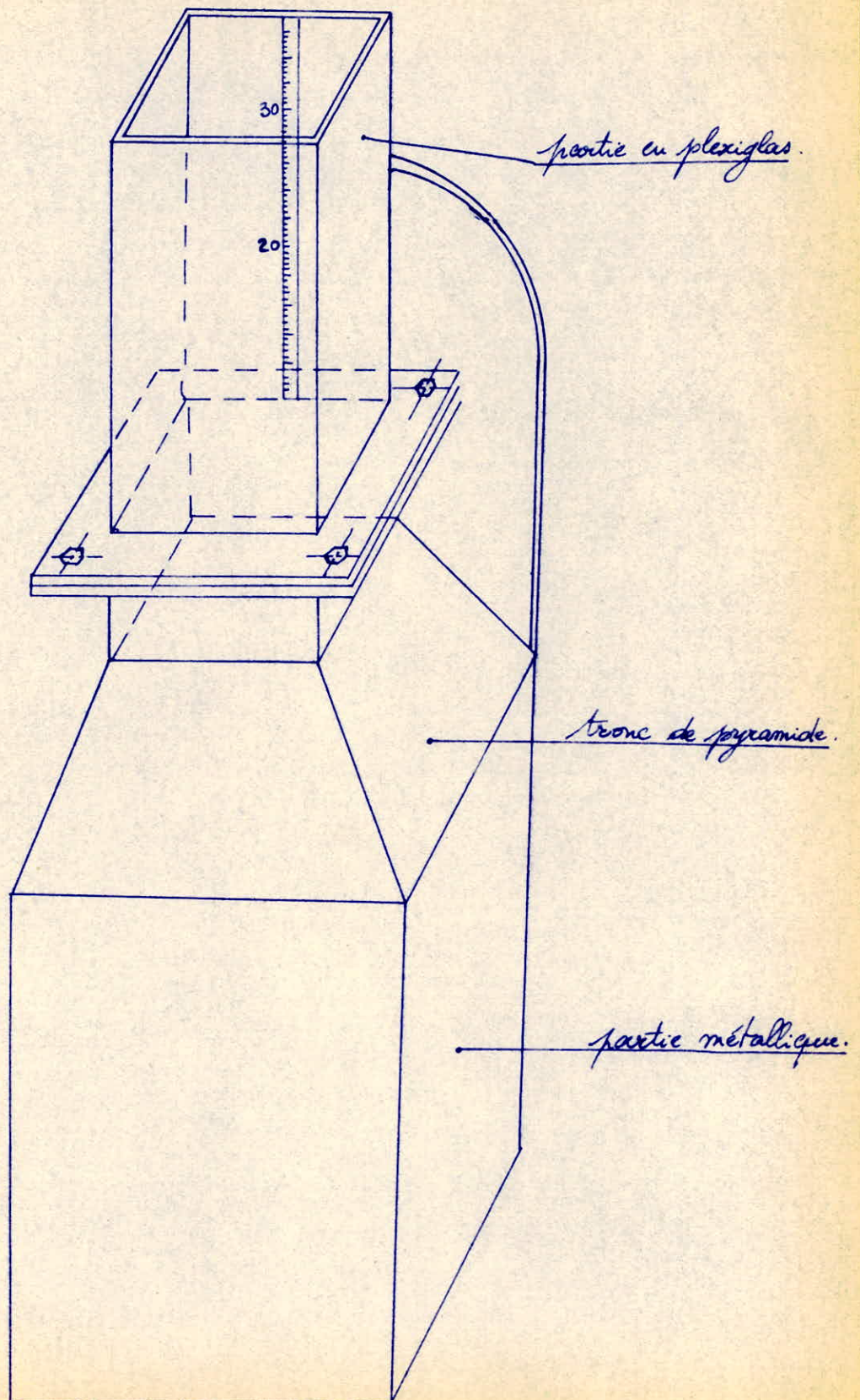
PB 00873 après p. 6

PRESSION DIFFERENTIELLE (cm)
(Δz)

Tableau d'étalonnage
du débit-mètre à section
rétrécie en forme de segment
 ϕ 2,7 cm.

Lectures manométriques		Pression Différentielle ΔZ (cm)	Débit en l/s.
Z_1 (cm)	Z_2 (cm)		
92,6	99,6	7,0	0,423
92,8	99,4	6,6	0,416
92,6	99,1	6,5	0,412
92,3	98,5	6,2	0,407
92,0	97,9	5,9	0,394
93,0	97,95	4,95	0,370
96,0	105,0	9,0	0,475
97,2	109,6	12,4	0,530

CAPACITE JAUGEE



Description du siphon:

Le siphon a été totalement réalisé en plexiglas, matière facile (relativement) à modeler. La rugosité y est nulle, ce qui facilite d'ailleurs l'emploi des lois de similitude de REECH-FROUDE.

Le siphon se compose:

- d'une conduite à profil rectangulaire en forme de siphon.
- d'un col supérieur largement ouvert et comportant une échancrure.
- d'une double cloison médiane dans le col supérieur portant une série d'orifices.
- de deux déviateurs, un sur chaque paroi de la conduite droite du siphon.

Fonctionnement d'un siphon autoniveleur à l'amorçage:

L'essentiel de l'amorçage consiste à provoquer par un moyen quelconque une surélévation de l'eau à l'intérieur du siphon et à introduire ainsi une veine d'eau qui:

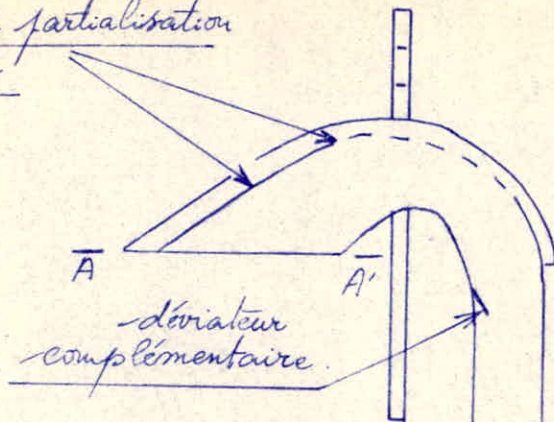
- soit constitue l'écoulement final recherché.
- soit provoque l'amorçage lui-même.

En effet, il est possible que dans certains cas, cette veine constituant l'écoulement initial remplisse entièrement l'intérieur du siphon: l'amorçage est alors instantané.

Le plus souvent, cette veine initiale n'occupe que partiellement l'intérieur de l'appareil. Elle agit alors à l'aide d'un dispositif (déviateur) placé à l'intérieur du siphon comme de "trompe à vide".

Il se crée ainsi, dans cette conduite une dépression qui accélère l'introduction de l'eau, la veine initiale se gonfle alors au fur et à mesure, éliminant peu à peu l'air restant à la partie supérieure du siphon: l'amorçage est alors progressif.

Griffes de partialisation
- du débit

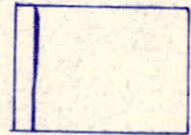


déviateur
complémentaire.

B — B'

Sections:

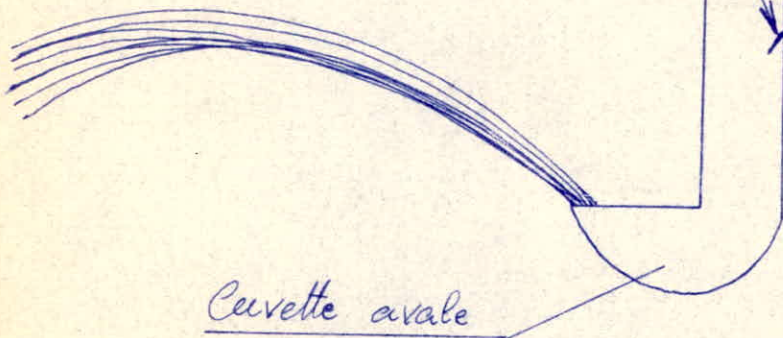
AA'



BB'



Déviateur normal



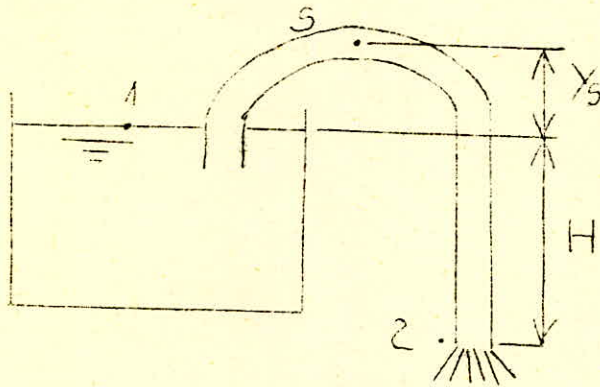
Cuvette avale

SIPHON AUTONIVEILLATEUR

Principe général de fonctionnement d'un siphon:

Le siphon en général est une conduite forcée curviligne tel qu'il est représenté sur la figure suivante.

Il conduit le liquide d'abord à un niveau supérieur à celui de la surface libre dans le récipient, change la direction dans la partie cintrée et déverse finalement par un orifice situé au dessus du niveau du plan liquide amont.



Il existe certaines limitations de ses possibilités de fonctionnement en raison des basses pressions qui se manifestent aux environs de son sommet S .

En supposant que le tube du siphon est entièrement plein de liquide, c'est à dire qu'au passage dans le siphon, la colonne liquide est continue, l'application de la loi de BERNOULLI aux sections 1 et 2 conduit à l'équation de la charge:

$$H = \frac{V^2}{2g} + \frac{y}{2} \cdot \frac{V^2}{2g} + f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

où: f : désigne le coeff. de frottement (Abaque de Moody)

L : " la longueur de la conduite.

D : " le diamètre de la " .

$\sum Y$: " la somme de tous les coeff. de pertes de charges singulières.

V : " la vitesse du liquide dans le siphon.

En mettant en facteur la hauteur capable de la vitesse, l'équation ci-dessus devient:

$$H = \frac{V^2}{2g} \left(1 + \sum Y + f \cdot \frac{L}{D} \right)$$

Connaissant le débit et la section, donc la vitesse et en supposant un certain $f < 0,03$, on tire H .

La pression au sommet se détermine en application de l'équation de BERNOILLI aux sections 1 et S,

$$0 = \frac{V^2}{2g} + \frac{P_S}{\rho} + Y_S + \sum Y' \cdot \frac{V^2}{2g} + f \cdot \frac{L'}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$\sum Y'$: désignant la somme de tous les coeff. de pertes de charges singulières intervenant entre les sections 1 et S .

L' : longueur de la conduite entre les mêmes points.

On tire de l'équation précédente:

$$\frac{P_S}{\rho} = -Y_S - \frac{V^2}{2g} \left(1 + \sum Y' + f \cdot \frac{L'}{D} \right)$$

Cette équation montre que la pression en S est négative et qu'elle diminue au fur et à mesure que Y_S et $V^2/2g$ augmentent.

Si la valeur décroissante de p_g atteint sa limite constituée par la tension de vapeur (p_v) les équations précédentes cessent d'être valables mais l'écoulement ne s'arrêtera que lorsque :

$$p_g + p_v \geq p_a.$$

Pratiquement le siphon ne fonctionne correctement que si la valeur de p_g est franchement supérieur à la tension de vapeur.

L'air et les autres gaz en solution dans l'eau se dégagent et s'accumulent sous l'effet de la basse pression en formant des bulles stationnaires dans la partie supérieure du siphon réduisant ainsi sa section utile et à la limite peuvent le désamorcer.

ETUDE

DU SIPHON n° 1

Pour la projection d'un siphon:

On choisit:

- 1) un débit nominal: Q_{NOM} .
- 2) une variation admissible du débit: $\pm \Delta Q$.
- 3) une variation du niveau $\pm S/2$ correspondant à $\pm \Delta Q$.

Marche de calcul:

Démonstration:

$$V_{\text{nom.}} + \Delta V = \sqrt{2g \left(h' + \frac{S}{2} \right)} \quad \text{avec } h' = h - \Delta H_{1-2}$$

$$V_{\text{nom.}} = \sqrt{2g h'} \quad (\text{I})$$

$$\frac{V_{\text{nom.}} + \Delta V}{V_{\text{nom.}}} = \sqrt{\frac{h' + S/2}{h'}} = \frac{Q_n + \Delta Q}{Q_n}$$

$$\frac{h' + S/2}{h'} = \left(1 + \frac{\Delta Q}{Q_n} \right)^2 \Rightarrow h' + \frac{S}{2} = h' \left(1 + \frac{\Delta Q}{Q_n} \right)^2$$

$$h' + \frac{S}{2} = h' + 2 \frac{\Delta Q}{Q_n} h' \quad \text{puisque } \frac{\Delta Q}{Q_n} \ll 1$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta Q}{Q_n} = \frac{S}{4h'} \Rightarrow \frac{S}{2} = 2 \frac{\Delta Q}{Q_n} h'$$

$$\text{or } h' = h - \Delta H_{1-2}$$

$$\text{Donc } h - \Delta H_{1-2} = \frac{Q_n \cdot S}{4 \cdot \Delta Q}$$

$$\Rightarrow \boxed{h = \frac{Q_n \cdot S}{4 \cdot \Delta Q} + \Delta H_{1-2}} \quad (\text{II})$$

Théorie:

En connaissant h' , on aura à la sortie à l'air libre une vitesse nominale donnée par l'équation (I).

L'aire à la sortie sera:

$$A = Q_H : V_H$$

Pour diminuer la perte de charge entre 1 et 2, nous allons choisir à l'amont de cette section de sortie, une conduite ayant sa section supérieure à A ; dans notre cas approximativement le double, se terminant par les deux surfaces courbes convergentes.

Ainsi nous pouvons calculer ΔH_{1-2} en application de l'équ. de DARCY-WEISSBACH et la courbe enveloppe du diagramme de MOODY (paroi lisse : $\epsilon/D_H = 0$)

De là nous tirons la valeur de h :

$$\underline{h = h' - \Delta H_{1-2}}$$

Maintenant en ce qui concerne l'écoulement torrentiel à surface libre se produisant sur la pente adverse située entre les sections 2 et 3, nous ne connaissons pas a priori ni la variation de la ligne de charge totale, ni la position représentant la ligne de la surface libre.

Ainsi nous pouvons solutionner ce problème seulement par approximations successives en supposant une variation linéaire de la charge entre 2 et 3 et une ligne d'eau déterminée en fonction de cette ligne de charge en ayant recours à la méthode paramétrique inaugurée par M^r LAPRAY au sujet des écoulements bidimensionnels.

En ayant ainsi déterminé tranche par tranche l'allure des vitesses et les pertes de charges y correspondant, on peut constituer la somme des pertes de charges correspondant à cette première ligne de charges hypothétique.

Si la cote des charges supposée dans la section 3 est supérieure à la charge qui reste en retranchant la somme des pertes de charges calculées en application de la formule de DARCY-WEISSBACH ET du diagramme de MOODY, de la cote de charges dans la section 2, il faut répéter les calculs en supposant une cote de charges dans la section 3 correspondant au résultat de la première série de calculs.

Le résultat final se caractérisera par l'identité de la cote de charges supposée en 3 avec celle qu'on obtient en retranchant la somme des pertes de charges calculées de la cote de charges en 2.

La cote du seuil sera donnée par l'équation suivante:

$$Cote_{\text{mini.}} = Cote_{\text{seuil}} + \frac{3}{2} K_{\text{mini.}} + \left[\Delta H_{1-2} + \Delta H_{2-3} \right] \cdot \left(\frac{Q_{\text{min.}}}{Q_{\text{nom.}}} \right)^2$$

$$\Rightarrow Cote_{\text{seuil}} = Cote_{\text{mini.}} - \frac{3}{2} K_{\text{mini.}} - \left[\Delta H_{1-2} + \Delta H_{2-3} \right] \cdot \left(\frac{Q_{\text{min.}}}{Q_{\text{nom.}}} \right)^2$$

Remarque:

Ce procédé est applicable entre les sections 2 et 3 seulement après avoir supposé une allure de la surface cylindrique à directrice sinusoidale correspondant à -90° à l'entrée et à $+90^\circ$ à la sortie de cette tranche.

Notations concernant les tableaux de valeurs de l'étude
du siphon n° 1.

H_1 : Hauteur limnimétrique.

h : hauteur piézométrique dans le bassin par rapport à la surface libre du liquide à la sortie de la conduite.

\mathcal{H} : charge au-dessus de l'orifice dans l'appareil de contrôle de débit disposé à l'aval du siphon.

Q : débit expérimental.

A_2 : Aire de la section contractée observée à la sortie pratiquement constante, ne subissant que des variations imperceptibles en fonction de la charge.

A_3 : Aire de la section mouillée au-dessus du seuil de sortie.

- ETUDE du siphon n° 1 -

H_0 (cm)	h (cm)	$\log h$	Q (l/s) (débit-mètre)	H (mm)	Q (l/s) (orifice circulaire)	Q (l/s) (définitif)	$\log Q$
19,4	27,05	1,432	0,417	74	0,415	0,416	-0,381
18,8	26,45	1,422	0,414	73	0,414	0,414	-0,383
18,0	25,65	1,408	0,406	70	0,408	0,407	-0,390
17,0	24,65	1,391	0,401	68	0,403	0,402	-0,395
16,6	24,25	1,384	0,399	67	0,399	0,399	-0,399
15,2	22,85	1,358	0,389	63	0,387	0,388	-0,411
14,7	22,35	1,349	0,382	61	0,384	0,383	-0,416

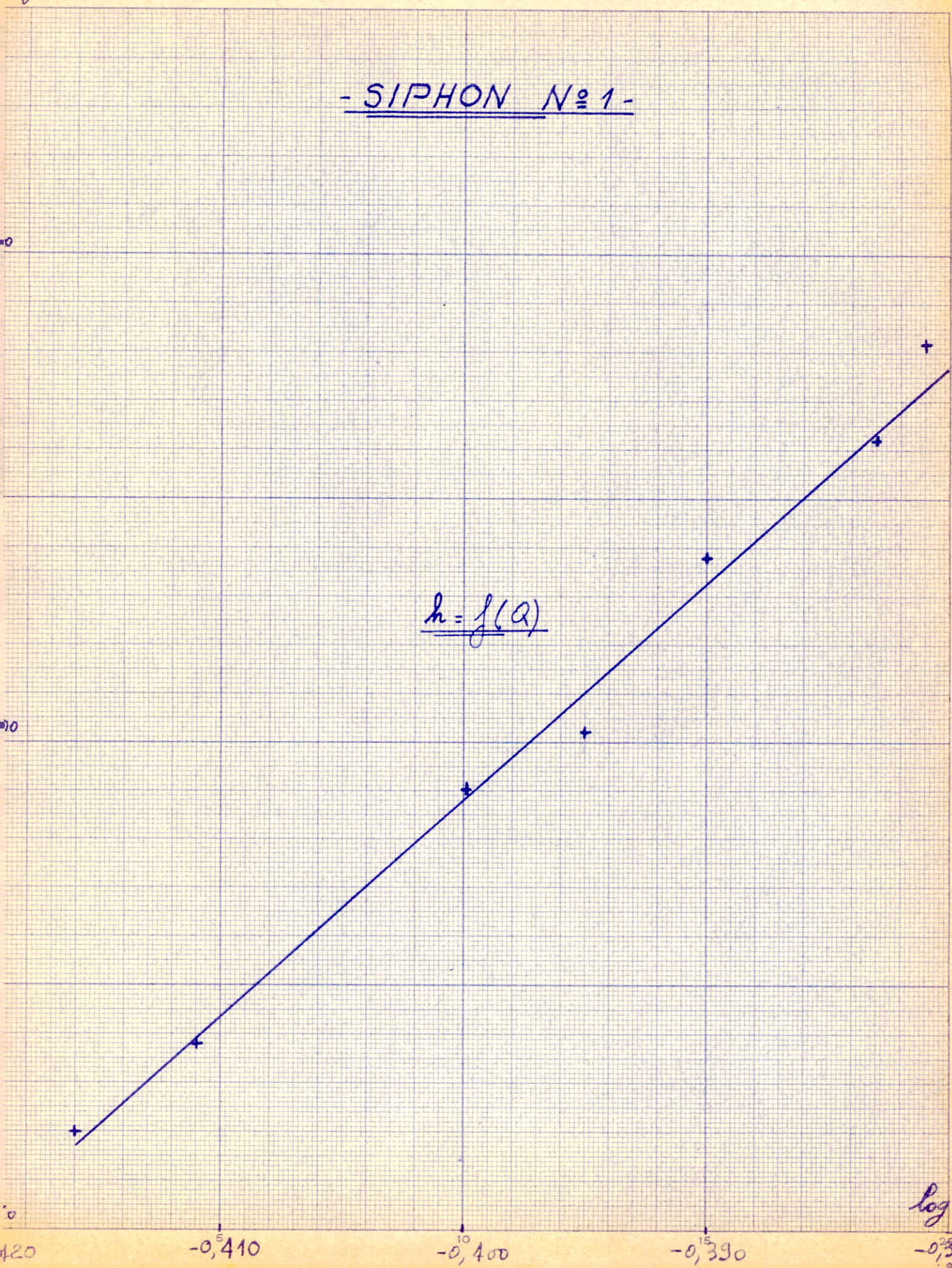
- $h = H_0 + 7,65 \text{ cm.}$
- $A_2 = 1,90 \text{ cm}^2.$

$V_2^2/2g$ (cm)	$V_2 = \frac{Q}{A_2}$ (cm/s)	$V_3^2/2g$ (cm)	V_3 (cm/s)	$A_3 = \frac{Q}{V_3}$ (cm ²)	$\Delta H_{1-2 \text{ exp.}}$ $= h - V_2^2/2g$ (cm)	$V_3^2/2g + C + A_3 = Y$ (avec $C = 10 \text{ cm}$) (cm)	$\Delta H_{1-3} = h - Y$ (cm)
24,5	219	6,07	109	3,82	2,55	17,98	9,07
24,2	218	5,41	103	4,01	2,25	17,41	9,04
23,4	214	4,95	98,4	4,13	2,25	17,02	8,63
22,9	212	4,08	89,4	4,50	1,75	16,33	8,32
22,5	210	3,77	86	4,64	1,75	16,09	8,16
21,2	204	2,38	68,3	5,67	1,65	15,21	7,64
20,7	201	1,82	59,8	6,40	1,65	15,02	7,33

log h

- SIPHON N° 1 -

$h = f(Q)$



Q (cm ³ /s)	q = $\frac{Q}{2}$ (cm ³ /s)	K = $\sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$ (cm)	H ₃ (cm)	$\gamma_3 = \frac{H_3}{K}$	α	β	δ_3	($\gamma_3 - \delta_3$)	H _q = ($\gamma_3 - \delta_3$)K (cm)
416	208	3,55	7,98	2,248	—	—	0,40	1,848	6,56
414	207	3,52	7,41	2,102	—	—	0,315	1,787	6,28
407	203,5	3,48	7,02	2,02	—	—	0,260	1,760	6,12
402	201	3,46	6,33	1,83	—	—	0,118	1,712	5,92
399	199,5	3,44	6,09	1,77	—	—	0,110	1,66	5,71
388	194	3,37	5,21	1,543	0,86	1,15	0,00616	1,53684	5,17
383	191,5	3,34	5,02	1,503	0,92	1,10	0,00144	1,50156	5,01

$$* \quad \delta = \frac{(\beta - \alpha)^3}{4\alpha\beta}$$

* Les valeurs de " α , β et δ " ont été déterminées à partir de l'abaque bidimensionnel.

ABaque PARAMETRIQUE DU RESSAUT BIDIMENSIONNEL

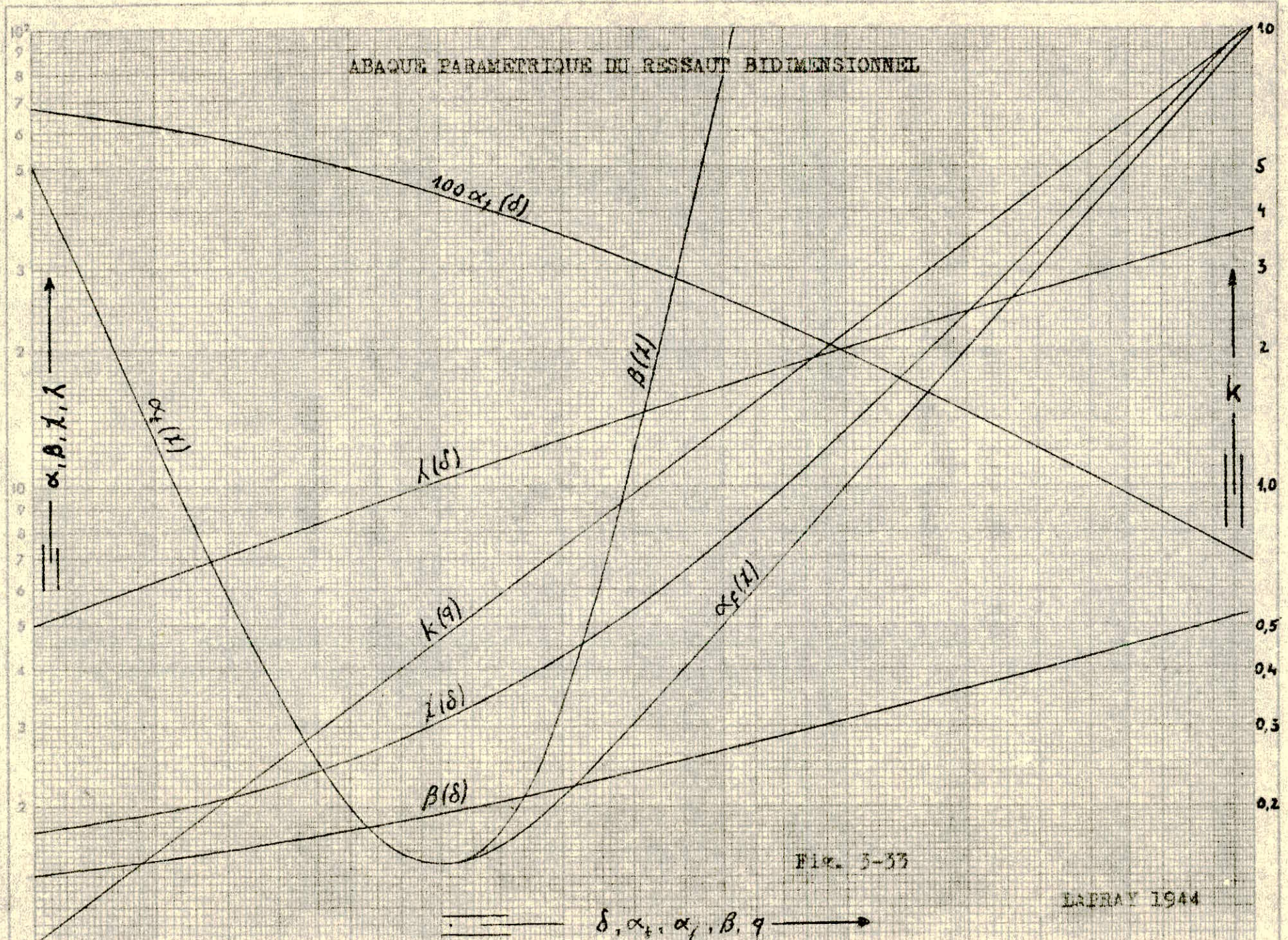
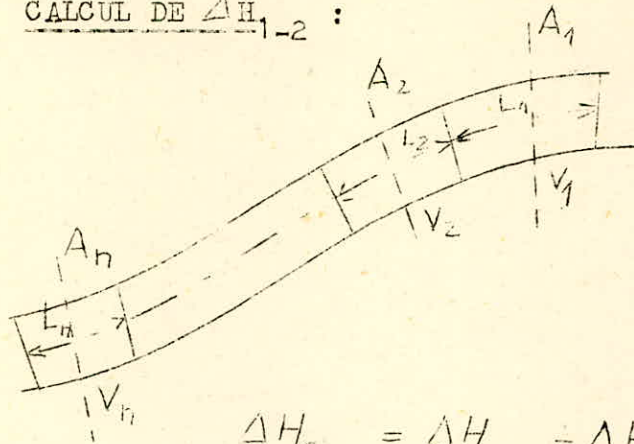


Fig. 3-33

CALCUL DE ΔH_{1-2} :



$$\Delta H_{\text{sing.}} = \Delta H_{\text{exp.}} - \Delta H_{\text{linéaire}}$$

$$\Delta H_i = f_i \cdot \frac{L_i}{D_{H_i}} \cdot \frac{V_i^2}{2g}$$

$$\left(IR = \frac{V_i^2 \cdot D_{H_i}}{\gamma} \Rightarrow f_i \right)$$

$$\underline{\underline{\Delta H_{\text{linéaire 1-2}} = \sum_1^n \Delta H_i}}$$

Ayant trouvé la valeur de ΔH_{1-2} , nous pouvons calculer h de notre siphon en application de l'équation (II).

Données:

$$Q_{\text{nom.}} = 400 \text{ cm}^3 / \text{s} \quad ; \quad \Delta Q = 0,05 \cdot Q = 20 \text{ cm}^3 / \text{s}$$

$$S = 4,6 \text{ cm} \quad ; \quad \Delta H_{1-2} = 3,675 \text{ cm}$$

En application de (II):

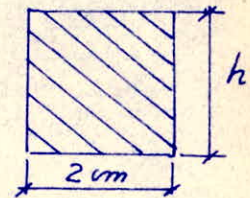
$$h = \frac{400 \cdot 4,6}{4 \cdot 20} + 3,675 = \underline{\underline{26,675 \text{ cm.}}}$$

	A' (cm^2) section mouillée	$V = \frac{Q}{A'} = \frac{400}{A'}$ (cm/s)	V^2 (cm^2/s^2)	$V^2/2g$ (cm)	L (cm)	h (cm)	P périmètre mouillée (cm)
①	3,8	105,2	$1,11 \cdot 10^4$	5,66	3	1,9	7,8
②	3,6	111,1	$1,238 \cdot 10^4$	6,32	2,5	1,8	7,6
③	3,6	111,1	$1,238 \cdot 10^4$	6,32	3,5	1,8	7,6
④	3,6	111,1	$1,238 \cdot 10^4$	6,32	4	1,8	7,6
⑤	3,6	111,1	$1,238 \cdot 10^4$	6,32	7,4	1,8	7,6
⑥	3,4	117,7	$1,384 \cdot 10^4$	7,06	3,3	1,7	7,4
⑦	3,2	125,0	$1,564 \cdot 10^4$	7,98	4,6	1,6	7,2
⑧	3,0	133,3	$1,78 \cdot 10^4$	9,08	3,6	1,5	7,0
⑨	2,8	142,9	$2,04 \cdot 10^4$	10,4	2,4	1,4	6,8
⑩	2,6	153,9	$2,37 \cdot 10^4$	12,1	0,9	1,3	6,6
⑪	2,2	181,9	$3,31 \cdot 10^4$	16,9	0,5	1,1	6,2

$D_H = 4 \cdot \frac{A'}{P}$ (cm)	$R = \frac{V \cdot D_H}{\nu}$ ($\nu = 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$)	f	$\frac{L}{D_H}$	$\frac{L}{D_H} \cdot \frac{V^2}{2g}$ (cm)	$\Delta H_0 = f \cdot \frac{L}{D_H} \cdot \frac{V^2}{2g}$ (cm)
1,95	$2,05 \cdot 10^4$	0,0257	1,538	8,20	$21,1 \cdot 10^{-2}$
1,895	$2,108 \cdot 10^4$	0,0254	1,319	8,34	$21,18 \cdot 10^{-2}$
1,895	$2,108 \cdot 10^4$	0,0254	1,848	11,68	$29,6 \cdot 10^{-2}$
1,895	$2,108 \cdot 10^4$	0,0254	2,11	13,34	$33,9 \cdot 10^{-2}$
1,895	$2,108 \cdot 10^4$	0,0254	3,91	24,70	$62,7 \cdot 10^{-2}$
1,84	$2,16 \cdot 10^4$	0,0252	1,795	12,68	$31,9 \cdot 10^{-2}$
1,778	$2,22 \cdot 10^4$	0,0250	2,59	20,7	$51,7 \cdot 10^{-2}$
1,714	$2,29 \cdot 10^4$	0,0247	2,1	19,05	$47,1 \cdot 10^{-2}$
1,646	$2,35 \cdot 10^4$	0,0245	1,458	15,15	$37,1 \cdot 10^{-2}$
1,575	$2,42 \cdot 10^4$	0,0244	0,571	6,91	$16,85 \cdot 10^{-2}$
1,42	$2,58 \cdot 10^4$	0,0242	0,352	5,95	$14,4 \cdot 10^{-2}$

$$\sum_1^{11} \Delta H_0 = \Delta H_{12}^{\text{linéaire}} = 3,675 \text{ cm.}$$

Section A' :

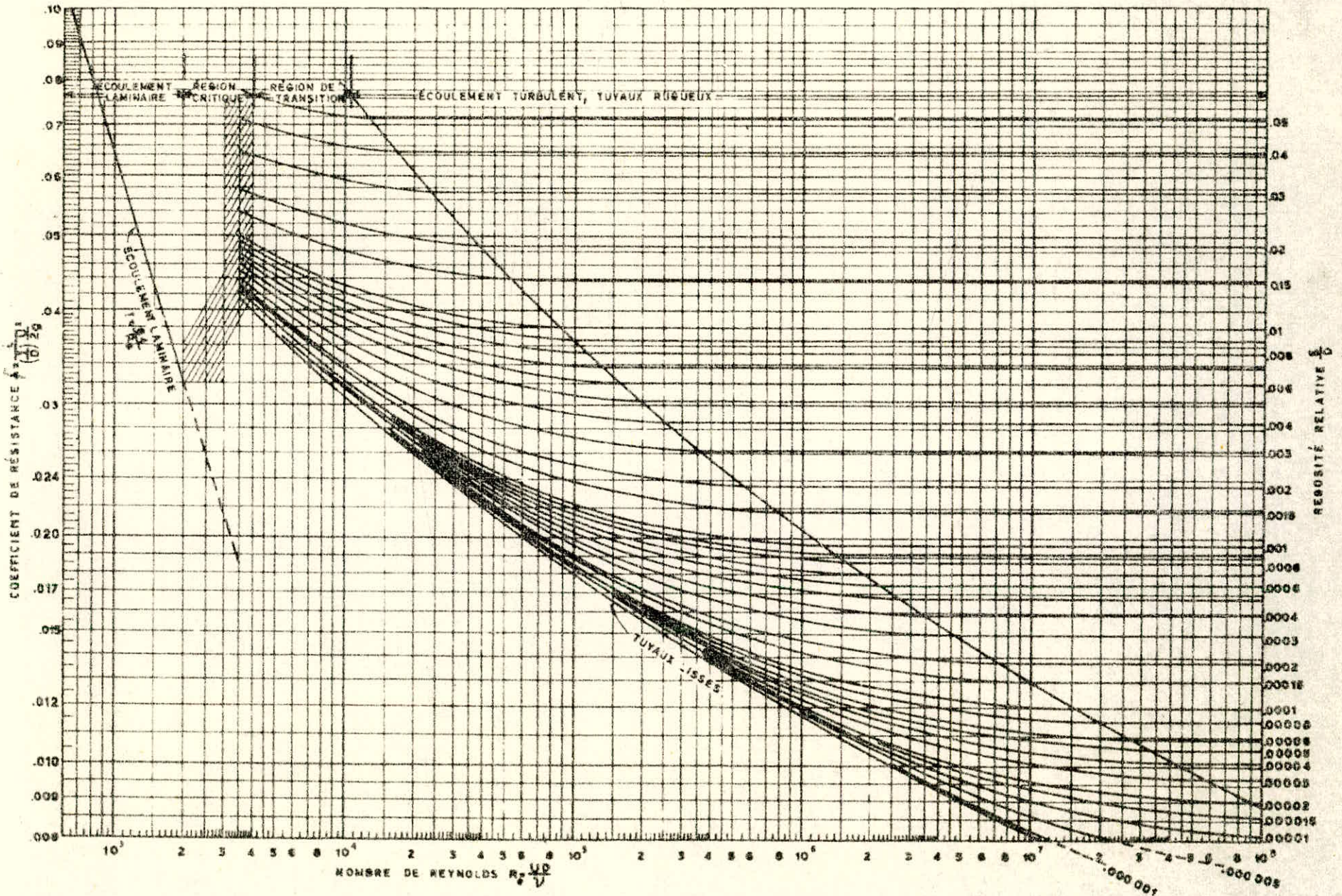


f : coef. de résistance
(voir Diagramme de Moody)

courbe enveloppe : tuyaux
lisses : $\frac{\epsilon}{D_H} = 0$)

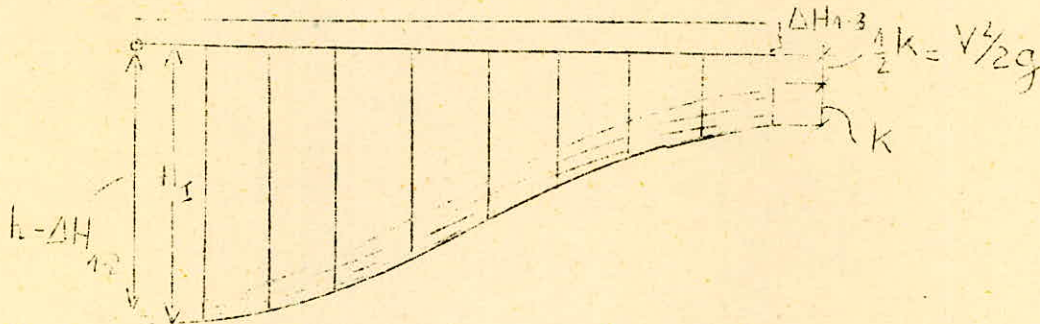
46 - Diagramme de Moody

Pour déterminer R_c , voir l'abaque 43 et 45; pour déterminer $\frac{E}{D}$, voir la table 41 et l'abaque 42.



C'est de cette manière que nous avons établi la première donnée fondamentale pour la construction de notre siphon.

Calcul de ΔH_{2-3} .



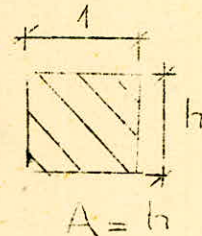
Exemple de calcul:

$$\frac{h_I}{k} = f_I \Rightarrow \alpha_{t_I} \Rightarrow h_I = \alpha_{t_I} \cdot k$$

$$R = h \Rightarrow D_H = 4h$$

$$\frac{Q}{A_I} = V_I \Rightarrow \frac{V_I^2}{2g}$$

$$h_I = A_I \Rightarrow D_{H_I} \Rightarrow f_I \Rightarrow f$$



$$\sum_I \frac{\Delta H_I}{L} = \frac{\Delta H_{2-3}}{L} \quad \text{avec} \quad \Delta H_I = f \cdot \frac{V^2}{2g} \cdot \frac{L}{D_H}$$

Application à notre siphon:

$$Q_n = 400 \text{ cm}^3 / \text{s}$$

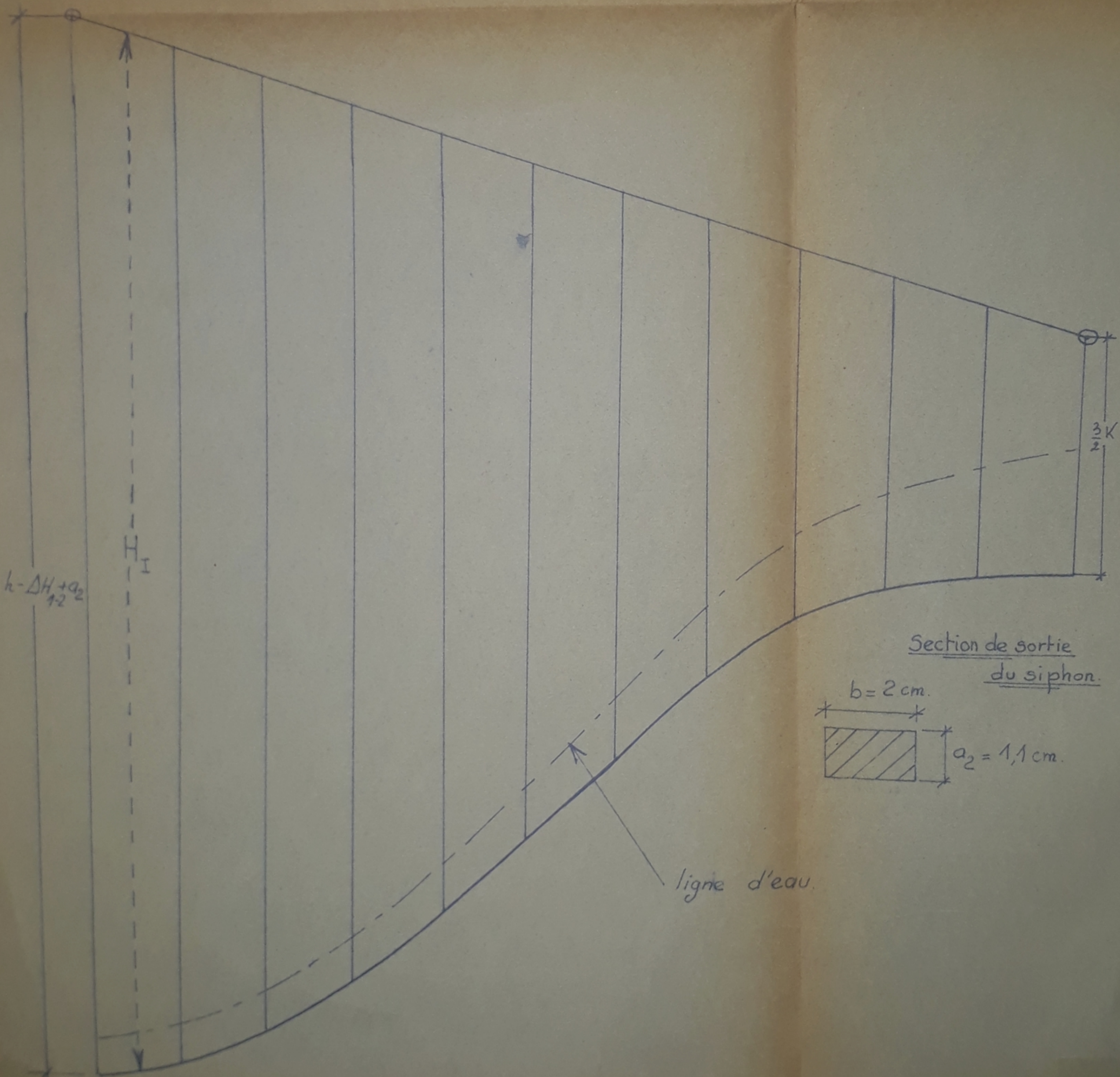
$$b = 2 \text{ cm} \Rightarrow q = \frac{Q_n}{b}$$

$$\Rightarrow q = 200 \text{ cm}^2 / \text{s}$$

~~~~~

~ PARTIE 2-3 du SIPHON ~  
CALCUL de  $\Delta H_{2-3}$  th.

PB 00873  
après p. 16





|        | $H$<br>(cm) | $f = \frac{H}{k}$ | $\alpha_L$ | $h = \alpha_L \cdot k$<br>( $K=3,45$ ) (cm) | $D_H = 4h$<br>(cm) | $V = g/h$<br>(cm/s) | $V^2$<br>( $\text{cm}^2/\text{s}^2$ ) |
|--------|-------------|-------------------|------------|---------------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------------|
| (I)    | 23,5        | 6,811             | 0,275      | 0,948                                       | 3,792              | 210,970             | $4,41 \cdot 10^4$                     |
| (II)   | 22,2        | 6,434             | 0,280      | 0,966                                       | 3,864              | 207,039             | $4,28 \cdot 10^4$                     |
| (III)  | 20,5        | 5,942             | 0,295      | 1,017                                       | 4,068              | 196,656             | $3,84 \cdot 10^4$                     |
| (IV)   | 18,6        | 5,391             | 0,310      | 1,069                                       | 4,276              | 187,090             | $3,49 \cdot 10^4$                     |
| (V)    | 16,1        | 4,666             | 0,340      | 1,173                                       | 4,692              | 170,502             | $2,89 \cdot 10^4$                     |
| (VI)   | 13,8        | 4,000             | 0,370      | 1,276                                       | 5,104              | 156,739             | $2,43 \cdot 10^4$                     |
| (VII)  | 11,4        | 3,304             | 0,420      | 1,449                                       | 5,796              | 138,026             | $1,90 \cdot 10^4$                     |
| (VIII) | 9,0         | 2,608             | 0,490      | 1,690                                       | 6,76               | 118,343             | $1,39 \cdot 10^4$                     |
| (IX)   | 7,4         | 2,144             | 0,560      | 1,932                                       | 7,728              | 103,519             | $1,06 \cdot 10^4$                     |
| (X)    | 6,3         | 1,826             | 0,645      | 2,225                                       | 8,900              | 89,887              | $0,79 \cdot 10^4$                     |
| (XI)   | 5,6         | 1,623             | 0,760      | 2,622                                       | 10,488             | 76,277              | $0,57 \cdot 10^4$                     |

| $\frac{V^2}{2g}$<br>(cm) | $R = \frac{V \cdot D_H}{\nu}$<br>( $\nu = 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$ ) | $f$    | $L$<br>(cm) | $\frac{L}{D_H}$ | $\frac{L}{D_H} \cdot \frac{V^2}{2g}$<br>(cm) | $\Delta H_i = f \frac{L}{D_H} \cdot \frac{V^2}{2g}$<br>(cm) |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------|-------------|-----------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 22,5                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2           | 0,527           | 11,857                                       | 0,221                                                       |
| 21,8                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2,2         | 0,569           | 12,404                                       | 0,231                                                       |
| 19,6                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2,3         | 0,565           | 11,074                                       | 0,207                                                       |
| 17,8                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2,7         | 0,631           | 11,231                                       | 0,210                                                       |
| 14,7                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2,5         | 0,532           | 7,82                                         | 0,146                                                       |
| 12,3                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2,7         | 0,528           | 6,494                                        | 0,121                                                       |
| 9,69                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2,8         | 0,483           | 4,680                                        | 0,087                                                       |
| 7,09                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2,4         | 0,355           | 2,516                                        | 0,047                                                       |
| 5,40                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2,1         | 0,271           | 1,463                                        | 0,027                                                       |
| 4,03                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2           | 0,224           | 0,902                                        | 0,016                                                       |
| 2,90                     | $7,99 \cdot 10^4$                                                          | 0,0187 | 2,1         | 0,200           | 0,58                                         | 0,010                                                       |

Calcul pratique de  $\Delta H_{2-3}$ .exp.

En se référant à la théorie exposée précédemment et aux tableaux ci-joints on peut conclure que :

$$\sum \Delta H_{i_{th.}} = 1,323 \text{ cm.}$$

$$\Rightarrow \Delta H_{2-3_{exp.}} = \sum \Delta H_{i_{th.}} \cdot C = \sum \Delta H_{i_{th.}} \cdot 3,41$$

$$\Rightarrow \underline{\Delta H_{2-3_{exp.}}} = 1,323 \cdot 3,41 = \underline{4,49 \text{ cm.}}$$

N.B.: La valeur de  $C$  a été déterminée grâce à la courbe faite par M<sup>r</sup> BESSES Moncef dans sa thèse en 1958.

( Dans notre cas :

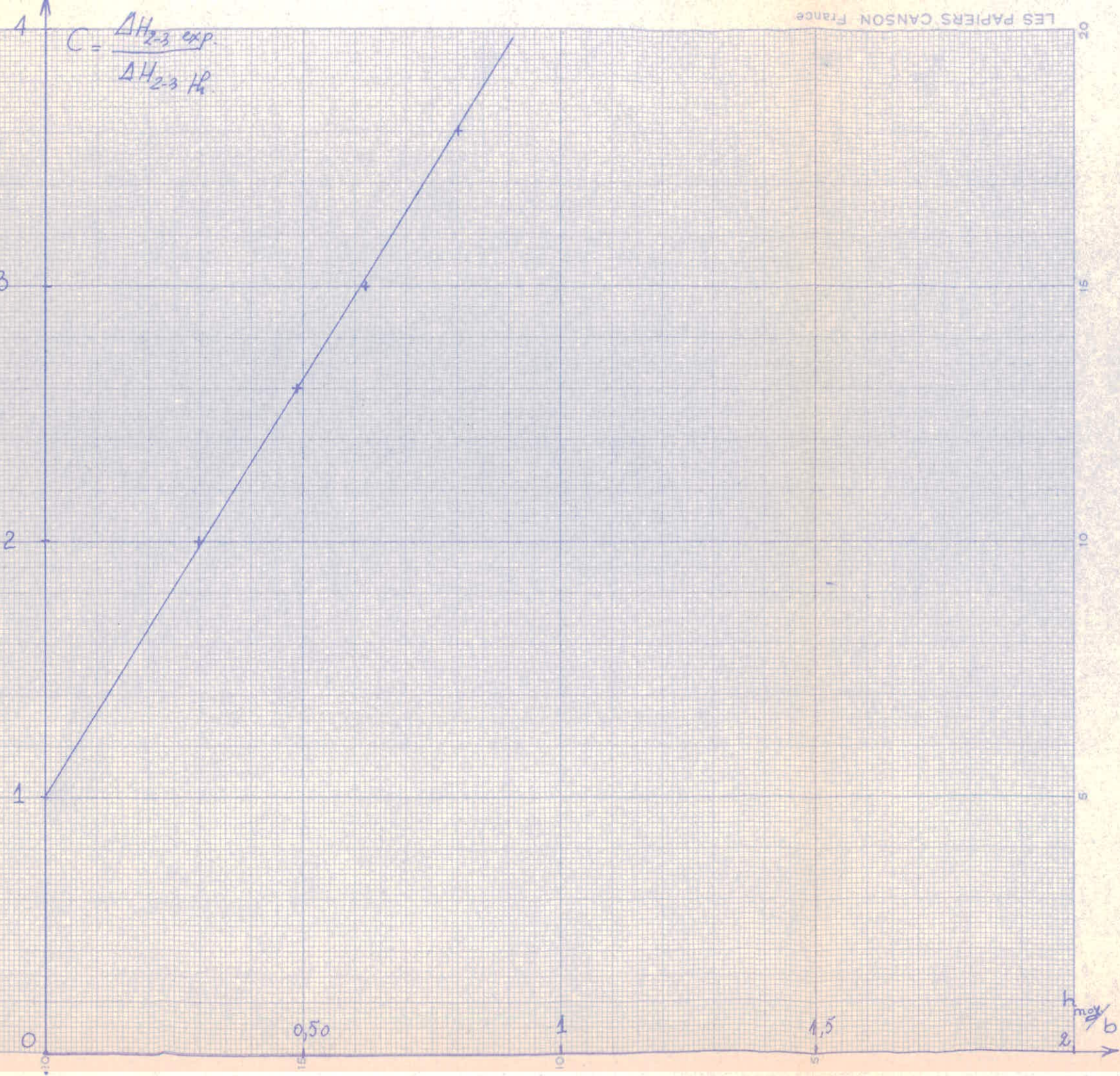
$$\frac{h_{moyen}}{b} = 0,743 \Rightarrow C = 3,41$$

avec  $\left\{ \begin{array}{l} h_{moyen} = 1,487 \text{ cm.} \\ b = 2 \text{ cm.} \end{array} \right.$

---

~ Tableau des valeurs de  $\frac{h_{\text{moy.}}}{b}$  en f<sup>m</sup> de C<sub>2</sub>

|                                                                      |   |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------------|---|------|------|------|------|
| $\frac{h_{\text{moy.}}}{b}$                                          | 0 | 0,30 | 0,49 | 0,62 | 0,80 |
| $C = \frac{\Delta H_{2-3 \text{ exp.}}}{\Delta H_{2-3 \text{ th.}}}$ | 1 | 2    | 2,6  | 3    | 3,6  |



Calcul du "coef. de réduction de la variance de débit" ou "rendement d'amélioration"

$$\bullet \Delta H_{\max} = 19,4 - (2,35 + 5,01) = 19,4 - 7,36 = 12,04 \text{ cm.}$$

$$\bullet \Delta H_{\text{nom.}} = 16,7 - (2,35 + 5,01) = 16,7 - 7,36 = 9,34 \text{ cm.}$$

$$\bullet \Delta H_{\min} = 14,7 - (2,35 + 5,01) = 14,7 - 7,36 = 7,34 \text{ cm.}$$

$$\frac{\Delta H_{\max}}{\Delta H_{\text{nom.}}} = \frac{12,04}{9,34} = 1,29 \Rightarrow \frac{Q_{\max \text{ th.}}}{Q_{\text{nom.}}} = 1,135.$$

$$\frac{Q_{\text{exp.}}}{Q_{\text{nom}}} = \frac{416}{400} = 1,04.$$

$$\Rightarrow \text{Rendement d'amélioration} = \frac{4}{13,5} = 29,6\%.$$

$$\frac{\Delta H_{\text{nom.}}}{\Delta H_{\min}} = \frac{9,34}{7,34} = 1,27 \Rightarrow \frac{Q_{\text{nom.}}}{Q_{\min \text{ th.}}} = 1,127.$$

par contre :

$$\frac{Q_{\text{nom.}}}{Q_{\min \text{ exp}}} = \frac{400}{383} = 1,04.$$

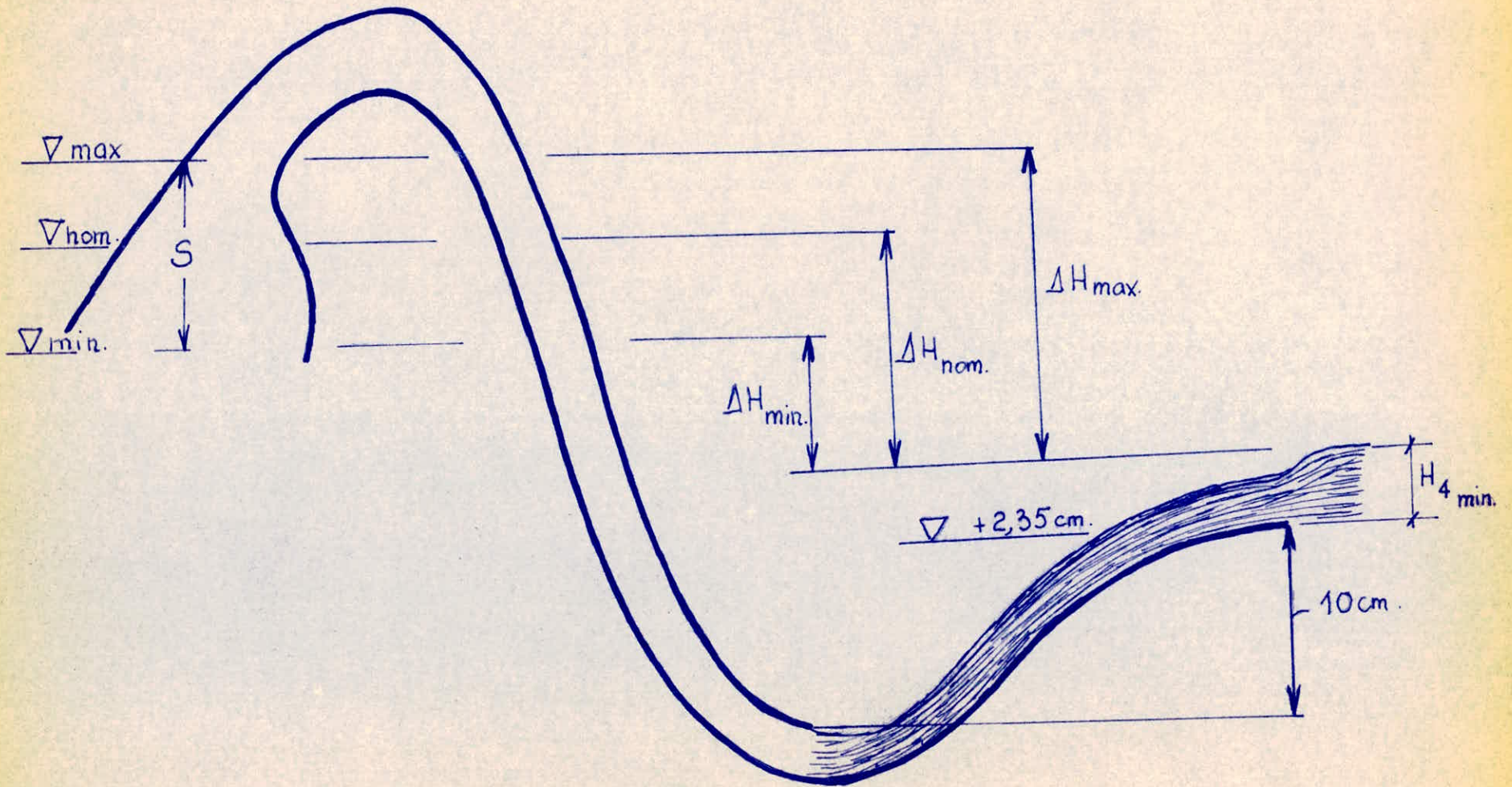
$$\Rightarrow \text{Rendement d'amélioration} = \frac{4}{12,7} = 31,5\%.$$

Conclusion:

Que la variation du débit occasionné par variation de la charge de  $\pm 28\%$  n'entraîne qu'une variation du débit de  $\pm 4\%$  alors que cette variation pour un ouvrage de dérivation classique entraînerait une variation de débit de  $\pm 14\%$ .

000000000000000000000000

$$H_{4\text{min}} = 5,01 \text{ cm.}$$



ETUDE

DU SIPHON n° 2





Projection de ce siphon:

Données:  $Q$   $b$   $Q$   $S$

Inconnue:  $h = f(\Delta Q, S)$

$$\begin{aligned} Q &= 0,530 \text{ l/s} = 530 \text{ cm}^3/\text{s}. \\ \Delta Q &= 0,05 \quad Q = 26,5 \text{ cm}^3/\text{s}. \\ S &= 3,5 \text{ cm} \quad b = 2 \text{ cm}. \end{aligned}$$

En application de l'équation (II):

$$h = \frac{Q \cdot S}{4 \Delta Q} + \Delta H_{1-2} \quad (\text{II})$$

Remarque:

Nous avons agrandi dans la même proportion la section de section sortie ainsi que la section d'entrée de ce siphon par rapport au siphon précédent, donc nous aurons un même  $\Delta H_{1-2}$ .

(le coeff. de frottement et la vitesse ne changent pas puisque la variation de  $R$  est très faible).

$$\Rightarrow \Delta H_{1-2} = 3,675 \text{ cm.}$$

$$\Rightarrow h = \frac{530 \cdot 3,5}{4 \cdot 26,5} + 3,675 = 21,175 \text{ cm.}$$

$$\Rightarrow \underline{h' = 17,5 \text{ cm.}}$$

- ETUDE du SIPHON n°2 -

| Lectures manométriques |                        | $\Delta Z = Z_1 - Z_2$<br>(cm) | Q<br>(l/s) | log Q   | H <sub>0</sub><br>(cm) | h = H <sub>0</sub> + 6,9cm<br>(cm) | log h |
|------------------------|------------------------|--------------------------------|------------|---------|------------------------|------------------------------------|-------|
| Z <sub>2</sub><br>(cm) | Z <sub>1</sub><br>(cm) |                                |            |         |                        |                                    |       |
| 90,6                   | 103,4                  | 12,8                           | 0,544      | - 0,264 | 19,1                   | 26,0                               | 1,415 |
| 90,2                   | 102,7                  | 12,5                           | 0,538      | - 0,269 | 18,4                   | 25,3                               | 1,403 |
| 90,0                   | 102,3                  | 12,3                           | 0,535      | - 0,271 | 18,1                   | 25,0                               | 1,399 |
| 89,5                   | 101,5                  | 12,0                           | 0,530      | - 0,276 | 17,5                   | 24,4                               | 1,387 |
| 89,2                   | 101,0                  | 11,8                           | 0,525      | - 0,280 | 17,0                   | 23,9                               | 1,379 |
| 88,7                   | 100,1                  | 11,4                           | 0,519      | - 0,285 | 16,3                   | 23,2                               | 1,365 |
| 88,2                   | 99,3                   | 11,1                           | 0,512      | - 0,291 | 15,6                   | 22,5                               | 1,353 |

log h

- SIPHON N° 2 -

450

400

$h = f(Q)$

350

0,300

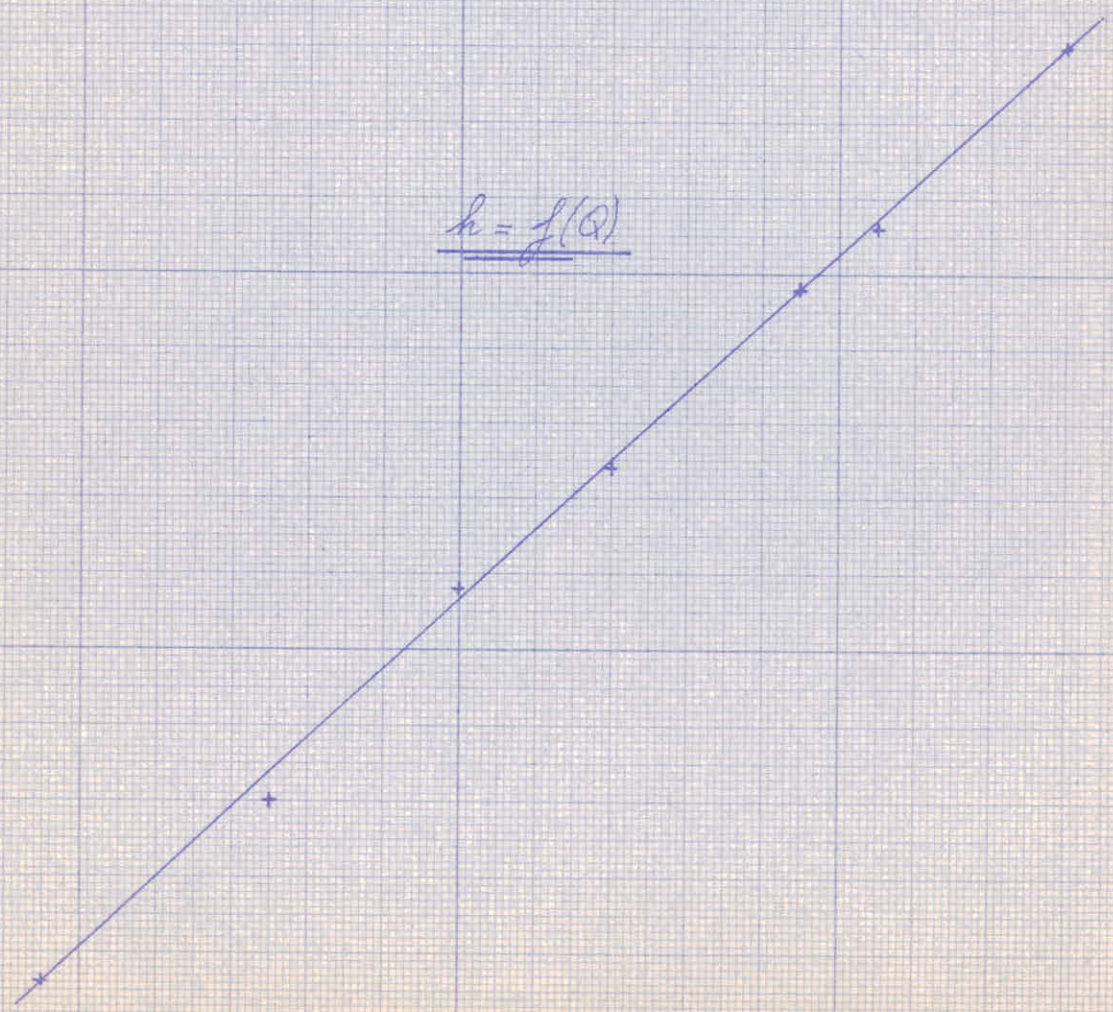
-0,290

-0,280

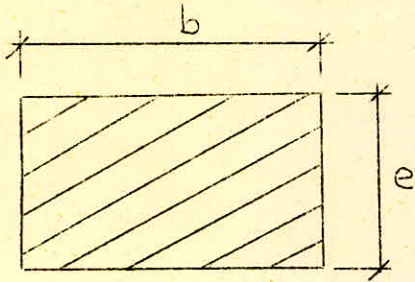
-0,270

log

-0,26



Section de sortie: calcul de e. (voir cours M<sup>r</sup> LAPRAY )  
page 167



$$b = 2 \text{ cm}$$

$$e = ?$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{530}{2} = 265 \text{ cm}^2/\Delta$$

$$k = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(265)^2}{980}} = 4,15$$

$$\chi = \frac{h'}{k} = \frac{h - \Delta H_{1-2}}{k} = \frac{17,5}{4,15} = 4,22$$

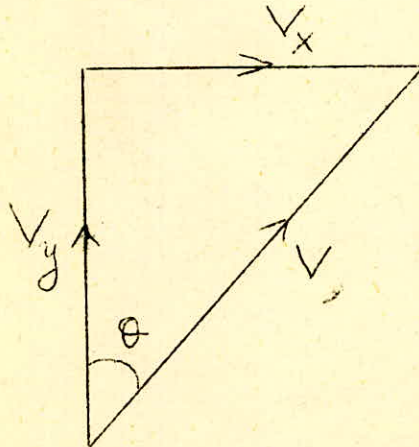
$\Rightarrow \alpha_t = 0,36$  (En application de l'abaque paramétrique du ressaut bidimensionnel)

$$\Rightarrow e = \alpha_t \cdot k = 0,36 \cdot 4,15 = 1,493 \text{ cm}$$

$$\underline{e = 1,493 \text{ cm}}$$

Détermination de l'angle:  $\theta$

Diagramme polaire:



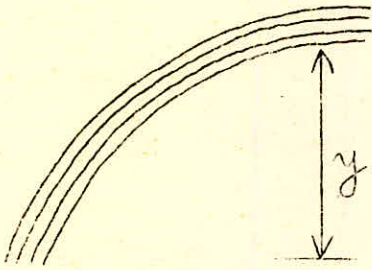
$$V_x \geq \frac{q}{k} \Rightarrow \sin \theta \geq \frac{q}{k \cdot V} \quad \text{avec } V = \sqrt{2gh'}$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{2 \cdot 980 \cdot 17,5'} = 185,2 \text{ cm/s.}$$

$$\Rightarrow \sin \theta \geq \frac{265}{4,15 \cdot 185,2} = 0,345$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta \geq 20^\circ 12'}$$

Détermination de la hauteur du jet:



$$V_y = g t \Rightarrow t = \frac{V_y}{g}$$

$$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$\Rightarrow y = \frac{1}{2} g \cdot \frac{V_y^2}{g^2} = \frac{V_y^2}{2g}$$

$$V_y = V \cos \theta = 185,2 \cdot \cos(20^\circ 12') = 171,8 \text{ cm/s.}$$

$$\Rightarrow y = \frac{(171,8)^2}{2 \cdot 980} = 15,05 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \boxed{y = 15,05 \text{ cm}}$$

Détermination de la largeur minimum du canal:  $b_3$

$$A_2 = b e$$

$$A_3 = b \cdot k = b_3 \cdot e$$

$$\Rightarrow \underline{b_3} = \frac{b \cdot k}{e} = \frac{2 \cdot 4,15}{1,493} = \underline{5,56 \text{ cm}}$$

$$\underline{b_3 = 5,56 \text{ cm}}$$

\* Vérification expérimentale et contrôle des caractéristiques  
réalisées.

Détermination des coeff. de réduction:

$$\bullet \Delta H_{\max.} = 19,1 - 6,0 = 13,1 \text{ cm.}$$

$$\Delta H_{\text{nom.}} = 17,5 - 6,0 = 11,5 \text{ cm.}$$

$$\bullet \Delta H_{\min.} = 15,6 - 6,0 = 9,6 \text{ cm.}$$

$$* \frac{\Delta H_{\max.}}{\Delta H_{\text{nom.}}} = \frac{13,1}{11,5} = 1,138 \Rightarrow \frac{Q_{\max. \cdot h.}}{Q_{\text{nom.}}} = 1,068$$

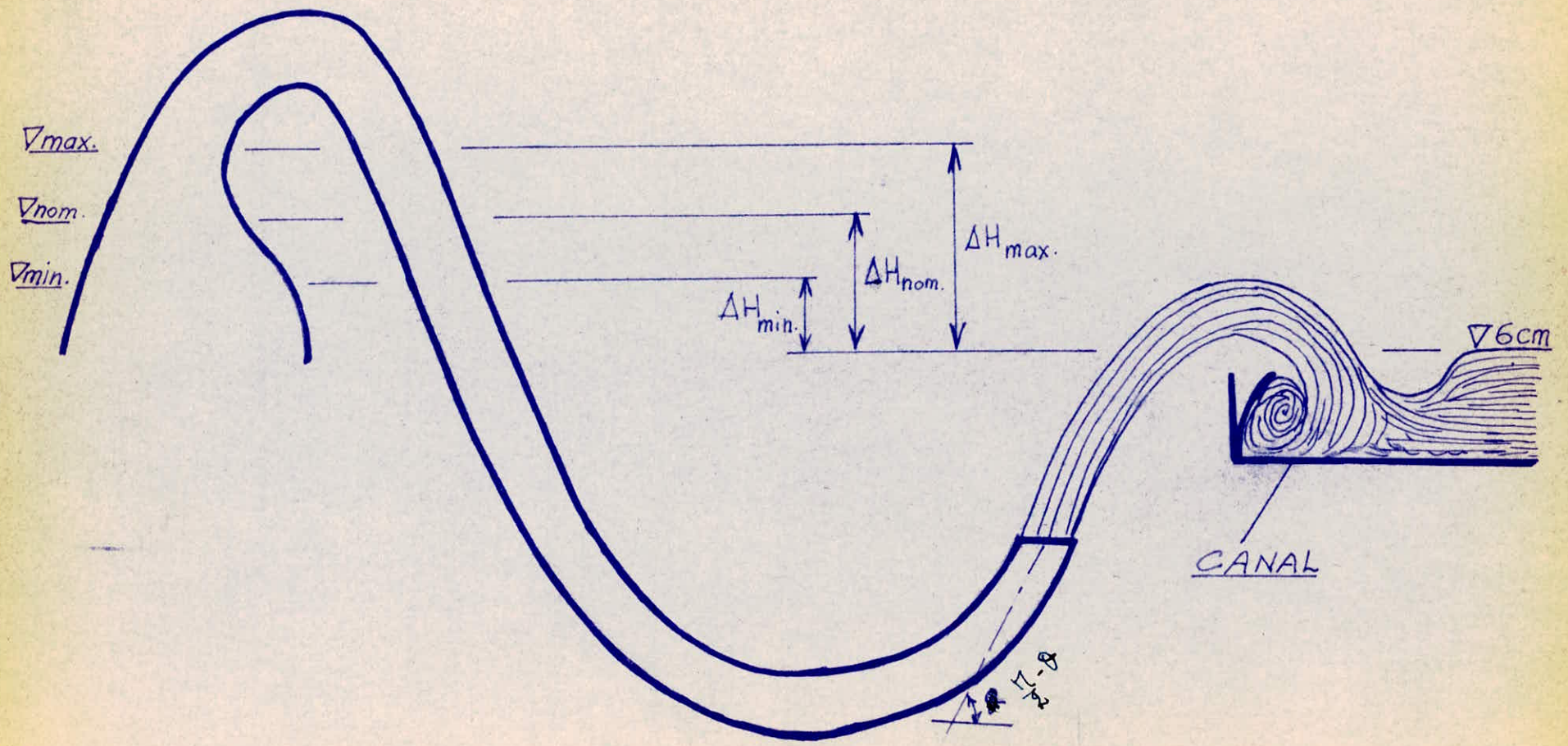
$$\frac{Q_{\text{exp.}}}{Q_{\text{nom.}}} = \frac{544}{530} = 1,026$$

$\Rightarrow$  rendement d'amélioration du coeff. de réduction:  $= \frac{2,6}{6,8} = 38,2\%$ .

$$* \frac{\Delta H_{\text{nom.}}}{\Delta H_{\min.}} = \frac{11,5}{9,6} = 1,198 \Rightarrow \frac{Q_{\text{nom.}}}{Q_{\min. \cdot h.}} = 1,092.$$

par contre:  $\frac{Q_{\text{nom.}}}{Q_{\min. \text{ exp.}}} = \frac{530}{512} = 1,035$

$$\Rightarrow \text{coeff. de réduction} = \frac{3,5}{9,2} = 38,0\%$$





CONCLUSION:

Nous avons réalisé deux siphons modulaires de dérivation dont le premier a pour coefficient de réduction de variance de débit de 30,55% et le deuxième de 38,1% .

Nous retiendrons donc en définitif le siphon de type n° I , car son coefficient de réduction de variance de débit est meilleur.

En comparaison avec le module-à-masque, qui pour une variation de  $\pm 5$  cm entraînerait une variation relative de débit de  $\Delta Q/Q = 10\%$  , le siphon qu'on réaliserait en vraie grandeur n'entraînerait pour une variation de  $\pm 5$  cm par rapport au niveau nominal, qu'une variation de  $\pm 4\%$  par rapport au débit nominal.

En comparaison avec le siphon à volet, faisant objet de brevet, il faut considérer que ce siphon réalisé est un tout-ou-rien tandis que le premier cité est réglable.

Il reste à juger aux utilisateurs et aux services compétents de choisir le modèle à vulgariser.

-----

- BIBLIOGRAPHIE -

-- M<sup>r</sup> LAPRAY: Cours d'Hydraulique générale.

-- M<sup>r</sup> MASRI: Projet final (1970).

oooooooooooooooooooo

---

