
**Mesure de débit des liquides dans les canaux
découverts — Détermination de la correction de
câble immergé**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Measurement of liquid flow in open channels — Determination of the wetline
correction*
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 9209:1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6389ed8f-3a57-4953-9a04-220d7cf950b/iso-tr-9209-1989)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6389ed8f-3a57-4953-9a04-
220d7cf950b/iso-tr-9209-1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6389ed8f-3a57-4953-9a04-220d7cf950b/iso-tr-9209-1989)



Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

La tâche principale des comités techniques de l'ISO est d'élaborer les Normes internationales. Exceptionnellement, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1: lorsque, en dépit de maints efforts au sein d'un comité technique, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2: lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique et requiert une plus grande expérience;
- type 3: lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, par exemple).

La publication des rapports techniques dépend directement de l'acceptation du Conseil de l'ISO. Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'ISO/TR 9209, rapport technique du type 2, a été élaboré par le comité technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*.

© ISO 1989

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Introduction

Lorsque le besoin se fait sentir d'apporter une correction au sondage par câble immergé obtenu lors d'un mesurage de débit, la procédure recommandée est de consulter les tableaux de correction de câble exondé et de câble immergé, en utilisant l'angle d'entrée du câble immergé observé et la profondeur observée.

Jusqu'à présent, les tableaux recommandés pour être consultés sont ceux basés sur les travaux de F.C. Shenehon (voir [1] et [2]). Le présent Rapport technique expose la théorie et les procédures d'utilisation d'une autre série de tableaux basée sur les travaux du Ministère de la conservation des eaux et de l'énergie électrique de la République populaire de Chine.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Ces procédures exigent des études techniques ultérieures pour qu'on puisse les inclure dans une nouvelle édition de l'ISO 748. Le présent Rapport technique devrait être considéré comme une base acceptable pour ces études ultérieures.

Les travaux de Shenehon effectués avant 1900 sont mentionnés dans [1]. Les tableaux intégraux et un résumé de la méthodologie de ces tableaux sont donnés dans [2]. Les tableaux qui figurent dans l'ISO 748 ne sont qu'une version abrégée.

Comme la future édition de l'ISO 748 contiendra les deux séries de tableaux pour permettre à l'utilisateur de décider lequel lui convient mieux, une brève description de la méthode de Shenehon est donnée avant de présenter la contre-méthodologie plus récente de la République populaire de Chine.

Le principe de la méthode de Shenehon est le suivant.

« La méthode repose sur un principe élémentaire de la mécanique; si une force horizontale connue est appliquée à un poids suspendu à une corde, celle-ci prend une position de repos à un angle avec la verticale, et la tangente de l'angle vertical de la corde est égale à la force horizontale divisée par la force verticale due au poids. Si plusieurs forces horizontales et verticales supplémentaires sont appliquées à la corde, la tangente de l'angle de la corde au-dessus de tout point est égale à la somme des forces horizontales au-dessous de ce point, divisée par la somme des forces verticales au-dessous de ce point.

En appliquant le principe énoncé ci-dessus aux conditions de mesure des profondeurs de l'eau courante, on suppose qu'avec un saumon convenablement conçu la pression horizontale sur le poids dans l'eau relativement calme près du lit peut être négligée. La répartition de la pression horizontale totale de l'eau le long de la sonde est faite selon la variation de la vitesse de la surface au fond. L'excédent de la longueur de la ligne courbée sur la profondeur verticale est la somme des produits de chaque dixième de profondeur et des exsécantes des angles correspondants dérivés pour chaque dixième de profondeur en utilisant la relation tangentielle des forces agissant en dessous de tout point. »

Un avertissement à l'utilisateur de la méthode est également donné en [2] :

« Les points suivants concernant la méthode de détermination de la profondeur verticale de l'eau à partir de la profondeur de câble immergé et de l'angle vertical de la ligne

à la surface ou au-dessus de celle-ci doivent être pris en compte par les utilisateurs de la méthode: —

1. Le poids et la sonde doivent être tels qu'il soit possible au poids d'aller jusqu'au fond en dépit de la force de l'eau.
2. Le sondage doit être effectué lorsque le poids est au fond mais entièrement supporté par la sonde.
3. La pression horizontale sur le poids en position de sondage doit être négligée.
4. Le tableau est général et non pas pour une sonde, un câble ou un saumon spécifique, à condition qu'ils soient conçus pour offrir une faible résistance au courant, étant donné que l'angle vertical est fonction de la résistance offerte par la sonde et le poids.»

L'approche dans la méthode de la République populaire de Chine présentée ci-après diffère à bien des égards de celle de la méthode de Shenehon, notamment:

- a) La prétention que la pression horizontale sur le saumon en repos sur le lit de la rivière est négligeable et peut ne pas être prise en compte est contestée. La pression peut être assez forte, notamment dans les cours d'eau peu profonds au cours rapide. La méthode chinoise tient compte de cette pression horizontale sur le saumon.
- b) Les tableaux sont spécifiques lorsque l'on tient compte de différents poids.
- c) On tient compte des effets de la pression horizontale sur le moulinet, la sonde et le câble des signaux éventuels.
- d) Les tableaux sont spécifiques du fait qu'ils tiennent compte des différents diamètres des sondes en utilisation.

[ISO/TR 9209:1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6389ed8f-3a57-4953-9a04-220d7cfd950b/iso-tr-9209-1989)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6389ed8f-3a57-4953-9a04-220d7cfd950b/iso-tr-9209-1989>

Références

- [1] LYDECKER, G.J. Survey of northern and northwestern lakes, *Ann. Rep. Chief of Engineers*, US Army, pt. 8, Appendix III, 1900: pp. 5329-5330.
- [2] CORBETT, D.M. *et al.* Stream-gauging procedure, *Geological Survey Water Supply Paper 888*, US Dept. of Interior, 1945: pp. 44-51.

Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Détermination de la correction de câble immergé

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique prescrit une méthode de détermination de la correction de câble immergé, en supplément de celle donnée dans l'annexe C de l'ISO 748 : 1979.

2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour le présent Rapport technique. Au moment de la publication du présent Rapport technique, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur ce Rapport technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 748 : 1979, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes d'exploration du champ des vitesses.*

3 Considérations théoriques

3.1 Détermination de la correction de câble immergé, ΔW

La formule pour la détermination de la correction de câble immergé, ΔW , est obtenue à partir de la figure 1.

En prenant un élément $E_{(x,y)}$ sur la sonde en tant que corps libre, on obtient les équations suivantes :

$$\frac{P_x + Q_x}{G_0} = \frac{dx}{dy} \quad \dots (1)$$

où

- P_x est la force d'impulsion sur la sonde;
- Q_x est la force d'impulsion sur le saumon;
- G_0 est le poids du saumon dans l'eau.

$$v_y = v_0 \sqrt{1 - P\eta^2} \quad \dots (2)$$

où

- v_y est la vitesse au point E;
- v_0 est la vitesse à la surface de l'eau;

P est le paramètre de répartition des vitesses;

η est la profondeur relative :

$$\eta = \frac{y}{H}$$

où H est la profondeur de l'eau.

$$P_x = K'_1 \frac{\rho/g}{2} d \int_y^H v_y^2 dy = K_1 v_0^2 H \left[(1 - \eta) - \frac{P}{3} (1 - \eta^3) \right] \quad \dots (3)$$

K'_1 est le coefficient de résistance de la sonde;

K_1 est le coefficient d'impulsion de la sonde;

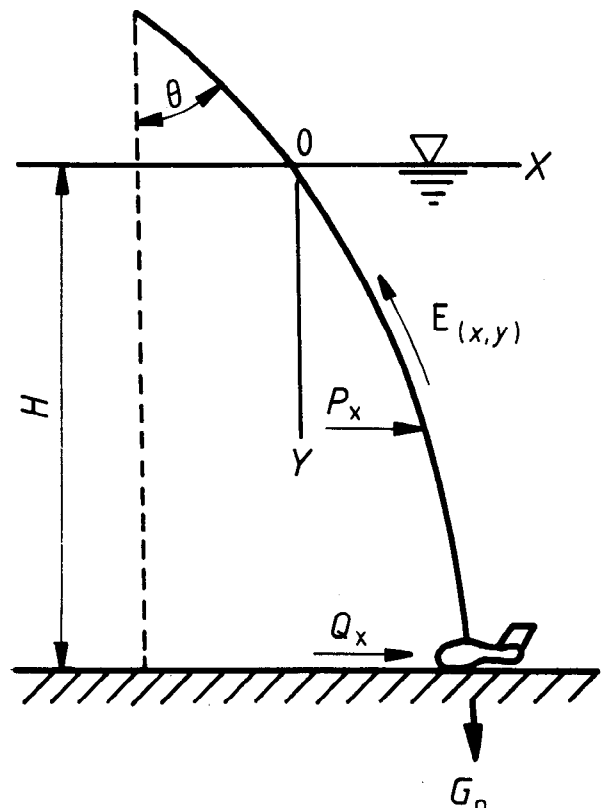


Figure 1 — Forces agissant sur la sonde

$$\rho/g = 102 \text{ kg} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-4}$$

où ρ est la masse volumique de l'eau;

d est le diamètre de la sonde.

$$Q_x = K'_2 \frac{\rho/g}{2} \Omega v_H^2 = K_2 v_H^2 (1 - P) \quad \dots (4)$$

où

K'_2 est le coefficient de résistance du saumon;

K_2 est le coefficient d'impulsion du saumon;

Ω est la surface frontale du saumon;

v_H est la vitesse au fond de la rivière.

$$\beta = \frac{K_2}{K_1} \quad \dots (5)$$

où β est le paramètre d'impulsion.

En substituant les équations (3), (4) et (5) dans l'équation (1), on obtient l'équation suivante:

$$\frac{dx}{dy} = \frac{K_1 v_0^2 H}{G_0} (1 - \eta) - \frac{P}{3} (1 - \eta^3) + \frac{\beta}{H} (1 - P) \quad \dots (6a)$$

Lorsque $\eta = 0$, $\frac{dx}{dy} = \tan \theta$, où θ est l'angle oblique.

On obtient alors à partir de l'équation (6a) l'équation suivante:

$$\frac{K_1 v_0^2 H}{G_0} = \frac{\tan \theta}{\left(1 - \frac{P}{3}\right) + \frac{\beta}{H} (1 - P)} \quad \dots (6b)$$

En substituant l'équation (6b) dans l'équation (6a), on obtient l'équation suivante:

$$\frac{dx}{dy} = 1 - \frac{\eta \left(1 - \frac{P}{3} \eta^2\right)}{\left(1 - \frac{P}{3}\right) + \frac{\beta}{H} (1 - P)} \tan \theta \quad \dots (6)$$

Les autres équations pour la détermination de la correction de câble immergé, ΔW , sont les suivantes:

$$L_H = H \int_0^1 \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2} d\eta \quad \dots (7)$$

où L_H est la longueur du câble immergé,

$$\Delta W' = L_H - H \quad \dots (8)$$

$$K_H = \frac{\Delta W}{L_H} = 1 - \frac{1}{\int_0^1 \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2} d\eta} \quad \dots (9)$$

où K_H est le coefficient de correction.

Étant donné que H est une grandeur inconnue, la correction de câble immergé, ΔW , peut être calculée par une solution empirique de l'équation (9):

$$\Delta W = K_H L_H \quad \dots (10)$$

Les résultats de cette solution sont donnés dans les tableaux 4, 5 et 6.

3.2 Détermination du paramètre d'impulsion, β

Selon l'équation (5), le paramètre d'impulsion, β , dépend du choix des coefficients d'impulsion pour la sonde, K_1 , et pour le saumon, K_2 . À partir des équations (3) et (4), ces coefficients sont:

$$K_1 = K'_1 \frac{\rho/g}{2} d \quad \dots (11)$$

$$K_2 = K'_2 \frac{\rho/g}{2} \Omega \quad \dots (12)$$

À partir de l'équation (11), lorsque le coefficient de résistance de la sonde, K'_1 est constant, K_1 est proportionnel à d . Deux séries d'essais *in situ*, avec 112 essais dans chaque série, ont été effectuées pour déterminer K'_1 :

- a) avec câble de signaux;
- b) sans câble de signaux.

Les essais ont été effectués avec des sondes de diamètre 4 mm, 5,4 mm, 7,4 mm et 9,2 mm et des vitesses entre 1,03 m/s et 3,04 m/s. Les résultats définitifs sont donnés au tableau 1, à savoir:

$$K'_{1 \text{ moyen}} = 1,5 \text{ (sans câble de signaux);}$$

$$K'_{1 \text{ moyen}} = 1,7 \text{ (avec câble de signaux).}$$

Le câble de signaux est attaché à la sonde par des bagues de retenue mobiles à des intervalles d'environ 0,1 m.

Les valeurs empiriques dérivées de l'équation (11) pour le coefficient K_1 sont les suivantes:

$$K_1 = 0,076 \ 5 \ d \text{ (sans câble de signaux)} \quad \dots (13a)$$

$$K_1 = 0,084 \ 7 \ d \text{ (avec câble de signaux)} \quad \dots (13b)$$

À partir de l'équation (12), le coefficient d'impulsion du saumon, K_2 , est proportionnel à la surface frontale du saumon, Ω , ou au carré du diamètre maximal du saumon, D_{max} . Pour une masse volumique et une forme données du saumon, son poids dans l'eau, G_0 , est proportionnel à D_{max}^3 .

Ainsi l'équation (12) peut être écrite de nouveau de la façon suivante:

$$K_2 = K''_2 G_0^{2/3} \quad \dots (14)$$

Tableau 1 — Résultats des essais pour la détermination du coefficient de résistance de la sonde, K'_1

Diamètre de la sonde, d mm	Coefficient de résistance de la sonde, K'_1	
	sans câble de signaux	avec câble de signaux
4	1,58	1,87
5,4	1,54	1,7
7,4	1,5	1,68
9,2	1,38	1,55
	moyenne	moyenne
	1,5	1,7

Le coefficient K'' est déterminé par expérience. En utilisant des saumons de 35 kg à 375 kg à des vitesses entre 0,75 m/s et 4,25 m/s et un angle d'entrée variant entre 10° et 40°, 74 essais *in situ* ont été effectués pour obtenir les valeurs de K'' . En portant la grandeur $\frac{Q_x}{G_0^{2/3}}$ sur un graphique en fonction de v comme indiqué à la figure 2, on obtient l'équation empirique pour le coefficient d'impulsion du saumon, K_2 :

$$K_2 = 0,031 G_0^{2/3} \quad \dots (15)$$

En substituant les équations (13a) ou (13b) et (15) dans l'équation (5) et, pour la commodité, en convertissant le poids du saumon dans l'eau, G_0 , à celui dans l'air, G , l'équation (5) devient:

$$\beta = 0,4 \frac{G^{2/3}}{d} \text{ (avec câble de signaux)} \quad \dots (16)$$

$$\beta = 0,3 \frac{G^{2/3}}{d} \text{ (sans câble de signaux)} \quad \dots (17)$$

Si le saumon est en fer, l'équation devient:

$$\beta = 0,5 \frac{G^{2/3}}{d} \quad \dots (18)$$

3.3 Détermination du paramètre de répartition des vitesses, P

Le paramètre de répartition des vitesses, P , varie avec le coefficient de Chezy, C . Pour des valeurs de C variant entre 40 et 60, $P = 0,6$. Sur la base des données recueillies des stations du Bassin de Yangtze, comme indiqué au tableau 2, la valeur moyenne de P est de 0,6, ce qui correspond à la valeur mentionnée ci-dessus.

Tableau 2 — Résultats des essais pour la détermination du paramètre de répartition des vitesses, P

Station	Paramètre de répartition des vitesses, P
Baihe	0,6
Xiangyang	0,65
Yichang	0,59
Cuntan	0,59
Xinchang	0,58
Hankou	0,61
	moyenne
	0,6

3.4 Examen de la correction de câble immergé, ΔW

En vue d'examiner la fiabilité des équations (7) et (8), les essais *in situ* ont été effectués aux stations Yichang, Cuntan et Baihe dans le Bassin de Yangtze en 1958. La profondeur H a été mesurée par un sondeur à écho, en observant en même temps la longueur de la sonde, L_H . La correction de câble immergé mesurée, $\Delta W'$, à partir de l'équation (8), est comparée avec la correction calculée, ΔW , à partir de l'équation (10). Le rapport entre $\Delta W'$ et ΔW est indiqué sur la figure 3. L'erreur moyenne pour la profondeur est de $\pm 0,8\%$. Le tableau 3 donne la gamme des données utilisées pour les essais *in situ* de la correction de câble immergé.

L'équation de la correction de dérive proposée est basée sur la force réelle sur la sonde, et les paramètres choisis sont basés sur les données mesurées et expérimentales. Le résultat en est que l'erreur aléatoire relative est de moins de $\pm 1\%$ et que l'erreur systématique est zéro. La méthode tient compte des diverses dimensions du matériel de suspension. L'exactitude de mesure sera assurée pour des angles d'entrée avec la verticale jusqu'à 30°.

4 Développement et utilisation des tableaux

4.1 Le coefficient de correction, K_H , est calculé par la solution empirique de l'équation (9). La correction de câble immergé, ΔW , est alors calculée à partir de l'équation (10). Les résultats sont présentés aux tableaux 4, 5 et 6. La gamme des paramètres est comme suit:

$$P = 0,6$$

$$\beta = 1 \text{ à } 5$$

$$H = 1 \text{ m à } 30 \text{ m}$$

$$\theta = 4^\circ \text{ à } 30^\circ$$

4.2 Pour utiliser les tableaux dans une station, la valeur de β est calculée à partir des équations (16), (17) ou (18), selon le poids du saumon dans l'air, G , en kilogrammes, et le diamètre de la sonde, d , en millimètres, qui sont utilisées à la station. La valeur de β peut être arrondie au nombre entier le plus proche et est ensuite utilisée pour choisir le tableau approprié, à savoir 4, 5 ou 6. À partir du tableau choisi, la correction de câble immergé, ΔW , peut être obtenue par la longueur de la ligne

mouillée mesurée et l'angle d'entrée. Si la même sonde et le même poids sont invariablement utilisés à une station, β sera constant, et un seul tableau sera nécessaire pour cette station.

Si différentes sondes et différents poids sont utilisés à différents temps, dans ce cas différents tableaux pour les dimensions des sondes et des poids appropriés seront applicables.

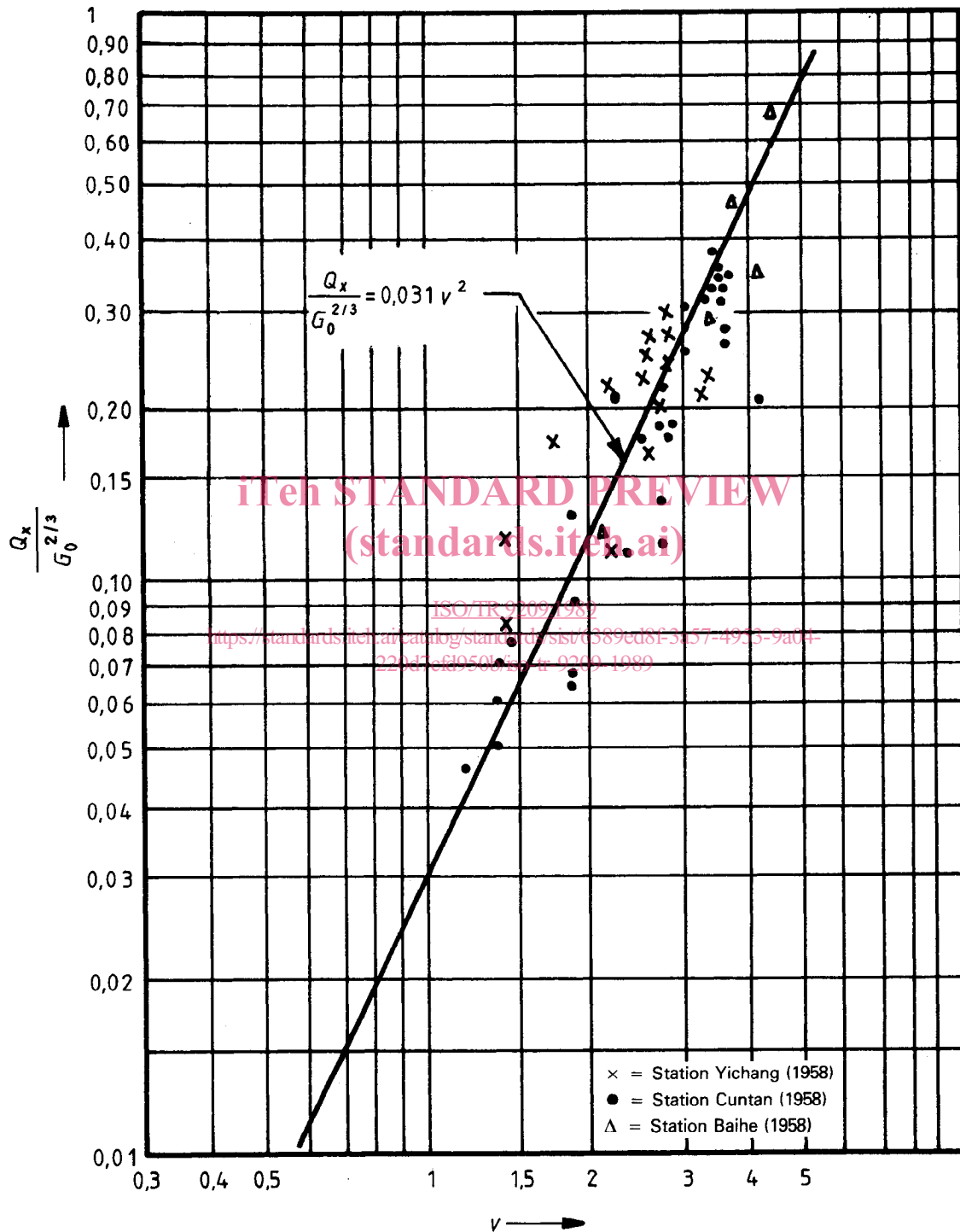
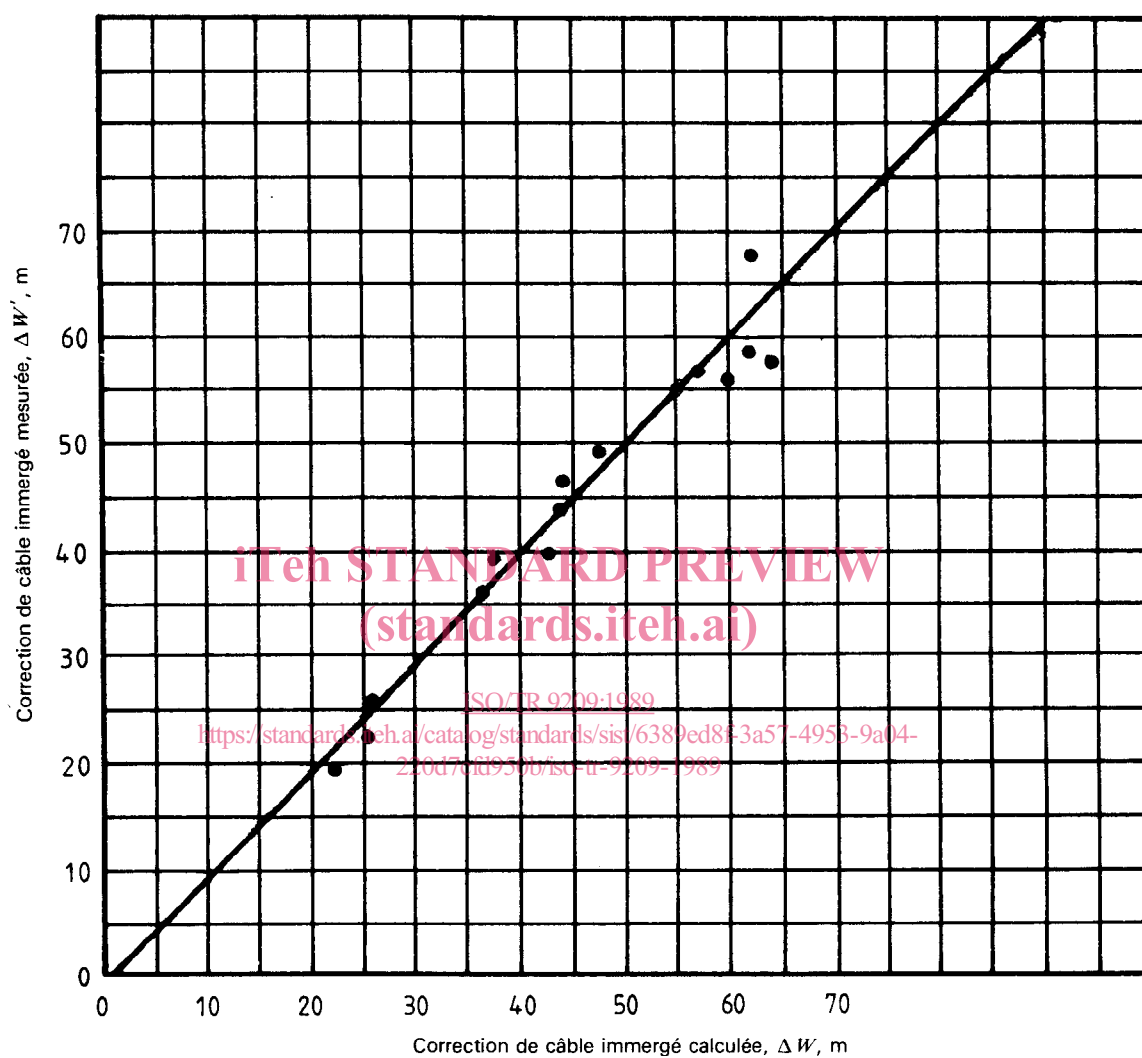


Figure 2 — Courbe de $\frac{Q_x}{G_0^{2/3}}$ en fonction de v

Figure 3 — Rapport entre $\Delta W'$ et ΔW Tableau 3 — Examen de la correction de câble immergé, ΔW

Profondeur, H m	Poids du saumon dans l'air, G kg	Vitesse, v m/s	Angle oblique, θ degrés
22,3 à 30	40 à 200	3 à 4,5	35 à 60