4/90

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

1ex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Hydraulique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

حساب التدفق الاصغري والاعظمي المتوافق مع ظهور القفزة المائية في الاقنية المثلثية والمستطيلة الشكل

Proposé par : مهدي محمد البشير

Etudié par : أحمد الخطيب

EL-KHATIB Ahmed

Dirigé par : مهدي محمد البشير

PROMOTION : juin 1990

بسم الله الرحمن الرحيم

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

وزارة التعليم العالي
المدرسة الوطنية
المتعددة التقنيات

Departement :*HYDRAULIQUE*
Promoteur :*MAHDI M. ELBACHIR*
Elève Ingenieur :*EL KHATIB AHMED*

دائرة : الري
الموجه : المهدي محمد البشير
تلميذ مهندس : أحمد الخطيب

الموضوع : حساب التدفق الاصغري والاعظمي المتوافق مع ظهور القفزة المائية في الاقنية المثلثية والمستطيلة الشكل

الملخص :
هذه الاطروحة تعالج ظاهرة لوحظت حديثا في الاقنية المكشوفة أثناء تصريف المياه . فلقد لوحظ أنه إذا فقدنا القفزة المائية بين بوابة تصريف المياه وعتبة تبديد الطاقة ، وأصبح الجريان في هذه المنطقة شلاليا ، لا نستطيع وقتها إرجاع القفزة المائية إلا عند تدفق أصغر من التدفق السابق.
قمنا بدراسة وتحديد هذين التدفقين في الاقنية المثلثية والمستطيلة الشكل ، وأجرينا تجارب عملية من أجل الاقنية المستطيلة الشكل .

Sujet : *La détermination des débits maximum et minimum compatibles en presence du ressaut hydraulique dans les canaux à section rectangulaire et triangulaire .*

Resumé:

Ce mémoire traite un nouveau phénomène remarqué recemment dans les canaux à ciel ouvert durant l'evacuation de l'eau.
Il a été constaté que si le ressaut hydraulique entre la vanne et le seuil disparait et le régime torentiél prodomine pendant l'evacuation de l'eau , nous ne pouvons le faire reapparaitre qu'avec un débit nettement inferieur au débit precedent .
On a étudié et determiné ces débits maximum et minimum dans les sections triangulaires et rectangulaires , et une étude exprimentale a été faite pour les canaux rectangulaires.

Subject: *The determination of the maximum and minimum discharge in the open channels accompanied with a hydraulic jump, in the rectangular and triangular sections.*

Abstract:

This memory deals with a new phenomenon, noticed recently in open channels during a water evacuation . It was noticed that if the hydraulic jump disapeared during a water evacuation and we have a rapid flow between the sluice gate and the sill we could not make it reappear only if we have a discharge which is inferior to the precedent one.
We studied and determined the maximum and minimum discharge in the triangular and rectangular sections ,and an experimental study was made for the rectangular sections.

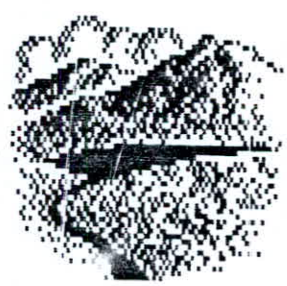
الفهرس

بسم الله الرحمن الرحيم

وأنزلنا من السماء ماء بقدر
فأسكناه في الارض وإنا على ذهاب
به لقادرون

صدق الله العظيم

18/ الحج



إهداء ....

إلى عيون ساهرة تحمى مآذن القدس
و قبة الصخرة..........

إلى أطفال شمروا عن سواعدهم
ليذودوا عن مقدساتنا بصدورهم الغضة
أطفال حجارة فلسطين ....

إلى أرواح شهدائنا فى فلسطين
وكل بقعة من ديار المسلمين ..

إلى عيون رقبتنى وبالحب أمدتنى
......والديَّ الغاليين .....

إلى عيون على المضى أحثتنى
............إخوتى ....

وعيون بالامل أمدتنى
............أصدقائى ....

....

كلمة شكر :

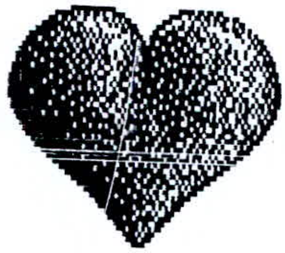
أخص بتقديرى وإحترامى إلى كل من ساعدنى وأمدنى بالعلم والمعرفة تارة" والامل تارة" أخرى ، للوصول بى إلى نهاية الطريق مسدد الخطى ، نائلا للمراد باذن الله

فكل الشكر والعرفان لمن كانوا لمعرفتى بناة" ولفكرى منارة".

إلى أساتذتى فى المدرسة العليا المتعددة التقنيات فى الجزائر ، وأخص بالذكر منهم :

الاستاذ : المهدى محمد البشير ممتنا له إشرافه على رسالتى هذه ....

وكذلك الاستاذ : عاشور ممتنا له توجيهه ونصائحه .



الفهرس

الموضوع	الصفحة

مقدمة

اللغة ضرب من الاتفاق الاجتماعي ، بذلك فهي من أخص خصائص المجتمع ، بل إنها تشكل جزءا هاما من الشخصية الاجتماعية لمجتمع ما ، يجب الحفاظ عليها وتطويرها وإلا فليس أسوأ من أن يفقد المجتمع شخصيته ، فمجتمع بلا شخصية هو مجتمع ميت .

إن تطور لغة ما لهو إنعكاس للتطور الفكرى الذى وصل إليه المجتمع الناطق بها ، فاللغة هى الوعاء الذى يستوعب الفكر ، فكلما تطور الفكر وتنوع ، اضطر الوعاء اللغوى للاتساع . فتطور اللغة وتطور الفكر يسيران جنبا إلى جنب موازيين لبعضهما .

ولعل خصوصية لغتنا هى كونها ليست فقط لغة مجتمعنا ، بل اللغة التى إختارها المولى عز وجل لحمل كلامه ألا وهو القرآن العظيم ، فالحفاظ على هذه اللغة يعنى الحفاظ على هذا الدين ويعنى أيضا الحفاظ على أنفسنا من الضياع الفكرى والثقافى الذى تفرضه علينا حملة التغريب الحاقدة والتى هدفها ليس نقل المعرفة كما يزعمون ، بل القضاء على هذا الدين وإبقاء الشعوب الاسلامية مخدرة ونائمة ليسهل إقتناصها وسلب خيراتها ، كما قال يوما وزير خارجية بريطانيا الاسبق - تشرتشل - فى معنى الحديث: إياكم والليث القابع فى الشرق ،أبعدوا عنه هذا -وأشار إلى قرآن يحمله فى يده - ليسهل عليكم قيادته أو إستعماره.

فرسالتى هذه هى حلقة فى السلسلة التى تهدف إلى جعل اللغة العربية تعيش لحظات القفز المعرفى فى تاريخ العلم .

وتتمثل هذه الرسالة فى معالجة موضوعا جديدا فى تاريخ الرى وهو الظاهرة التى لوحظت من قريب عهد ، فى شأن تصريف المياه فى الاقنية المكشوفة بواسطة بوابة مع الاحتفاظ بالقفزة المائية الثابتة بين البوابة وعتبة تبديد الطاقة من أجل الحصول على ضياعات فى الطاقة معتبرة تحول دون عمليات الحت لقاع قناة التصريف ، فلقد لوحظ أننا إذا فقدنا تلك القفزة وأصبحت منطقة الجريان بين البوابة والعتبة هى منطقة الجريان الشلالى ، لانستطيع عندها أن نرجع تلك القفزة إلا" عند تدفق أصغر من ذلك التدفق الاعظمى السابق . لذا حاولنا فى هذه الرسالة تحديد قيمتى هذين التدفقين الاعظمى والاصغرى فى الاقنية ذات المقطع المستطيل والمثلثى الشكل والمقارنة بينهما لمعرفة المقطع المفضل للاستخدام .

*

الفصل الاول

*

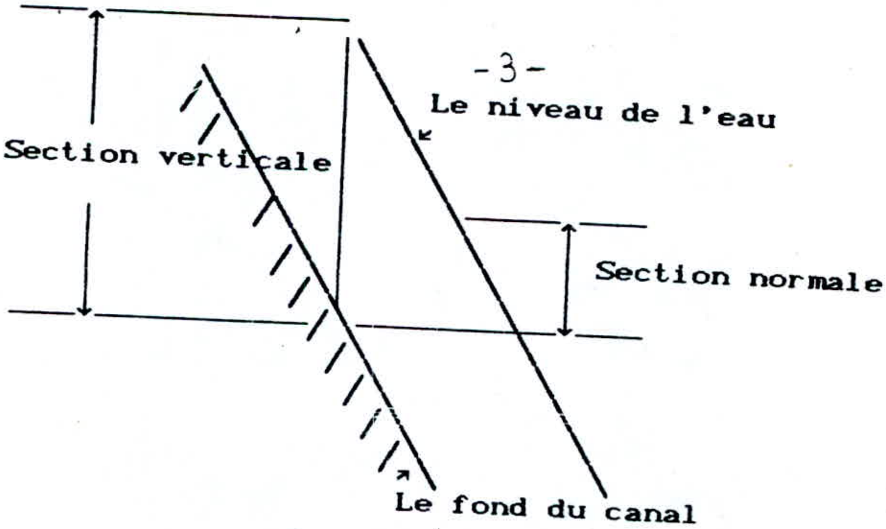
مبادئ أولية

1- الجريان فى الاقنية المكشوفة :

الا قنية المكشوفة هى نواقل مائية يكون فيها السطح السائب معرضا للجو،وبالتالى للضغط الجوى فقط.
وقد تكون القناة مغطاة (كالنفق فى منطقة جبلية مثلا) غير أن الماء يجب أن لا يملأ النفق تماما = كى لا يعلو الضغط فوق الضغط الجوى وأن يصبح النفق عندئذ أنبوبا تجرى فيه المياه تحت الضغط .
إن مقاطع هذه الا قنية قد تكون منتظمة كاقنية الرى والمجارى داخل المدن ،أو غير منتظمة كالا نهار والا ودية مثلا= .
يتعرض الماء أثناء جريانه فى القناة إلى الا حتكاك بجوانبها مما يضعف حركة الماء فيها، غيرأن ميل القناة يكسب الماء الموجود فيها قدرة كامنة تدفع الماء للجريان و التغلب على القدرة الضائعة بسبب الا حتكاك .

2- الشكل الهندسى للقناة:

نقول عن قناة أنها ذات مقطع موشورى : إذاكانت مقاطع هذه القناة ثابتة وكان ميل محورها ثابت أيضا ،أما الا قنية التى يختلف تعريفها عن هذا التعريف فهى أقنية غير موشورية.
إن كلمة مقطع القناة هى بالتعريف : المقطع العرضى للقناة العمودى على اتجاه التيار،أما المقطع الشاقولى للقناة فهو ذلك المقطع الشاقولى المار من أخفض نقطة لمقطع القناة. (كما يبينه الشكل). فالاقنية الافقية هى تلك الاقنية التى ينطبق مقطعيها العادى والشاقولى معا .



ان مقاطع الاقنية هي عادة غير منتظمة وتختلف هذه الاقنية من أقنية ذات مقطع شبيه بالقطع المكافئ الى أقنية بشكل شبه منحرف إن الاقنية بشكل شبه منحرف هي الاقنية الاكثر شيوعا واستعمالا بسبب ميلان الجدران الجانبية مما يعطيها الثبات ومقاومة الانهيار. إما الاقنية المستطيلة فهي المفضلة بحالة استعمال مواد بناء ثابتة مثل : الحديد - الصخور ..الخ.

تستخدم الاقنية مثلثية المقطع في عمليات الصرف الصغيرة، على ضفاف الطرق أو في الاعمال المخبرية التي لا تحتاج الى حجوم مياه كبيرة للتصريف .

أما الاقنية دائرية المقطع فهي تستخدم في أقنية التصريف للمياه القذرة المتوسطة و الصغيرة الحجم .

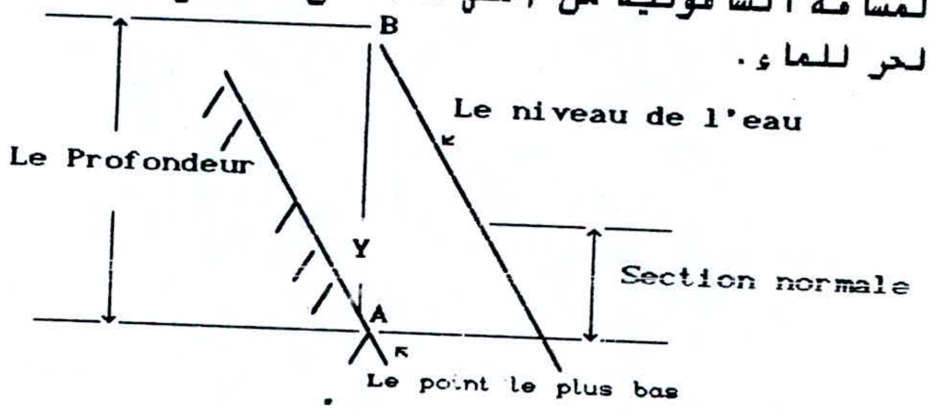
هذه هي اذن المقاطع الاكثر شيوعا واستعمالا ، الا أنه يجب التنويه بوجود عدة أنواع أخرى من الاقنية المستعملة حسب الاغراض الخاصة المطلوبة منها .

3- العناصر الهندسية لمقطع القناة :

العناصر الهندسية لمقطع القناة هي العناصر التي تميز ذلك المقطع تماما عن غيره وهي على التوالي :

1- عمق التيار (Y) :

هو المسافة الشاقولية من أخفض نقطة من المقطع العادى للقناة الى السطح الحر للماء.



2. عمق نقطة ما من التيار (d):

هو المسافة الشاقولية بين هذه النقطة والسطح الحر للسائل.

3. العرض العلوى للمقطع (T)

هو عرض السطح الحر لمقطع القناة.

4. المحيط المبلول (P)

هو المحل الهندسى للنقاط التى تمثل تقاطع المستويات المبلله للقناة مع المقطع العرضى للقناة العمودى على اتجاه التيار.

5. نصف القطر المائى (R)

بالتعريف هو :

$R=A/P$ حيث A هو مساحة المقطع العرضى للتيار المائى العمودى على اتجاه التيار.

6. العمق المائى (D)

هو بالتعريف :

$D=A/T$

7. معامل المقطع فى الجريانات الحرجة :

هو بالتعريف :

$Z=A.\sqrt{(D)}$

8. معامل المقطع فى حساب الجريانات المنتظمة

هو بالتعريف :

$Z=A.R^{(2/3)}$

3- تغيرات السرعة فى مقطع عرضى من القناة :

إن السرعة الفعلية لجريان الماء فى القناة تختلف من نقطة الى أخرى فى مقطعها العرضى ، فاحتكاك الماء بجدران القناة يضعف من سرعة الجريان قرب جدران القناة ، كما أن احتكاك الهواء بالسطح الحر للماء فى القناة يخفف أيضا من السرعة لدى سطح الماء فى القناة (تاثير خفيف أو مهمل عادة). لذا فان السرعة العظمى للجريان تقع على محور القناة والى الاسفل قليلا من سطحها وهى تظهر عادة أسفل السطح ب 0.05 الى 0.25 من عمقها .

فى الحقيقة وبسبب تاثير جدران الاقنية فان الجريان داخل الاقنية الموشورية المستقيمة هو ذو ثلاث أبعاد بالنسبة لمركبات السرع وذلك لنشوء التيارات الحلزونية فيها ، لكننا نهمل عادة هذه التيارات لتاثيراتها الغير معتبرة.

إن زيادة عرض القناة يجعل تاثير جدرانها على الجريان مهملا خاصة كلما اقتربنا من مركز الجريان ، فلذلك نعتبر ان الجريان فى الاقنية العريضة (عرضها أكبر ب 10 مرات ارتفاع الماء فيها) هو جريان ثنائى البعد وهو نفس الجريان فى الاقنية المستطيلة المقطع والتى تملك عرضا لا نهائيا .

4- قياس السرعة الوسطية :

لحساب السرعة الوسطية فى القناة نعتمد الطريقة التالية وهى تلك الماخوذة من " U.S.Geological Survey " وتتلخص فيما يلى :

1- تقسيم المقطع العرضى للقناة الى عدة خانات شاقولية

2- أخذ محور كل خانة من هذه الخانات وقياس السرعة عليه فى الاعماق التالية: 0.2h و 0.8h حيث h ارتفاع الماء عند هذا المحور.

تعطى السرعة الوسطية المقرونة بهذه الخانة تعطى بالعلاقة:

$$V = [v(0.2h)+v(0.8h)]/2$$

3- ان التدفق المقرون بكل خانة هو : $q = V.dA$ حيث dA هو مساحة تلك الخانة

4- التدفق الكلي المار بهذا المقطع هو: $Q = \sum q$

5- السرعة الوسطية الكلية لذلك المقطع هي حاصل قسمة التدفق الكلي على المساحة الكلية لذلك المقطع .

ان هذه الطريقة في قياس السرعة الوسطية تعطي قيما ذات دقة لاباس بها حتى ولو كان سطح الماء مغطى بالثلوج .

5- معاملات توزيع السرع :

1- معامل الطاقة α :

نتيجة لعدم انتظام مخطط توزيع السرع فان الطاقة $v^2/(2g)$ لمقطع ما تكون أقل من القيمة الحقيقية لذلك المقطع .

اذن فالقيمة الحقيقية لتلك الطاقة تعطى بعد ادخال عامل تصحيح α ب :

$$\alpha v^2/(2g)$$

حيث α هو معامل الطاقة أو معامل (كيريوليس) . Coriolis coef. تخليدا لذكرى G. Coriolis أول من نوه باخذ هذا الثابت بعين الاعتبار التجارب أكدت أن قيمة α تتغير من 1.03 الى 1.36 للاقنية المستقيمة الموشورية الشكل على نحو ما .

قيمة المعامل α كبيرة بالنسبة للاقنية الصغيرة و صغيرة بالنسبة للاقنية العريضة ذات الاعماق المعتبرة.

2- معامل كمية الحركة β :

أو معامل (بوسينيسك) Boussinesq Coef. ان كمية الحركة الحقيقية المارة من مقطع ما يعبر عنها كالتالي :

$$\beta.(\rho.g).Q.V/g$$

حيث :

β:معامل كمية الحركة

V:السرعة الوسطية للمقطع

Q:التدفق

g:تسارع الثقالة الارضية

ρ:الكتلة الحجمية للماء

ان قيمة β تتغير في الاقنية شبه الموشورية المقطع والمستقيمة من 1.01 الى 1.12 .

6- تعيين قيم معاملات توزيع السرع :

لتكن ΔA هي مساحة عنصرية من المساحة الكلية A ولتكن : $W=\rho.g$ هي وحدة وزن الماء ، ان الوزن الكلي المار من المقطع ΔA في واحدة الزمن ($t=1$) هو: $W.V.\Delta A$ ، حيث V هي السرعة الوسطية للمقطع ΔA . إن القدرة الحركية هي بالتعريف ($1/2.M.V^2$) حيث M هي الكتلة والتي يعبر عنها أيضا ب : $M=W.V.\Delta A/g$ وبالتالي فالقدرة الحركية تكتب كما يلي:

$$(W.V.\Delta A/g).(V^2/2)=W.\Delta A.V^3/(2.g)$$

والمجموع الكلي للقدرة الحركية لكامل المقطع A هو:

$$\sum[W.V^3.\Delta A/(2.g)] \quad ....(1)$$

إن القدرة الحركية للمقطع A باعتبار السرعة الوسطية V_m وبادخال عامل التصحيح α تعطى بالعلاقة التاليه : $\alpha.W.V_m^3.A/(2.g)$ ، بمساواة هذه العلاقة بالعلاقة (1) تكون قيمة α كما يلي :

$$\alpha=\int(V^3.dA)/(V_m^3.A) \quad ....(2)$$

بنفس الطريقة نحسب معامل كمية الحركة β بالعلاقة التاليه :

$$\beta = \int (V^2 . dA) / (V_m^2 . A) \ldots\ldots\ldots (3)$$

إن قيمة كلا من العاملين α و β تعطيان بشكل تقريبى بالعلاقتين :

$$\alpha = 1 + 3E^2 - 2E^3$$
$$\beta = 1 + E^2$$

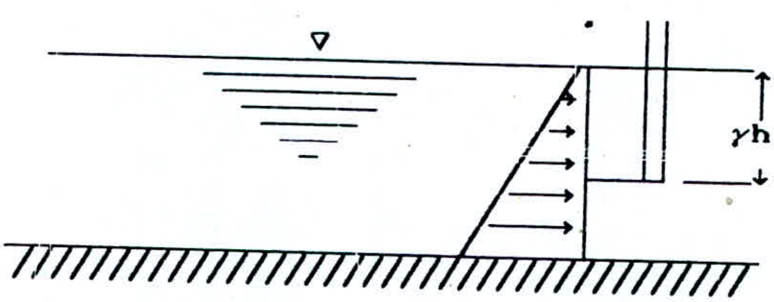
حيث: $E=(V_{max}/V_m)-1$ ، V_m السرعة الوسطيه ، V_{max} السرعة العظمى
هاتان العلاقتان ياخذان بعين الاعتبار التوزيع اللوغاريتمى للسرع أما فى حالة التوزيع الخطى للسرع فقد أعطى Rehbock العلاقتان التاليتان :

$$\alpha = 1 + E^2$$
$$\beta = 1 + E^2/2$$

نأخذ فى المسائل العملية قيمتى α و β مساويتان للواحد كتقريب مقبول فى حل هذه المسائل .

٦- مخطط توزيع الضغط :

يقاس الضغط فى أى نقطة من مقطع قناة بارتفاع الماء فى أنبوب قياس الضغط الموضوع فى تلك النقطة ، حيث نجد أن ارتفاع الماء فى ذلك الانبوب يصل إلى السطح الحر للماء مادام ميل القناة أقل من 10% وبالتالى يمكن اعتبار توزيع الضغوط فى تلك الاقنية هو توزيع الضغط الساكن .



نعرف الجريانات المستقيمة المتوازية بالجريانات التى لها نفس الخاصيه والتى لايوجد فيها أى مركبات لتسارعات محتملة .لذا فانه يمكن اعتبار الجريانات المتغيره تدريجيا جريانات متوازية لكون

تغيرات الاعماق في القناة أو الانحناءات التي يمثلها مسار القناة تنتج مركبات تسارعات مهمله داخل المقطع العرضي للقناة.

7-1) الجريانات المنحنية:

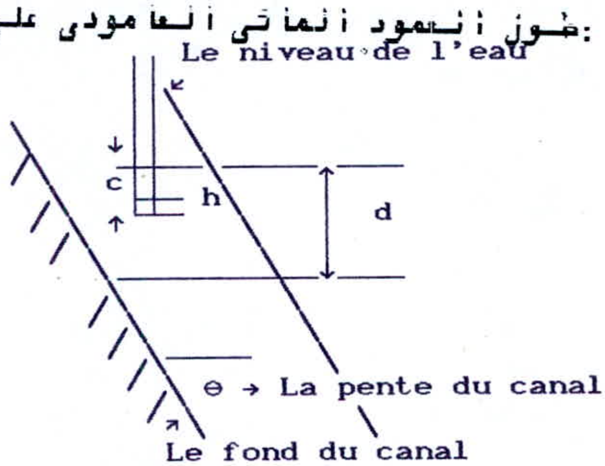
في حالة وجود إنحناءات معتبرة في مسار القناة فانه تتشكل لدينا قوى طاردة مركزية تزيد في قيمة الضغط أو تنقص منه حسب اتجاه الانحناء في القناة . لذا فانه لابد من ادخال معامل تصحيح لقيمة الضغط في هذه الانواع من الاقنية والذي نسميه اصطلاحا معامل الضغط α_1.
نستطيع أن نعبر عن المعامل α_1 بما يلي :

$$\alpha_1 = 1/(Q.\gamma)\int h.v.dA = 1 + 1/(Q.\gamma)\int C.v.dA$$

حيث C هو قيمة تصحيح الضغط الناتج من انحناء الجريان مع اعتبار أن $h=h_s+C$: (انظر الشكل).
إن القوة الطاردة المركزية والتي تسبب هذه الزيادة في الضغط يعبر عنها ب : $P=(W.d/g).(V^2/r)$ وبالتالي فان قيمة C هي :

$$C = d.V^2/(g.r)$$

حيث d هي :طول العمود المائي العامودي على قاع القناة



7-2) تاثير ميلان قعر القناة على قيمة الضغط:

إن معامل الضغط هنا هو: $\cos^2\theta$ حيث θ هي زاوية ميل القناة
وبالتالي فان قيمة h تعطى بالعلاقة(انظر الشكل): $h=Y.\cos^2\theta$
ويكون معامل الضغط قريبا أو يساوي الواحد إذا لم تزد قيمة θ عن

الـ 6 درجات ، أى أن الميل يجب أن لايزيد عن 10%.

*

الفصل الثانى

*

الجريان الحرج فى الاقنية المكشوفة ذات المقطعين المستطيل والمثلثى الشكل

1- المعادلة العامة للجريان الحرج :

نعلم أن الطاقة النوعية لمقطع من الجريان يمكن أن تعطى بالعلاقة التالية:

$$Hs = Y + Q^2/(2.g.A^2)$$

من العلاقة السابقة يمكن استنتاج تغير التدفق بالنسبة لعمق الماء ومن أجل حمولة معينة Hs كما يلى :

$$Q = A.\sqrt{[2.g.(Hs-Y)]}$$

ينعدم التدفق Q من أجل Hs = Y ،ومن أجل A = 0 ، أى من أجل y = 0. لنشتق المعادلة السابقة فنجد :

$$dQ/dY = \{2.g.(Hs-Y).(dA/dY)-A.g\}/\{\sqrt{[2.g.(Hs-Y)]}\}$$

ولكن نعلم أن: dA = T.dY حيث T هو عرض المقطع عند السطح الحر ، بالتعويض نجد (مع اعتبار أن D=A/T):

$$dQ/dY = g.T.\{2.(Hs-Y)-D\}/\{\sqrt{(2.g.(Hs-y)]}\}$$

إن إنعدام المشتق فى العلاقة السابقة يحصل عندما تصبح قيمة التدفق هى قيمة التدفق الحرج والتى تساوى فى هذه الحالة إلى :

$$dQ/dY = 0 \Rightarrow 2.(Hs-Yc)-Dc = 0$$

$$\Rightarrow Dc = 2.(Hs-Yc)$$

ويصبح التدفق أعظميا عندما يكون عمق الماء مساويا للعمق الحرج (Yc) ويسمى هذا التدفق بالتدفق الحرج ويرمز له ب Qc من أجل الطاقة النوعية المعتبرة

$$Qc = Ac.\sqrt{[2.g(Hs-Yc)]}$$

$$\Rightarrow Qc = Ac.\sqrt{(g.Dc)}$$

والسرعة الحرجة في هذه الحالة هي : $Vc = Qc/Ac = \sqrt{(g.Dc)}$.
بتقسيم طرفي المعادلة على $\sqrt{(g.Dc)}$ ينتج أن :

$$Vc/[\sqrt{(g.Dc)}] = 1 \quad ....(1)$$

إن العلاقة (1) هي التي تحدد الحالة التي يكون فيها التدفق حرجا نسمي الطرف الايسر من العلاقة (1) ب عدد فرود .Froud Nbr

2- مميزات الجريان الحرج :

نستطيع أن نجمل مميزات الجريان الحرج بما يلي :

1- إن الطاقة النوعية في الجريان الحرج هي ذات قيمة دنيا من أجل تدفق معين :
للبرهان على ذلك نأخذ العلاقة التالية :

$$Hs = Y + Q^2/(2.g.A^2)$$

إن هذا التابع له قيمة صغرى لـ Hs من أجل انعدام قيمة المشتق الاول بالنسبة لـ Y حيث :

$$dHs/dY = 0 \Rightarrow 1-[Q^2/(g.A^3)].(dA/dY)=0$$

وبما أن $dA = T.dY$: نستطيع أن نكتب :

$$1-V^2/(g.D) = 0 \Rightarrow V^2/(g.D)=1$$

اذن من أجل القيمة التى ينعدم عندها المشتق لتابع القدرة النوعية يكون الجريان حرجا .

2- إن التدفق هو أعظمى من أجل قدرة نوعية معطاة (كما شاهدناه فى المعادلة العامة للجريان الحرج).

3- قيمة عدد فرود فى هذا لجريان يساوى الواحد .

4- القوة النوعية هى دنيا من أجل تدفق معين :للبرهان على هذا الامر ننطلق من علاقة تغير كمية الحركة حيث :

$$\rho.Q.(\beta 2.V2 - \beta 1.V1) = P1- P2+ W.\sin\theta - F$$

حيث :

F :قوة الاحتكاك بين المقطعين (1-1) و (2-2) .

P :قوة ضغط الماء .

θ :زاوية ميل القناة .

W :ثقل كتلة الماء بين المقطعين.

ρ :الكتلة الحجمية للماء .

Q :التدفق .

V :سرعة جريان الماء .

β :معامل كمية الحركة.

واذا اعتبرنا أن الجريان أفقى أى أن ميل القناة مهمل يكون عندها : $\sin\theta = 0$.

وباعتبار قيمة قوة الاحتكاك F هى صغيرة جدا بحيث يمكن إهمالها ، واذا اعتبرنا أن : $\beta 1 = \beta 2 = 1$ ، عندها تصبح معادلة كمية الحركة كما يلى :

$$\rho.Q.(V2 - V1) = P1 - P2 \;.....(1)$$

ولكننا نعلم أن قوة الضغط P تعطى بالعلاقة: $\rho.g.Z.A$ حيث Z هو بعد مركز ثقل المقطع A عن السطح الحر للماء، بالتعويض ينتج أن :

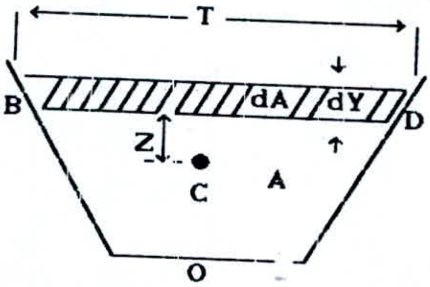
$$Q^2/(g.A1) + Z1.A1 = Q^2/(g.A2) + Z2.A2$$

نسمى الحد : $Q^2/(g.A) + Z.A$ بالقوة النوعية F لانه مجموع قوتين :قوة عزم الحركة لواحدة الاوزان للسائل فى واحدة الزمن بالاضافة إلى قوة ضغط الماء لواحدة الاوزان .

نشتق هذا الحد بالنسبة لـ Y فيعطينا العلاقة التالية:

$$dF/dY = -[Q^2/(g.A^2)].(dA/dY) + d(Z.A)/dY = 0 \quad .....(2)$$

للحصول على قيمة $d(Z.A)$ نأخذ العزم الساكن للسائل بالنسبة للسطح الحر كما يأتى (انظر الشكل) :



إن مساحة المقطع BDO هى A ومركز ثقلها هو C و بُعد ذلك المركز عن السطح الحر هو Z.

إن السطح BDO يتغير بقيمة dA الذى هو بدوره قيمة ناتجة عن تغير الارتفاع ب dY .اذن فمساحة السطح الجديد هى : $A1 = A + dA$.

لنبحث عن مركز ثقل هذا السطح بتطبيقنا لنظرية مركز الثقل :

$Xc = [\sum Fi.Xi]/\sum Fi$ (نأخذ العزوم حول السطح الجديد)

بحسب هذه العلاقة يعطى ترتيب مركز الثقل الجديد ب :

$$Z1 = [A.(Z+dY)+T.dY^2/2]/(A+dA) \quad .....(3)$$

و بما أن $dA = T.dY$: يكون :

$$Z1.(A+dA) = Z1.A1 = A(Z+dY) + T.dY^2/2$$

ولكن : $d(Z.A) = Z1.A1 - Z.A$ ، ومع إعتبار أن $A1= A+dA$ ،وباخذ العلاقة (3) بعين الاعتبار نجد :

$$d(Z.A) = A.(Z+dY) + T.dY^2/2 - Z.A$$

وباهمالنا للحدود التى هى من الدرجة الثانية بالنسبة للتفاضل dY تصبح العلاقة كما يلى :

$$d(Z.A) = A.(Z + dY) - Z.A$$

نعوض هذه المعادلة بالعلاقة (2) فينتج :

$$dF/dY = -[(Q^2.dA)/(g.A^2.dY)] + (A.Z+A.dY-A.Z)/dY$$

$$\Rightarrow dF/dY = -[(Q^2.dA)/(g.A^2.dY)] + A$$

وباعتبار أن : $dA=T.dY$ و $Q=V.A$. بالتعويض والاصلاح ينتج :

$$V^2/(2.g) = D/2 \Rightarrow V^2/(g.D) = 1$$

وهذا هو شرط حدوث الجريان الحرج .
اذن بهذا البرهان نكون قد أثبتنا أن القوة النوعية للسائل هى دنيا بحالة الجريان الحرج .

5- فى الجريان الحرج يمكن إعتبار أن قيمة الحد $V^2/(2.g)$ تساوى إلى $D/2$ بالنسبة للاقنية القليلة الميل .

3- معامل المقطع للجريان الحرج (Z):

رأينا أن تعريف معامل المقطع فى الجريان الحرج هو: $Z=A\cdot\sqrt{D}$.
وباعتبار العلاقة: $V^2/(g.D) = Q^2/(A^2.g.D) = 1$

$$\Rightarrow Q^2/g = A^2.D \Rightarrow Q/\sqrt{g} = Q.\sqrt{D}$$

$$\Rightarrow Z = Q/\sqrt{g}$$

إن المعامل Z هو ذو قيمة عالية لمعرفة الجريان الحرج ، ففى حالة إعطاء Q نستطيع بواسطته الحصول على قيمة العمق الحرج Yc ، أما فى حالة إعطاء العمق الحرج Yc فاننا نستطيع حساب التدفق الحرج Qc .

إن قيمة Z بالنسبة للقناة المستطيلة المقطع هى : Z = b.y^1.5

أما قيمة Z للقناة مثلثية المقطع فهى : Z = (√2/2).m.y^2.5

الجدول رقم (1) يبين قيمة Z لبعض أشكال مقطع قنوات المياه.

4- حساب الجريان الحرج :

إن حساب الجريان الحرج يتضمن النقطتين التاليتين :

1- حساب العمق الحرج .

2- حساب السرعة الحرجة من أجل معرفة طبيعة الجريان .

لحساب الجريان الحرج ،هناك عدة عرق يمكن إتباعها حسب المعلومات المتوفرة لدينا والامكانيات المتاحة بين أيدينا . نذكر من بين هذه الطرق مايلى :

1)- الطريقة المباشرة :

حيث يتم تعويض قيمة Z ب : Q/√g ، ومساواة هذه القيمة مع:A.√D وبما أن هذه القيمة هى تابع فقط للارتفاع Y فاننا نحسب قيمة الارتفاع الحرج بحل المعادلة الناتجة إما مباشرة أو بواسطة التقريب المتتالى حسب سهولة هذه المعادلة .

2- الطريقة البيانية :

وهى طريقة مستعمله مع الاقنية الطبيعية بكثرة ، حيث يتم إنشاء منحنى بيانى لـ Z بتابعية إرتفاع الماء Y ، وتكون قيمة العمق الحرج Yc هى القيمة التى من أجلها تكون Z مساوية لـ Q/√g .

مـــثـــال :

أحسب الجريان الحرج لقناة ذات مقطع بشكل شبه منحرف إذا علمت أن التدفق Q يساوى إلى $400\ m^3/s$ وأن عرض قاعدة القناة b هو $20\ m$ وميل جوانبها $m=2$.

نقوم بحساب قيمة Z من العلاقة : $Z = Q/\sqrt{g}$ وبمساواتها بالعلاقة $Z = A.\sqrt{D}$ فنجد :

$$Z = Q/\sqrt{g} = 400 / \sqrt{9.81} = 127.71 \quad [m^{2.5}]$$

وبما أن :

$$Z = A.\sqrt{D} = [(b+m.y).y]^{1.5}/[\sqrt{(b+2.m.y)}]$$

$$\Rightarrow \quad y = 127.71\{(b+2.m.y)/[(b+m.y)^3]\}^{(1/3)}$$

بحل هذه المعادلة بواسطة التقريب المتتالى نستنتج أن قيمة Y_c التى تحققها هى : $3.087\ m$.

بعد حساب العمق الحرج ، نحسب المقطع الحرج بالعلاقة:

$$A_c = (b+m.Y_c).Y_c = 80.8\ m^2$$

وبالتالى فان السرعة الحرجة هى : $V_c = Q/A_c = 4.95\ m/s$.

5- مقارنة بين المقطعين المثلثى والمستطيل الشكل :

لكى نستطيع أن نقارن بين المقطعين المثلثى والمستطيل الشكل بشكل ملموس و واقعى نتطرق إلى المثال التالى :

أحسب العمق الحرج الذى نستطيع أن نصل إليه فى حالة مقطعين لقناة:مثلثى و مستطيل الشكل ، علما بان التدفق هو $Q=20\ m^3/s$

وأن كلفة عمليات الحفر لانشاء القناة هو تابع لمساحة مقطع القناة
وأن الشروط الطبوغرافية والجيولوجية للمكان لاتسمح بعمق أكثر من 2m.

الحـــل :

نفترض أن لدينا قناة مستطيلة الشكل ذات قاع يبلغ عرضه 4m وارتفاع، حسب الشروط الموضوعة للمكان، يبلغ 2m ، إن مساحة مقطع القناة هو:

$$A = 2.4 = 8m^2$$

بما أن كلفة الحفر هي تابع لمساحة المقطع ،فاننا نفترض أن المقطع المثلثي الممكن إنشاؤه بنفس كلفة الحفر ذو مساحة: $A1=8\ m^2$
و بما أن الشروط الموضوعة للمكان لاتسمح باكثر من 2m لعمق القناة لذلك فاننا نستطيع حساب عناصر الشكل الهندسي للمقطع المثلثي كما يلي

$$A1 = 8\ m^2 \Rightarrow A1 = (1/2).b.Y = (1/2).b.2 \Rightarrow b = 8\ m$$

و بملاحظة بسيطة نستنتج أن ميل جدار القناة هو: $m = 2$.
نقوم الان بحساب العمق الحرج لكلا المقطعين فيكون :
- للقناة المثلثية: $Y_c = [(Q/\sqrt{(2.g)}]^{(2.5)} \Rightarrow Y_c = 1.8276\ m$
- للقناة المستطيلة: $Y_c = [(Q/(4.\sqrt{g})]^{(1.5)} \Rightarrow Y_c = 1.3659\ m$
اذن نستطيع القول أن المقطع المستطيل الشكل هو لاكثر أمانا من ناحية خطر الوصول إلى الجريان تحت الحرج وبالتالي خطر حت جدران القناة ،إلا أن ثبات جدران المقطع المستطيل هي أقل منه في حالة المقطع المثلثي ، لذا نفضل عادة هذا الاخير(المقطع المثلثي) عن المستطيل الشكل عند حدود معينة لميل محور القناة.

*

الفصل الثالث

*

المقطعين المثلثي والمستطيل الشكل في التحليل اللابعدي

1- العمق النظامي للجريان :

نعلم أن الحالة التي يكون فيها عمق التيار مساويا للعمق النظامي هي الحالة : $Js = Jf$ ، حيث Jf هو ميل خط الطاقة المائي
أما Js فهو ميل محور القناة .
إن أفضل علاقة معطاة للحصول على الميل Jf هي العلاقة المشهوره لـ (مانينغ - ستركلر: Manning - Strickler) :

$$Jf = V^2/[K^2.Rh^\wedge(4/3)] \;.......(1)$$

حيث K تساوي إلى $1/n$ في علاقة مانينغ. Rh هو المحيط المبلول .
إن قيمة K أعطيت بناءا على ستركلر ب :

$$[K.Ks^\wedge(1/6)]/(\sqrt{g}) = 8,2 \Rightarrow K = [8,2.\sqrt{g}]/[Ks^\wedge(1/6)]$$

(قيمة K لمختلف أنواع المواد المستعملة في بناء الاقنية يمكن أن تعطى من الجدول رقم2) .
Ks هي الخشونة المكافئة ، ونرمز لها أحيانا ب : Δ .
أعطى Hager Sinniger في كتابه Construction Hydraulique شروط استخدام العلاقة (1) ب :

$$Ks > 30.\nu.[g^2.Jf^2.Q]^\wedge(-1/5)$$

و :

$$1E04 < R < 1E07$$

R :عدد رينولدز ، ν: اللزوجة الحركيه .

هذه الشروط موضوعة للتاكد من أن منطقة الجريان هى منطقة الجريان الخشن ، وذلك لكون تلك العلاقة هى علاقة تجريبية موضوعة لتلك المنطقة من الجريانات .

نعود الان للعلاقة (1) آخذين بعين الاعتبار أن: $Rh= A/P$ و $V= Q/A$

عندها نستطيع أن نكتب العلاقة (1) على الشكل التالى :

$$Jf = [Q^2 .\dot{P}\wedge(4/3)]/[K^2 .A\wedge(10/3)] \quad ....(2)$$

للوصول بهذه العلاقة إلى علاقة لابعدية نفترض أن : $A = a^2 .Ao$ و $P = a.Po$ حيث a هو طول مرجعي للقناة ،يمكن أن يكون b :عرض قاعدة القناة ،أو أن يكون B : عرض السطح الحر لمقطع القناة ،أو أى طول مرجعى آخر يمكن أخذه بعين الاعتبار.

بعد إصلاح العلاقة (2) بادخال هذا المفهوم اللابعدى ،وإعتبار أن $Js = Jf$ ، نستطيع أن نكتب :

$$Q/[K.Js.\wedge(1/2).a\wedge(8/3)] = [Ao\wedge(5)/Po^2]\wedge(1/3)$$

نعتبر أن القيمة اللابعدية $Q/[K.Js\wedge(1/2).a\wedge(8/3)]$ تساوى إصطلاحا للقيمة q_n ، عندها تصبح العلاقة السابقة كما يلى :

$$q_n = [Ao\wedge(5)/Po^2]\wedge(1/3) \quad ....(3)$$

هذه العلاقة هى العلاقة المرجعية اللابعدية لتحديد العمق النظامى للجريان فى قناة.

2- القناة المستطيلة الشكل فى التحليل اللابعدى :

1- العمق النظامى :

نعلم أن مساحة المقطع المستطيل هى : $A = b.h$ ، وأن المحيط المبلول $P = 2.h+b$: ، وباعتبار $a=b$ نستطيع أن نكتب :

$a=b$

$A=A_o a^2$, $A=bh$) $A_o a^2 = bh$ $A_o = \frac{bh}{a^2} = \frac{h}{a} = \frac{h}{b}$

$A = b.h \Rightarrow Ao = h_o$

$P = 2.h+b \Rightarrow Po = 1+2.h/b$

وإذا اعتبرنا أن : $h/b = hn$ هو عدد لابعدى ، تصبح العلاقة (3) كما يلى :

$$q_n = [hn^5/(1+2.hn)^2]^{(1/3)}$$

نقوم بانشاء منحنى لـ $q_n = f(hn)$ لتحديد قيمة hn المقابلة لكل q_n من أجل إيجاد العمق النظامى المطلوب حسابه كما يبينه المنحنى المرافق .

2- الطاقة النوعية (E) والقوة النوعية (F) :

- تعطى الطاقة النوعية لمقطع من قناة ب :

$$E = h + Q^2/(A^2.2.g)$$

وإذا افترضنا أن $Eo = E/b$: ، $ho = h/b$ ، $Ao = A/b^2$ ، ومع إعتبار أن : $ho = h/b = Ao = A/b^2 = (h.b)/b^2$ ، يكون :

$A_o = h_o$

$$Eo = ho + Q^2/(b^5.ho^2.2.g)$$

$$\Rightarrow Eo = ho + q_o/(2.ho^2) \quad ....(1)$$

مع إعتبار أن : $q_o = Q^2/(b^5.g)$.

- تعطى القوة النوعية F لمقطع من قناة ب :

$$F = Q^2/(g.A) + Z.A$$

حيث Z هو بعد مركز ثقل المقطع A عن السطح الحر للمقطع .
لكى نرد هذه العلاقة إلى علاقة لابعديه نقسم طرفيها على b^3 ،نعلم أيضا أنه فى حالة القناة المستطيلة الشكل لدينا : $Z=h/2$, $A=b.h$ ، بالتعويض فى علاقة القوة النوعية وإصلاح الناتج تكون لدينا العلاقة

التالية - مع إعتبار $q_o = Q^2/(g.b^5)$ ، $h_o = h/b$ ، $F_o = F/b^3$:

$$F_o = q_o/h_o + 0,5.h_o^2 \quad .....(2)$$

بإصلاح العلاقتين (1) و (2) نستطيع أن نستنتج العلاقة التالية والتي تربط بين E_o و F_o :

$$E_o = (3/4).h_o + F_o/(2.h_o) \quad .....(3)$$

3- العمق الحرج :

لكي نحصل على العمق الحرج نشتق العلاقة (1) ، ثم نساوي هذا المشتق بالصفر فيكون :

$$dE_o/dh_o = 1 - q_o/h_o^3 \Rightarrow 1 - q_o/h_{oc}^3 = 0 \Rightarrow h_{oc}^3 = q_o$$

$$\Rightarrow h_{oc} = q_o\hat{}(1/3) \quad .....(4)$$

مع اعتبار : $h_{oc} = h_c/b$ و $q_o = Q^2/(g.b^5)$

3- القناة المثلثية الشكل في التحليل اللابعدي :

1- العمق النظامي :

لدينا :

$$A = 0,5.b.h \Rightarrow A_o = A/b^2 = h/(2.b) = h_n/2$$

ولدينا أيضا من أجل القناة المثلثية :

$$P^2 = b^2/2 + 2.h^2 \Rightarrow P_o = (1/2) + (2.h^2/b^2) = 1/2 + 2.h_n^2$$

نعوض Po و Ao بعلاقة العمق النظامى :

$$q_n = (Ao\hat{}5/Po^2)\hat{}(1/3)$$

فيكون عندها :

$$q_n = [(hn/2)\hat{}5/(0,5+2.hn^2)]\hat{}(1/3)$$

نستطيع أن نرسم q_n كتابع لـ hn لمعرفة العمق النظامى من أجل أى قيمة لـ q_n ، كما يبيه المنحنى المرافق .

2- الطاقــة النوعـيــة (E) والقــوة النوعية (F) :

- تعطى الطاقة النوعية لمقطع من قناة ب :

$$E = h + Q^2/(A^2.2.g)$$

فى حالة القناة المثلثية لدينا : $A = 0,5.b.h \Rightarrow Ao = ho/2$.
بعد التعويض والاصلاح نستنتج :

$$Eo = ho + 2.(q_o/ho^2) \quad ......(1)$$

حيث : $q_o = Q^2/(b\hat{}5.g)$ و $ho = h/b$.

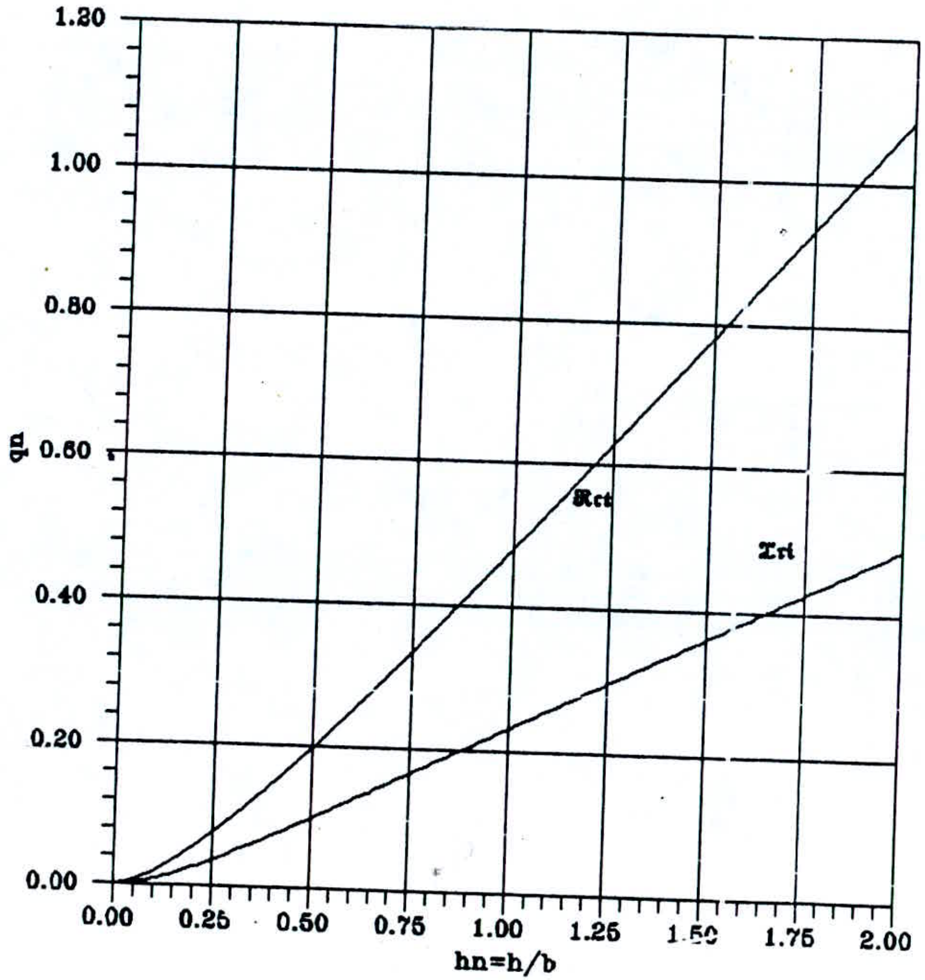
- تعطى القوة النوعية F لمقطع من قناة ب :

$$F = Q^2/(g.A) + Z.A$$

حيث Z هو بعد مركز ثقل المقطع A عن السطح الحر للمقطع .
لكى نرد هذه العلاقة إلى علاقة لابعديه نقسم طرفيها على b^3 ،نعلم أيضا أنه فى حالة القناة المثلثية الشكل لدينا: $Z=h/3$, $A=0,5.b.h$
بالتعويض فى علاقة القوة النوعية وإصلاح الناتج تكون لدينا العلاقة التالية - مع إعتبار $q_o = Q^2/(g.b\hat{}5)$ ، $ho = h/b$ ، $Fo = F/b^3$ - :

$$Fo = 2.q_o/ho + (1/6).ho^2 \quad .....(2)$$

**Graphe donnant qn en fonction de hn
pour les deux section rect.
et triangulaire**



بامكاننا أن نوجد علاقة بين Eo و Fo فنجد بعد الاصلاح :

$$E_o = F_o/h_o + (5/6).h_o \quad ......(3)$$

3- العمق الحرج :

لكي نحصل على العمق الحرج نشتق العلاقة (1) ، ثم نساوي هذا المشتق بالصفر فيكون :

$$dE_o/dh_o = 1-4.q_o/h_o^3 \Rightarrow 1-4.q_o/h_{oc}^3 = 0 \Rightarrow h_{oc}^3 = 4q_o$$

$$\Rightarrow h_{oc} = (4.q_o)^{(1/3)} \quad .....(4)$$

4- مقارنة بين المقطعين في التحليل اللابعدي :

1- حالة تساوي الطاقة النوعية في المقطعين :

نرمز من الان فصاعدا للحرف r للقناة المستطيلة الشكل وبالحرف t للقناة مثلثية الشكل .
نعلم أن الطاقة النوعية اللا" بعدية في حالة المقطع المستطيل والمثلثي الشكل تعطى على التوالي بالعلاقتين التاليتين :

$$E_{or} = h_{or} + q_{or}/(2.h_{or}^2)$$

$$E_{ot} = h_{ot} + 2.q_{ot}/h_{ot}^2$$

يعطى عدد فرود عادة بالعلاقة التالية :

$$F = V/\sqrt{(g.D)} \Rightarrow F^2 = Q^2/(A^2.g.D)$$

حيث D=A/T
- تعطى D في حالة المقطع المستطيل الشكل ب : D = h ، عندها يصبح عدد فرود كما يلي :

$$Fr^2 = Q^2/(b^2.h^2.g.h) \Rightarrow Fr^2 = q_{or}^2/h_{or}^3$$

$$\Rightarrow q_{or}^2 = Fr^2.h_{or}^3 \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

عرفنا سابقا كلا من hor و qor .
- تعطى D فى حالة المقطع المثلثى الشكل ب : D =0,5.h ، عندها يصبح عدد فرود كما يلى :

$$Ft^2 = Q^2/(0,25.b^2.h^2.g.0,5.h) \Rightarrow Ft^2 = 6.q_{ot}^2/h_{ot}^3$$

$$\Rightarrow q_{ot} = (Ft^2.h_{ot}^3)/6 \ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

فاذا عوضنا كلا من qot و qor فى علاقتى Eot و Eor يكون لدينا :

$$E_{or} = h_{or}.(1+Fr^2/2)$$

$$E_{ot} = h_{ot}.(1+Ft^2/3)]$$

فى حالة : Eor = Eot يكون :

$$h_{or} = h_{ot}.[(1+Ft^2/3)/(1+Fr^2/2)] \ldots\ldots(3)$$

- العلاقة (3) هى العلاقة التى تربط بين الارتفاعين اللابعديين hot و hor بدلالة عددى فرود فى كلا المقطعين .

2- حالة تساوى عددى فرود (Fr = Ft) :

فى هذه الحالة لدينا : $Fr^2=q_{or}/h_{or}^3$ ، $Ft^2=6.q_{ot}/h_{ot}^3$ عندها نستطيع أن نوجد علاقة بين hot و hor بدلالة qot و qor كما يلى :

$$h_{or} = h_{ot}.[q_{or}/(6.q_{ot})]^{\wedge}(1/3)$$

3- حالة تساوى القوة النوعية فى المقطعين :

في هذه الحالة نعبر عن القوتين النوعيتين بشكل لابعدى كما يلى :

$$For = q_{or}/h_{or} + (1/2).h_{or}^2$$
$$Fot = 2.q_{ot}/h_{ot} + (1/6).h_{ot}^2$$

وإذا عوضنا كلا من qot و qor بما يساويهما بدلالة فرود نتحصل عندها على العلاقتين التاليتين :

$$Fot = (1/6).h_{ot}^2.(1 + 2.Ft^2)$$
$$For = (1/2).h_{or}^2.(1 + 2.Fr^2)$$

و بمساواة القوتين النوعيتين بكلا المقطعين نستنتج العلاقة التالية :

$$h_{or} = h_{ot}.\{[(2/6).(1 + 2.Ft^2)]/(1 + 2.Ft^2)\}^{(1/2)}$$

*

الفصـــل الـــــرابـع

*

الـــقـفـــزة المـــاـئيـــة

1- تـعـريـف :

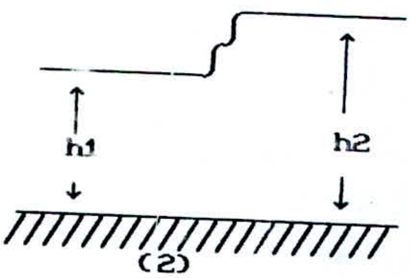
القفزة المائية هى حادثة التغير السريع للجريان ، وتحدث عندما يتحول الجريان الشلالى ذو السرعة الكبيرة والعمق الصغير فجاة إلى جريان نهرى ذو سرعة بطيئة وعمق أكبر ، وتتألف القفزة من منطقة التحول التى تفصل هذين النظامين الذين تختلف أعماق الماء فيهما بين طرفى العمق الحرج ، ويصحب القفزة هيجان ودوامات مستمرة من الماء على السطح .
يقال عن القفزة أنها موضعية عندما تكون ثابتة بالنسبة لاطراف القناة ولاتختلف المعادلات التى تطبق عليها إذا ربطنا محاور المقارنة بالقفزة نفسها .
ستمكننا الطريقة العامة للدراسة التى سنتبعها ، باظهار القفزة بشكل واضح وأسباب وجودها هو عدم توافق الشروط الخلفية التى تفرض جريانا شلاليا والشروط الامامية التى تفرض جريانا نهريا . وفى دراسة القفزة سنقتصر على القناة الافقية أو التى ميلها ضعيف .

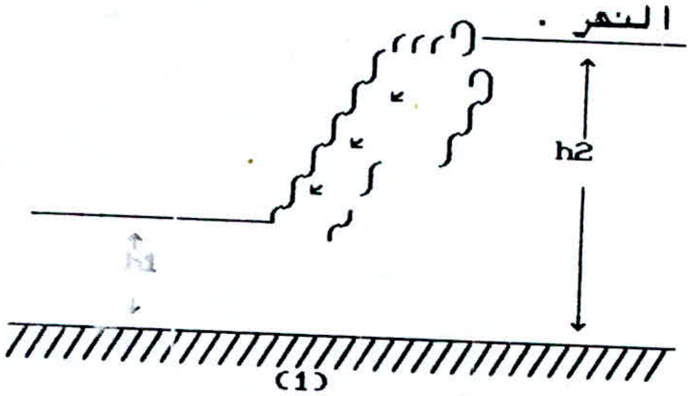
2- وصف القفـــزة :

يبين الشكلان (1) و (2) منظر القفزة من أجل ارتفاع كبير أو ارتفاع صغير لها ، فى الحالة الاولى تتضاءل السرعة على طول القفزة ويزيد عمق الماء محدثا اضطرابا شديدا ، يظهر على السطح كأن الماء يرجع إلى الوراء، وتحدث دوامة أو عدة دوامات غير مستقرة و غير منتظمة وتمتلئ كتلة الماء القريبة من السطح

بفقاعات صغيرة.

وفى الحالة الثانية نلاحظ فقط تموجات تتخامد بعيدا إلى الامام كما يحدث فى مجارى الانهار الطبيعية بسبب إنتظام سرير النهر .

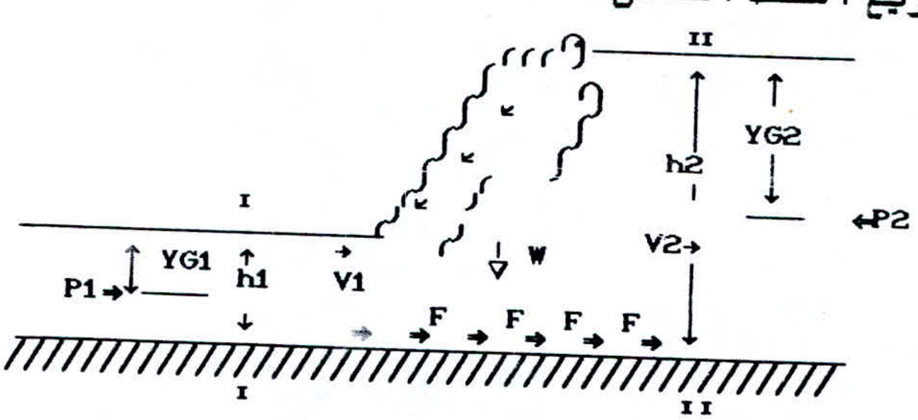




3- المعادلة العامة للقفزة:

يعتمد استنتاج معادلة القفزة على مبدأ إنحفاظ كمية الحركة حيث أن تغير التدفق فى كمية الحركة يساوى إلى مجموع القوى الخارجية المؤثرة على الكتلة المائية .

فاذا أهملنا قوى الاحتكاك بالنسبة لبقية القوى وذلك لكون طول الكتلة المائية مهملا ، وإذا افترضنا أن ميل القناة ضعيف وذلك يعنى أن المسقط الافقى لكتلة الماء يقترب من الصفر ، تكون القوى الخارجية المؤثرة على المقطعين (1-1) و (2-2) هى قوى ضغط الماء فقط ، مع إفتراض أن توزيع الضغط فى المقاطع هو توزيع الضغط الساكن



بالاعتماد على الشكل أعلاه نستطيع أن نكتب :

$$[(V_2 . A_2 . \rho) . V_2] - [(V_1 . A_1 . \rho) . V_1] = \rho . g . YG_1 . A_1 - \rho . g . YG_2 . A_2$$

بعد الاصلاح وإعتبار أن : $Q = A_1 . V_1 = A_2 . V_2$ نستطيع أن نكتب :

$$(Q^2/g) . (1/A_1 - 1/A_2) = A_2 . YG_2 - A_1 . YG_1 \quad ....(1)$$

وهي المعادلة العامة للقفزة .

4- القفزة في الاقنية ذات المقطع المستطيل :

1- العلاقات الاساسية - معادلة القفزة :

إنطلاقا من المعادلة العامة للقفزة وباعتبار أن : $YG = Y/2$ و $A = L.Y$ ،نستطيع بعد التعويض بالمعادلة العامة للقفزة أن نكتب :

$$\rho . Y_2 . L . V_2^2 - \rho . Y_1 . L . V_1^2 = \rho . g . L . Y_1^2/2 - \rho . g . L . Y_2^2/2$$

$$\Rightarrow Y_2 . V_2^2 - Y_1 . V_1^2 = g . (Y_1^2 - Y_2^2)/2 \quad ...(2)$$

نستطيع الان أن نحسب قيمة السرعتين V_1 و V_2 بعد الاستعانة بمعادلة الاستمرار والتي تعطى : $V_2 . Y_2 = V_1 . Y_1$ ،والتعويض بالمعادلة (2) .

$$V_1 = \sqrt{(g . Y_1)} . \sqrt{[(1/2) . (Y_2/Y_1) . (1+Y_2/Y_1)]} \quad ...(3)$$

$$V_2 = \sqrt{(g . Y_2)} . \sqrt{[(1/2) . (Y_1/Y_2) . (1+Y_1/Y_2)]} \quad ...(4)$$

إذا إعتبرنا أن : $Y = Y_2/Y_1$ هو عدد لابعدي فمن المعادلة (3) يكون :

$$2 . F_1^2 = Y . (1+Y) \Rightarrow Y^2 + Y - 2 . F_1^2 = 0$$

لحل هذه المعادلة نحسب المميز Δ فيكون :

$$\Delta = 1 + 8 . F_1^2$$

مرفوض لكونه سالب $Y' = (-1 - \sqrt{\Delta})/2$

$\Rightarrow$

مقبـــول $Y'' = (-1 + \sqrt{\Delta})/2$

$$\Rightarrow 2.Y = \sqrt{(1+8.F_1^2)} - 1 \quad \ldots\ldots(5)$$

المعادلة (5) تعطى العلاقة بين الاعماق المترافقة بدلالة عدد فرود فى الجريان الشلالى .

2- مردودية القفزة :

يمكن تعريفها بأنها نسبة ΔH إلى H_1 .

$$? = \Delta H/H_1$$

حيث :

ΔH: هى فقدان الطاقة بسبب القفزة المائية

H_1: هى الطاقة الكلية عند بداية القفزة.

ولكن فى حالة القناة المستطيلة الشكل لدى :

$$\Delta H = Y_1 + V_1^2/(2.g) - Y_2 + V_2^2/(2.g)$$

$$H_1 = Y_1 + V_1^2/2.g$$

بعد الاصلاح وإعتبار أن : $F_1^2 = V_1^2/(g.Y_1)$ ، نستنتج :

$$?_r = [(1+(1/2).F_1^2.(1-1/Y^2) - Y]/(1+F_1^2/2) \quad \ldots(6)$$

باعتبار Y هى النسبة اللابعدية Y_2/Y_1 ، وبما أن Y حسب العلاقة (5) هى تابع فقط لـ F_1 ، نستنتج من ذلك أن المردودية

هى تابع فقط لعدد فرود F_1 .
لقد أعطى Hager علاقة تقريبية لتلك المردودية من أجل قيم F_1 أكبر من 2.5 كما يلى :

$$?r = (1/2).(1 - \sqrt{2/F_1})^2$$

5- القفزة فى الاقنية ذات المقطع المثلثى :

1- العلاقات الاساسية - معادلة القفزة :

إنطلاقا من المعادلة العامة للقفزة وباعتبار أن $YG = Y/3$: و $A = m.Y^2$ ،نستطيع بعد التعويض بالمعادلة العامة للقفزة أن نكتب :

$$\rho.Y_2^2.m.U_2^2 - \rho.Y_1^2.m.U_1^2 = \rho.g.m.Y_1^3/3 - \rho.g.m.Y_2^3/3$$

$$\Rightarrow Y_2^2.U_2^2 - Y_1^2.U_1^2 = g.(Y_1^3 - Y_2^3)/3 \quad ...(7)$$

نستطيع الان أن نحسب قيمة السرعة U_1 بعد الاستعانة بمعادلة الاستمرار والتى تعطى : $U_1.Y_1^2 = U_2.Y_2^2$ ،والتعويض بالمعادلة (7) .

$$U_1^2.(Y_1^4/Y_2^2 - Y_1^2) = g.(Y_1^3 - Y_2^3)/3$$

نضرب طرفى هذه العلاقة ب : $2/(g.Y_1^3)$ ، وبملاحظة أن F_1^2 هو القيمة : $2.U_1^2/(g.Y_1)$ ، يكون :

$$F_1^2 - F_1^2.Y_2^2/Y_1^2 = (2/3).Y_2^2/Y_1^2.(-Y_2^3/Y_1^3 + 1)$$

وباعتبار أن Y_2/Y_1 يساوى إلى Y وهو عدد لابعدى ، نستنتج :

$$(-2/3).Y^5 + Y^2.(F_1^2+2/3) - F_1^2 = 0 \quad ....(8)$$

أحد حلول المعادلة(8) هو: $Y = 1$ ، اذن فبعد التقسيم على $(Y-1)$ ومن أجل إيجاد علاقة مباشرة بين F_1 و Y ، قمنا بالتعويض من أجل قيم متعددة لـ F_1 وبواسطة التقريب المتتالى حصلنا على

قيم لـ Y كما يلى :

F_1	Y	F_1	Y
1.1	1.0787145	5	3.2709089
1.2	1.1550343	6	3.7103047
1.3	1.2291944	7	4.1248159
1.4	1.301396	8	4.5192519
1.5	1.3718120	9	4.8970052
1.7	1.5078679	10	5.2605796
2	1.7017428	15	6.9205520
2.3	1.8854809	20	8.3990106
2.5	2.0032279	25	9.7562774
3	2.2837977	30	11.024443
3.5	2.5481353	35	12.223143
4	2.7993799	40	13.365495
4.5	3.0397562		

وباجراء تقريب معقول تحصلنا على المعادلة التالية والتى تربط F_1 بـ Y بمعامل ارتباط قدره 0.999 ، والمعادلة التى اخترناها هى من الشكل : $Y = a.X\,\hat{}\,(b)$ ، حيث أن علاقة F_1 بـ Y هى علاقة قوة :

$$Y = 1{,}0447.F_1\,\hat{}\,(0{,}69755) \quad .....(9)$$

هذه المعادلة تعطى قيما بدقة 3% تقريبا ، وهو تقريب معقول ومسموح به ، إذا كانت قيم F_1 لاتتجاوز الـ 40.

2- مـردودية القفـزة :

عرّفناها بانها النسبة :

$$?t = \Delta H/H_1$$

باجراء مشابه للمقطع المستطيل نتحصل على :

$$?t = [1+(1/4).F_1^2.(1-1/Y^4)-Y]/[1+(1/4).F_1^2] \ldots\ldots (10)$$

حيث Y هي دائما العدد اللابعدي Y_2/Y_1 ، ولكن نعلم حسب العلاقة (9) بان Y هو ذو علاقة وحيدة لـ F_1 ، وبالتالي فان $?t$ هي تابع وحيد لـ F_1 .

أعطى أيضا Hager علاقة للمردودية في المقطع المثلثي من أجل F_1 أكبر من 2.5 :

$$?t = [1 - (12/F_1^4)^{(1/3)}]^2$$

نرسم الان الخط البياني لكلا المردوديتين في المقطع المثلثي و المستطيل الشكل بتابعية F_1 (أنظر الشكل) .

نرى من هذا البيان أن مردودية المقطع المثلثي هي أعلى من المقطع المستطيل الشكل ، ويصل ذلك الفرق في بعض الاحيان حتى الـ 15% ، وذلك يعني أن المقطع المثلثي الشكل هو المفضل من أجل انجاز ضياعات في الطاقة معتبرة بحالة القفزة المائية.

6- موضع القفزة المائية :

نعلم أن المعادلة العامة للقفزة يمكن أن تعطى ب :

$$(Q^2/g).(1/A_1 - 1/A_2) = A_2.YG_2 - A_1.YG_1$$

من الممكن كتابة هذه المعادلة على الشكل :

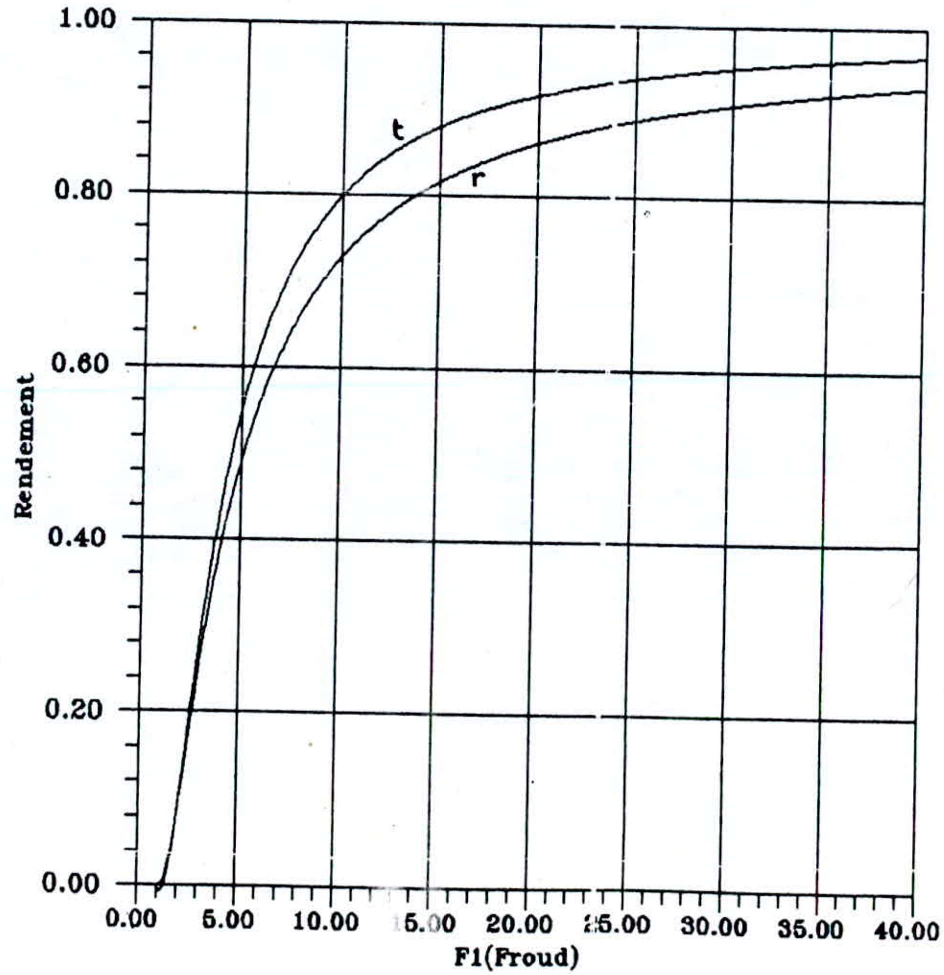
$$(Q^2/g).(1/A_1) + A_1.YG_1 = (Q^2/g).(1/A_2) + A_2.YG_2$$

عرّفنا في الفصل السابق الحد : $Q^2/(g.A) + A.YG$ بالقوة

النوعية F ، ونحن إذا مثلنا الخط البياني لتلك القوة نجد أن له نهاية صغرى تمثل العمق الحرج ، وأن له فرعين يعطي قيمتين لـ Y (عمق الماء) من أجل قيمة وحيدة لـ F ،نسمي هاتين القيمتين بالعمقين المترافقين للقفزة المائية .

من هنا نقول بان موضع القفزة المائية يكون فى المقطع من القناة الذى من أجله تتساوى قيمة القوة النوعية F من على يمين و يسار ذلك المقطع .

Le Rendement de ressaut hydraulique
Dans les canal Triangulaire
et Rectangulaire en
Fonction de F1



*

الفصل الخامس

*

الجريانات المتغيرة تدريجيا
المنحنيات الراجية

1- مبادئ أولية:

سوف لانبحث في هذه الدراسة سوى الجريانات المتغيرة تدريجيا أي التي تختلف فيها مختلف العوامل بصورة مستمرة تدريجيا و ببطء بحيث أن :

1- شكل وأبعاد مختلف مقاطع القناة وميل قعرها، تتغير بصورة منتظمة و بطيئة ، وكذلك انحناءات الجدران .

2- تغير عمق الماء يكون بطيئا وميل إنحناء الخط المائي يكون ضئيلا أيضا .

3- من الشرطين أعلاه ، يمكن إعتبار أن القدرة الضائعة الوحيدة هي الناتجة عن الاحتكاك .

في هذه الحالة تعطى معادلة الطاقة الموضعية الكلية للتيار المائي ذو السطح الحر ب :

$$H = Z + h + Q^2/(2.g.A^2) \quad .....(1)$$

نرى أن المقطع المائي A هو قيمة تابعة لكلا من X و h ، أي لموقع ذلك المقطع (فاصلته) ، وعمق الماء فيه ، أي أن :

$$A = f(X,h)$$

بينما نرى أن قيمة Z تابعة فقط لـ X : $Z = f(X)$ ، وكذلك التدفق : $Q = f(X)$.

بالنظر إلى أن طبيعة الجريان هي متغيرة بانتظام فذلك يعني من الناحية الرياضية أن المشتق الثاني لـ Z بالنسبة لـ X هو

قيمة تنتهي إلى الصفر: $d^2Z/dx^2 = 0$ ، وكذلك الامر بالنسبة إلى بقية المشتقات التابعة لـ x :

$$d^2Q/dx^2 = d^2A/dX^2 = \ldots\ldots\ldots = 0$$

إن الحالة التي سوف ندرسها فيما يلي هي حالة جريان ذو غزارة ثابتة من أجل جميع المقاطع والتي تتلخص في ماهية طبيعة تطور السطح الحر لذلك الجريان بمعرفة عامل واحد هو إرتفاع الماء في بداية أو نهاية ذلك الجريان .

من أجل تبسيط تلك الدراسة نفرض الحالة المبسطة التالية:

1- جميع عوامل الجريان السابقة هي قيم متغيرة وتابعة لمتغير واحد هو x - جريان وحيد الاتجاه -

2- إن توزيع الضغط داخل الجريان هو توزيع الضغط الساكن

3- مخطط السرعة داخل الجريان هو المخطط المتغير بانتظام

4- محور قناة الجريان يمثل إنحناءا خفيفا

5- ميل القناة الاعظمي لايتجاوز الـ 10%

6- سائل الجريان متجانس وغير قابل للانضغاط

إن التغير في قيمة الضاغط H أو الطاقة الكلية H ، من أجل الجريانات المتغيرة بانتظام ، هو ناتج فقط عن فقدان الطاقة المتعلق بدوره بالاحتكاك بجدران القناة ، هذا التغير في قيمة H عبر عنه ماننغ وستكلر ، من أجل منطقة الجريانات الدورانية والخشنة - حالة دراستنا - بالعلاقة التالية:

$$-dH/dX = Jf = V^2/[K^2.Rh\hat{}(4/3)] \quad \ldots\ldots(2)$$

K: معامل ستكلر - يتعلق بخشونة القناة -

Rh: نصف القطر المائي

A: مساحة المقطع المائي

P: المحيط المبلول

V: السرعة

بما أن جميع هذه العوامل ذات علاقة وحيدة لـ x إذن فان ميل خط الطاقة Jf هو أيضا تابع لـ x فقط .

2- المعادلة العامة :

نستطيع الان أن نجد معادلة السطح الحر للجريان المتغير بانتظام وذلك باشتقاقنا للمعادلة (1) والتعويض بما في المعادلة(2) داخل المشتق فنجد :

$$dH/dX = dZ/dX + dh/dX + M \;.....(3)$$

$$M = [2.Q.(dQ/dX).2.g.A^2 - 2.g.2.A.(dA/dX).Q^2]/(4.g^2.A^4)$$

حسب الفرضيات أعلاه فان : $dQ/dX = 0$ و dA/dX تكتب كما يلي :

$$dA/dX = \partial A/\partial X + (\partial A/\partial h).(dh/dX)$$

وبما أن : $dH/dX = -Jf$ و $dZ/dX = Js$ ، بالتالي تصبح المعادلة رقم (3) بعد التعويض والاصلاح كما يلي :

$$dh/dX = \{Js - Jf + [Q^2/(g.A^3)].(\partial A/\partial X)\}/\{1 - [Q^2/(g.A^3)].(\partial A/\partial h)\}$$

وباعتبار أن : $[Q^2/(g.A^3)].(\partial A/\partial h) = F^2$ ، يكون :

$$dh/dX = \{Js - Jf + [Q^2/(g.A^3)].(\partial A/\partial X)\}/\{1 - F^2\} \;.....(4)$$

إن العلاقة (4) هي العلاقة العامة للمنحنيات الراجعة.
في حالة الاقنية الموشورية المقطع ، يمكن ملاحظة أن تغير المقطع بدلالة x هو معدوم ، حيث أن المقطع ثابت على طول محور قناة الجريان ، وبالتالي فان : $\partial A/\partial X = 0$ ، والمعادلة (4) تصبح :

$$dh/dX = (Js - Jf)/(1 - F^2) \;....(5)$$

3- حساب المنحنيات الراجعة :

1-الشروط الابتدائية:

قبل البدء فى حساب المنحنيات الراجعة يجب معرفة الشروط الابتدائية التالية :

- إحداثيات نقطة البدء (ho,Xo) ، فى شروط الجريان العادية أو (hc,Xo) ، فى شروط الجريان الحرجة.
- معرفة العمق الحرج hc و العمق النظامى hn
- إذا كانت ho أكبر من hc فان حساب المنحنيات الراجعة يجرى باتجاه معاكس لحركة جريان التيار فى القناة.
- إذا كانت ho أصغر من hc فان حساب المنحنيات الراجعة يجرى باتجاه حركة جريان التيار فى القناة.
- من أجل الحالة التى يكون فيها hc<ho و hc<hn ، يتوقف حساب المنحنيات الراجعة عندما تساوى h(X) قيمة العمق النظامى hn ، أما فى الحالة التى يكون فيها hc<ho و hc>hn يتوقف الحساب فى النقطة التى يكون فيها h(X)= hc ، والجريان الذى هو تحت هذا العمق هو الجريان الشلالى ، وبالتالى فانه يوجد عند هذه النقطة موضع القفزة المائية.
- من أجل الحالة التى يكون فيها hc>ho و hc<hn ، يتوقف حساب المنحنيات الراجعة عندما تساوى h(X) قيمة العمق النظامى hn ، أما فى الحالة التى يكون فيها hc>ho و hc>hn يتوقف الحساب فى النقطة التى يكون فيها h(X)= hc ، والجريان الذى هو فوق هذا العمق هو الجريان النهرى ، وبالتالى فانه يوجد عند هذه النقطة موضع القفزة المائية.

2- طرق حساب المنحنيات الراجعة:

هناك العديد من الطرق المقترحة لحساب العلاقة (5) والتى من الممكن إجمالها فيما يلى :

- الطرق التقليدية :وهى تلك الطرق التى اعتمدت إدخال بعض التوابع المساعدة فى حل التكامل الناتج عن العلاقة (5) ، نذكر من بين هذه الطرق :طريقة باكميتيف - الطريقة التى إقترحها CHOW وغيرها من الطرق . مجمل هذه الطرق تعتمد الجداول الجاهزة التى أنشأها باكميتيف لحل التكامل التالى :

Js>0 فى حالة الاقتنية : $F(U,N) = \int dU/(1-U^{(n)})$

$Js<0$ في حالة الاقنية : $F(U,N) = \int dU/(1+U^{n})$

- الطرق البيانية : نذكر منها الطريقة التي إقترحها Hager في كتابه Construction Hydraulique .

- الطرق العددية: وهي المفضلة في حالة توفر الحاسب الالي لكونها تغني عن إستعمال الجداول الجاهزة أو المنحنيات البيانية ، ولكونها أيضا تعطي قيما ذات دقة ، وتصلح لجميع مقاطع الاقنية سواء الطبيعية منها أو الموشورية .

نذكر من بين هذه الطرق :طريقة الفروق المحددة ، طريقة التكامل العددي ، طريقة التفاضل العددي ، ولكون معظم هذه الطرق معروفة لدى القارئ ، ولكوننا لسنا في صدد تناول بحث المنحنيات الراجعة بشئ من التفصيل إرتأينا أن نقدم لمحة موجزة عن طريقة التفاضل العددي والتي من الممكن أن تكون الاقل سماعا من بين هذه الطرق .

هذه الطريقة تعتمد منهج الحل المعروف بحل المعادلات التفاضلية ذات الشروط الابتدائية المعلومة .

ومن تلك الطرق لحساب المعادلات التفاضلية إخترنا طريقة رانج كوتا - RUNGE KUTTA - ولعلنا نجد شرح هذه الطريقة في كتب التحليل العددي ، لذلك سوف نكتفي بكتابة خطوات الحل في هذه الطريقة :

إخترنا كتقريب معقول لهذه الطريقة ، التقريب من الدرجة الرابعة لكونه يعطي درجة من الدقة لابأس فيها في الحساب .

ولقد آثرنا أيضا في هذه الطريقة جعل تابع المنحنيات الراجعة على الشكل التالي :

$$dX/dY = (1 - F^2)/(Js - Jf)$$

هذا الاختيار حتمه علينا معرفة بداية ونهاية المتغير Y وهو عمق الماء ، الامر الذي يسهل عملية التحكم في العمليات الحسابية .

إن المعادلة الاساسية لهذا التقريب وفق الشكل الذي إقترحناه للمعادلة التفاضلية للمنحنيات الراجعة تصبح على الشكل التالي :

$$X(i+1) = X(i) + (1/6).[K1+2.K2+2.K3+K4)$$

حيث :

$$K1 = f(Y).h$$

$$K2 = f(Y+h/2).h$$

$$K3 = f(Y+h/2).h$$

$$K4 = f(Y+h).h$$

$$f(Y) = (1-F^2)/(Js-Jf)$$

h: هو خطوة تزايد العمق Y وهو يساوى إلى : $h = (Yo-Yf)/n$
Yo هو نقطة البدء التى عرّفناها سابقا ، Yf هي نقطة النهاية والتى من الممكن أن تكون العمق النظامى أو العمق الحرج ، حسب شروط الجريان ، أما n فهى عدد الخانات التى نريد، من أجل تقسيم المجال (Yo-Yf) وتتبع درجة الدقة المتوخاة ، إلا أنها يجب أن لاتزيد عن قيمة معينة وإلاّ قلت الدقة ،بسبب تراكم الاخطاء .

من أجل إتمام عملية تقديم هذه الطريقة بشكل جيد ، قمنا بانشاء برنامج بلغة الـ باسيك (BASIC) للقيام بحل جميع أنواع المنحنيات الراجعة للاقنية الموشورية المقطع ، مع إمكانية إيجاد معادلة خطية تربط بين الاعماق Yi والفواصل Xi بواسطة طريقة التربيعات الصغرى . (إنظر الملحق الخاص بهذا الامر)

*

الفصل السادس

*

التدفق الاعظمي والاصغري المتوافق مع وجود قفزة مائية في المقطعين المثلثي والمستطيل الشكل - الدراسة النظرية -

1- مقدمة:

إن هذا الفصل الذي نحن بصدد مناقشته ، هو معالجة لظاهرة لوحظت منذ فترة قصيرة ، وهذه الظاهرة تتمثل في كوننا عندما نريد تصريف مياه فيضان مثلا ، نحاول أن نحدد مقدار فتحة بوابة التصريف الاعظمي والمتوافق في نفس الوقت مع وجود القفزة المائية المستقرة بين البوابة وعتبة تبديد الطاقة المنشأة من أجل التحريض على إيجاد مثل هذه القفزات بهدف تبديد الطاقة الناجمة عن هذا التصريف .

فهدفنا اذن هو تحديد الفتحة التي تصرف الغزارة العظمى وفي نفس الوقت نبقى محافظين على حالة وجود القفزة المائية المستقرة وفي حالتها الحدية ، هذه الحالة يمكن تعريفها بأن تكون نهاية القفزة أو الارتفاع المترافق الثاني تماما عند عتبة تبديد الطاقة ، ولعل الحالة الاقتصادية المثلى هي أن يكون طول قناة التصريف مساويا تماما لطول القفزة المائية ، أي أن يكون العمق المترافق الاول مساويا إلى العمق المضغوط الخارج من البوابة .

ولنفترض أننا حددنا تلك الفتحة التي من أجلها صرفنا هذا التدفق الاعظمي المتوافق مع وجود القفزة المائية ، ولكننا لاحظنا أن أي تغيير في شروط إستقرار القفزة عند النهاية الحدية لها ، كتغيير في فتحة البوابة ، أو تغيير في إرتفاع العتبة ، أو حتى زيادة التدفق عن التدفق الاعظمي المحسوب ، سوف يخفي وجود هذه القفزة كلية ، وسنحصل بالنتيجة على منطقة

الجريان الشلالى بين البوابة والعتبة ، الامر الغير مرغوب فيه قطعا ، لخطورة هذا الجريان على قاع القناة بسبب الحت الذى بسببه لذلك القاع .

إن أى محاولة لارجاع القفزة إلى مكانها سوف تبوء بالفشل وذلك لكوننا سوف لن نتحصل على نفس قيمة التدفق الاعظمى الذى إستطعنا تحديده سابقا ، وإنما سوف نتحصل على تدفق أقل بصورة ملحوظة عن ذلك التدفق والموافق أيضا لظهور القفزة فى الحالة الحدية المشار إليها سابقا .هذا التدفق نسميه التدفق الاصغرى المتوافق .

وكنتيجة لهذه المقدمة نستطيع القول بأننا يجب أن نحرص تمام الحرص بأن لانضيع القفزة بتجاوز الفتحة الحدية المسموح بها ،أو إرتفاع العتبة المسموح به لتصريف تلك الغزارة أو ذلك التدفق ، وإلا سوف نضطر لانقاص التدفق عن التدفق الاعظمى فى محاولة إرجاع تلك القفزة والابتعاد عن منطقة الجريان الشلالى .

2- حالة القناة المثلثية الشكل :

1- شروط الجريان الحر تحت البوابة :

لكى يكون الجريان حرا تحت فتحة البوابة ، يجب أن يكون الجريان فى هذه المنطقة هو الجريان الشلالى ، والحالة الحدية الفاصلة بين الجريان المغمور والجريان الحر ،بالاضافة إلى شرط الجريان الشلالى هو أن يكون العمق المترافق الاول للقفزة الحاصلة بعد فتحة البوابة يساوى إلى العمق المائى المضغوط الخارج من الفتحة أى :

شرط الجريان الشلالى : $F_1^2 > 1$ (1).....

الحالة الحدية للجريان الحر : $h_1 = Cc.av$ (2).....

Cc: معامل الانضغاط للبوابة

av: فتحة البوابة

من الشرطين (1) و (2) نستطيع أن نكتب :

$$Q > \sqrt{(g/2)}.M.\sqrt{(h1^5)}$$

$$\Rightarrow \quad Q > \sqrt{(g/2)}.M.\sqrt{[(Cc.av)^5]}$$

إن معامل الانضغاط Cc يمكن إعتباره مساويا إلى 0.61 فى حالة الجريان الحر ، ومن هنا نرى أنه لكل فتحة من فتحات البوابة يوجد تدفق أصغرى ، يجب عدم الوصول إليه للحفاظ على الجريان الحر خلف فتحة البوابة.

هذا الشرط هو شرط لازم وغير كافى ، ولكى يكون شرط الجريان الحر خلف البوابة لازما وكافيا فى نفس الوقت يجب أن يكون :

$$Y_2' >= Y_2$$

Y_2': هو العمق المترافق الثانى للقفزة المائية فى حال إعتبارنا أن العمق الاول يساوى إلى $Y_1 = Cc.av$. ونتحصل عليه بإستعمال العلاقة التى تحصلنا عليها سابقا بالنسبة للمقطع المثلثى الشكل وهى :

$$Y_2' = Y_1 . a . F_1{}^b$$

$$a = 1.0447$$

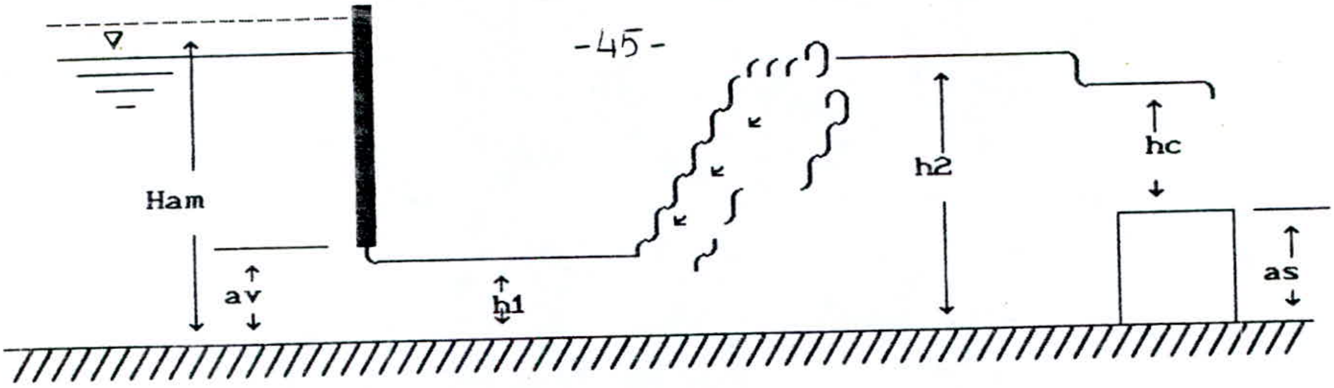
$$b = 0.69775$$

Y_2: عمق الماء الحقيقى فى منطقة الجريان النهرى

2- حســاب التدفق الاعظمى المتـوافق :

2-1) الطـريقـــة المباشــرة :

لتكن لدى حالة الجريان الحر تحت البوابة ، والقفزة المائية المتشكلة خلفها لها نهاية عند عتبة تبديد الطاقة كما يوضحه الشكل :



إن عمق الماء فوق العتبة ، هو العمق الحرج وذلك لكون الجريان قبل العتبة تماما هو الجريان النهرى ، وخلفها تماما هو الجريان الشلالى ، ولنعتبر أن ضياعات الطاقة فوق العتبة مهملة ، عندها نستطيع أن نكتب :

$$H_2 = H_c + as = as + 1,25.h_c \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

as: هو إرتفاع العتبة و:

$$H_c = h_c + (Q^2/(2.g.A^2)) = 1,25.h_c$$

نقسم طرفى العلاقة (1) على hc فنتحصل على العلاقة اللابعدية التالية :

$$H_2/h_c = as/h_c + 1,25$$

$$\Rightarrow as/h_c = H_2/h_c - 1,25$$

نرمز من الان فصاعدا بالرمز (σ) لكل حد نقسمه على hc ، إن المعادلة أعلاه تكتب عندئذ كما يلى :

$$as_\sigma = H_{2\sigma} - 1.25 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

نعلم أن معادلة كمية الحركة لقناة مثلثية الشكل وأفقية يمكن أن تعطى بالعلاقة التالية:

$$m.h_1{}^3/3 + Q^2/(g.m.h_1{}^2) = m.h_2{}^3/3 + Q^2/(g.m.h_2{}^2)$$

نعلم أيضا أن حالة العمق الحرج هى الحالة التى يكون فيها عدد فرود مساويا للواحد أى :

$$F^2 = 1 \Rightarrow (2.Q^2)/(g.M^2.hc\wedge5) = 1$$
$$\Rightarrow Q^2 = (g/2).M^2.hc\wedge5 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

بالتعويض فى معادلة كمية الحركة أعلاه يكون :

$$M.h_1{}^3/3 + (M.hc\wedge5)/(2.h_1{}^2) = M.h_2{}^3/3 + (M.hc\wedge5)/(2.h_2{}^2)$$

بالاختصار وضرب طرفى العلاقة ب $6/hc^3$ نستنتج :

$$2.h_{1\sigma}{}^3 + 3/h_{1\sigma}{}^2 = 2.h_{2\sigma}{}^3 + 3/h_{2\sigma}{}^2 \ldots\ldots (4)$$

يمكن كتابة الضاغط الكلى H_2 كما يلى:

$$H_2 = h_2 + Q^2/(2.g.M^2.h_2\wedge4)$$

وبتعويض Q^2 بما يساويها من العلاقة (3) نستنتج :

$$H_2 = h_2 + hc\wedge5/(4.h_2\wedge4)$$

نقسم طرفى العلاقة على hc فيكون :

$$H_{2\sigma} = h_{2\sigma} + 1/(4.h_{2\sigma}\wedge4) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

وإذا ضربنا طرفى العلاقة (2) ب : hc/h_1 تصبح :

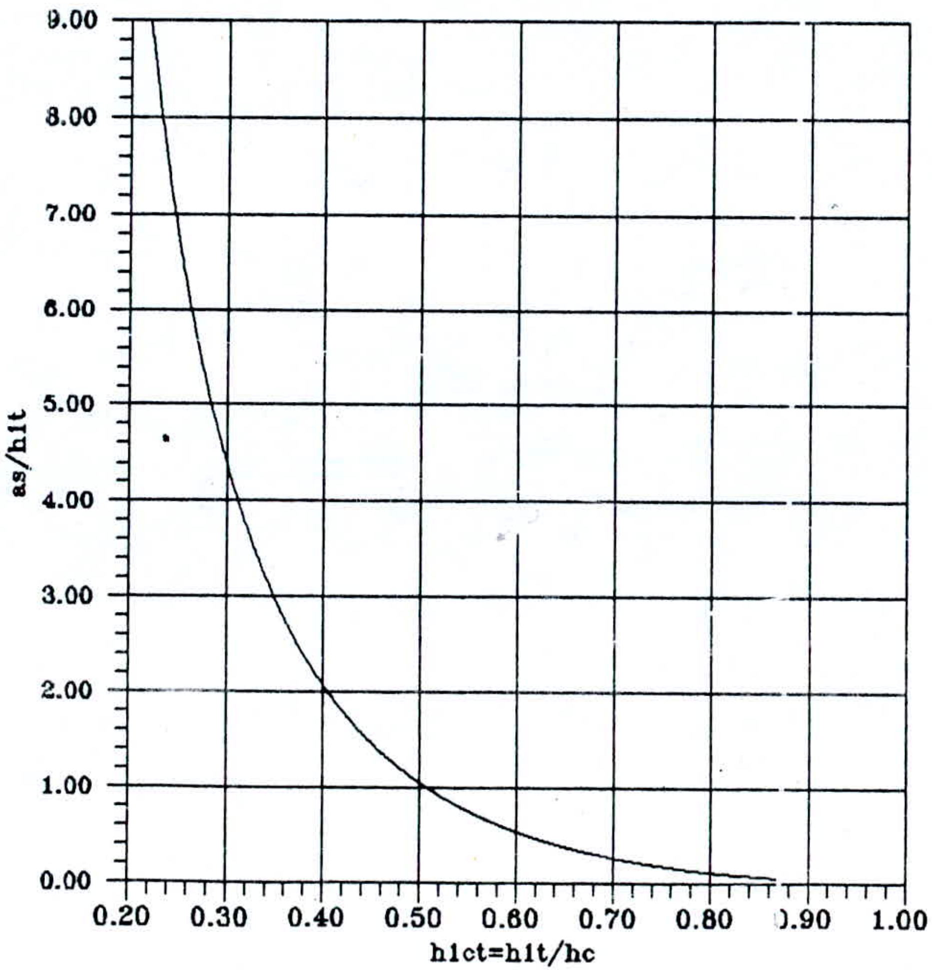
$$as/h_1 = (H_{2\sigma} - 1.25)/h_{1\sigma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

إن العلاقات (6) و(5) و(4) تجعل as/h_1 هو ذو علاقة وحيدة لـ $h_{1\sigma}$ ، فبامكاننا تمثيل هذه العلاقات بيانيا ، ومن أجل أى قيمة لـ as/h_1 معلومة يمكن حساب $h_{1\sigma}$ المقابلة ، والتى تشكل القيمة العظمى المتوافقة مع التدفق الاعظمى المطلوب حسابه .

يمكن حساب التدفق الاعظمى كما يلى :

- يمكن الاستنتاج بسهولة أن : $F_1{}^2 = (hc/h_1)\wedge5$ ، أى أن :

Le graphe qui donne h1ct(max) en fonction
de as/h1t -as :c'est la hauteur du seuil
-h1t :premiere hauteur conjuguee
CANAL TRIANGULAIRE



-47-

$F_1{}^2 = h_{1\sigma}\text{^}(-5)$ ، ولكننا نعلم أن :

$$F_1{}^2 = (2.Q^2)/(g.M^2.h_1\text{^}5)$$
$$\Rightarrow Q^2_{Max} = (g/2).M^2.h_1\text{^}5.F_1{}^2$$

- وبتعويض $F_1{}^2$ بما يساويه من $h_{1\sigma}$ نستطيع حساب التدفق الاعظمى المتوافق.

2-2) الطريقة التقريبية :

نستطيع هنا أن نستبدل العلاقة (4) بالعلاقة التقريبية التالية :

- نعلم أن علاقة الاعماق المترافقة فى المقطع المثلثى الشكل تعطى بدلالة F_1 كما يلى :

$$h_2/h_1 = a.F_1\text{^}b \Rightarrow h_{2\sigma}/h_{1\sigma} = a.F_1\text{^}b \quad ...(7)$$

- ونعلم أيضا أن : $F_1{}^2 = h_{1\sigma}\text{^}(-5)$ هذا يعطى أن :

$$F_1 = h_{1\sigma}\text{^}(-5/2)$$

- بالتعويض فى العلاقة (7) يكون :

$$h_{2\sigma} = h_{1\sigma}.a.h_{1\sigma}\text{^}(-5.b/2) \quad ....(8)$$

فالعلاقات (6) و(5) و(8) تعطى حلا تقريبيا للحصول على $h_{1\sigma}$ وبالتالى التدفق الاعظمى المتوافق.
قمنا برسم المنحنى الذى يعطى قيمة $(h_{1\sigma})_{Max}$ من أجل مختلف قيم a_s/h_1 بواسطة العلاقة التقريبية أعلاه.

مثـــال :

أحسب قيمة الغزارة العظمى المتوافقة لقناة مثلثية الشكل

فيها $M=1$ و $h_1=0.35$ ، وإرتفاع العتبة يساوى $as=1.4$:

الحـــل :

من أجل الحل ننظم الحساب كما يلى :

- نحسب as/h_1 فنجدها تساوى إلى :

$$as/h_1 = 1,4/0,35 = 4$$

- ننظم الحساب بجدول نعطى فى خانته الاولى قيما متغيره لـ $h_{1\sigma}$ بين الصفر و الواحد ، وفى خانته الثانية نحسب قيم $h_{2\sigma}$ من العلاقة (8) ، أما فى خانته الثالثة فنحسب من العلاقة رقم (6) as/h_1 الجديدة ونقارنها مع القيمة المعطاة ،حتى نتحصل فى النهاية على توافق بين القيمتين ، عندها نوقف الحساب ،ونختار قيمة $h_{1\sigma}$ ومن أجلها نحسب قيمة التدفق الاعظمى من علاقة التدفق أعلاه بدلالة F_1.

$h_{1\sigma}$	$h_{2\sigma}$	as/h_1 (المحسوبة)
0.5	1.74953	1.052
0.6	1.52763	0.539
0.3	2.5583	4.380
0.35	2.2811	4.380
0.31	2.4966	4.04
0.309	2.5026	4.07

نأخذ قيمة $h_{1\sigma}$ التى تساوى 0.31 بخطأ قدره 1% ، ولقد وجدنا بالطريقة المباشرة أن $h_{1\sigma} = 0.31$: ، وبالتالى فالطريقة التقريبية لها دقة مناسبة وأسهل للاستعمال .

- نحسب التدفق الاعظمى المتوافق من العلاقة التالية:

$$Q = (g/2)^{\wedge}(0,5).M.(h_1/h_{1\sigma})^{\wedge}(5/2)$$

$$\Rightarrow Q = 2.99975 = 3\ M^3/s$$

2- حساب التدفق الاصغرى المتوافق :

لحساب التدفق الاصغرى المتوافق نفترض أننا فى حالة الجريان الشلالى ، وأننا نقوم بعملية إنقاص للتدفق من أجل الحصول على التدفق الملائم لحدوث القفزة المائية ، فى هذه الحالة يكون عمق الماء فوق العتبة مساويا للارتفاع الحرج وما زالت قيمتا العمقين المترافقين h_1 و h_2 متساويتان ، أى أن :

$$H_1 = H_2 \Rightarrow H_{1\sigma} = H_{2\sigma}$$

نعوض بالعلاقة (6) فيكون :

$$as/h_1 = (H_{1\sigma} - 1.25)/h_{1\sigma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

إن قيمة $H_{1\sigma}$ يمكن كتابتها بدلالة $h_{1\sigma}$ كما فعلنا مع $H_{2\sigma}$ ، كما يلى :

$$H_{1\sigma} = h_{1\sigma} + 1/(4.h_{1\sigma}\text{^}4)$$

أما التدفق الاصغرى المتوافق فنستطيع حسابه من علاقة التدفق التالية :

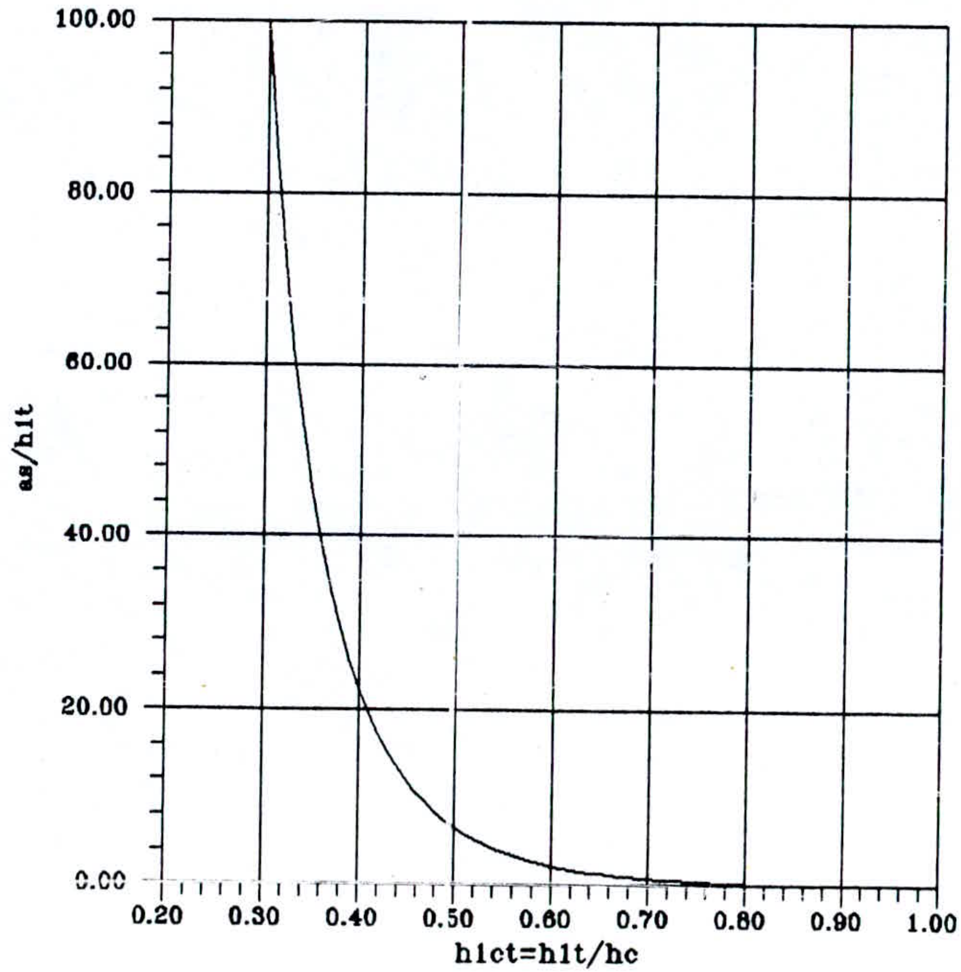
$$Q_{min} = (g/2)\text{^}(1/2).m.(h_1/h_{1\sigma})\text{^}(5/2)$$

إن العلاقة (9) يمكن حسابها بيانيا أو بواسطة التقريب المتتالى ، قمنا أيضا برسم العلاقة التى تعطى $(h_{1\sigma})min$ من أجل مختلف قيم as/h_1 .

3- حالة القناة المستطيلة الشكل :

1- شروط الجريان الحر تحت البوابة :

Le graphe qui donne h1ct(min) en fonction de as/h1t
-as:c'est la hauteur du seuil
-h1t:premiere hauteur conjuguee
CANAL TRIANGULAIRE



لكى يكون الجريان حراتحت فتحة البوابة ، يجب أن يكون الجريان فى هذه المنطقة هو الجريان الشلالى ، والحالة الحدية الفاصلة بين الجريان المغمور والجريان الحر ،بالاضافة إلى شرط الجريان الشلالى هو أن يكون العمق المترافق الاول للقفزة الحاصلة بعد فتحة البوابة يساوى إلى العمق المائى المضغوط الخارج من الفتحة أى :

1- شرط الجريان الشلالى : $F_1^2 > 1$

2- الحالة الحدية للجريان الحر : $h_1 = Cc.av$

Cc: معامل الانضغاط للبوابة

av: فتحة البوابة

من الشرطين (1) و (2) نستطيع أن نكتب :

$$Q > \sqrt{g}.b.\sqrt{(h1^3)}$$

$$\Rightarrow \quad Q > \sqrt{g}.b.\sqrt{[(Cc.av)^3]}$$

إن معامل الانضغاط Cc يمكن إعتباره مساويا إلى 0.61 فى حالة الجريان الحر .

بالاضافة إلى هذا الشرط يوجد شرط أخر وهو:

$$Y_2' >= Y_2$$

Y_2': هو العمق المترافق الثانى للقفزة المائية فى حال إعتبارنا أن العمق الاول يساوى إلى $Y_1 = Cc.av$. ونتحصل عليه باستعمال العلاقة التالية:

$$Y_2' = Y_1.(1/2).[\sqrt{(1+8.F_1^2)} - 1]$$

Y_2: عمق الماء الحقيقى فى حالة الجريان النهرى

2- حساب التدفق الاعظمى المتوافق :

لكن لدى حالة الجريان الحر تحت البوابة ، والقفزة المائية المتشكلة خلفها لها نهاية عند عتبة تبديد الطاقة.

إن عمق الماء فوق العتبة هو العمق الحرج وذلك لكون الجريان قبل العتبة تماما هو الجريان النهرى ، وخلفها تماما هو الجريان الشلالى ، ولنعتبر أن ضياعات الطاقة فوق العتبة مهملة ، عندها نستطيع أن نكتب :

$$H_2 = H_c + a_s = a_s + 1{,}5.h_c \text{ ....(10)}$$

a_s: هو إرتفاع العتبة و:

$$H_c = h_c + (Q^2/(2.g.A^2)) = 1{,}5.h_c$$

نقسم طرفى العلاقة (10) على h_c فنتحصل على العلاقة اللابعدية التالية :

$$H_2/h_c = a_s/h_c + 1{,}5$$

$$\Rightarrow a_s/h_c = H_2/h_c - 1{,}5$$

نضرب طرفى هذه العلاقة ب h_c/h_1 فتصبح كما يلى :

$$a_s/h_1 = (H_2/h_c - 1{,}5)/(h_1/h_c)$$

نرمز من الان فصاعدا بالحرف ($_{CR}$) لكل حد نقسمه على h_c ، إن المعادلة أعلاه تكتب عندئذ كما يلى :

$$a_s/h_1 = (H_{2CR} - 1{,}5)/h_{1CR} \text{ ....(12)}$$

نعلم أن الضاغط الكلى H_2 يمكن كتابته كما يلى :

$$H_2 = h_2 + Q^2/(2.g.A^2)$$

ولكن نعلم أيضا أن التدفق Q^2 فى حالة القناة المستطيلة يمكن كتابته بدلالة العمق الحرج كما يلى :

$$Q^2 = g.b^2.h_c^3$$

بالتعويض فى علاقة الضاغط نجد :

$$H_2 = h_2 + hc^3/(2.h_2{}^2)$$

بالتقسيم على hc نستنتج العلاقة التالية:

$$H_{2\,CR} = h_{2\,CR} + 1/(2.h_{2\,CR}^2) \quad ....(13)$$

إن علاقة الاعماق المترافقة أعطيت بدلالة F_1 فى المقطع المستطيل كما يلى :

$$h_2/h_1 = (1/2).[\sqrt{(1+8.F_1{}^2)} -1]$$

وبما أننا نستطيع أن نبرهن بسهولة على أن : $1/F_1{}^2 = (h_1/hc)^3$
بعد التعويض فى العلاقة أعلاه ، والتقسيم على hc يكون :

$$h_{2\,CR}/h_{1\,CR} = (1/2).\{\sqrt{[1+8.h_{1\,CR}\hat{}(-3)]} -1\} \quad ..(14)$$

إن العلاقة (12) و(13) و(14) تسمح لنا بايجاد قيمة $(h_{1\,CR})_{max}$ من أجل قيمة as/h_1 المعطاة.
يمكن حساب قيمة الغزارة العظمى المتوافقة من العلاقة التالية :

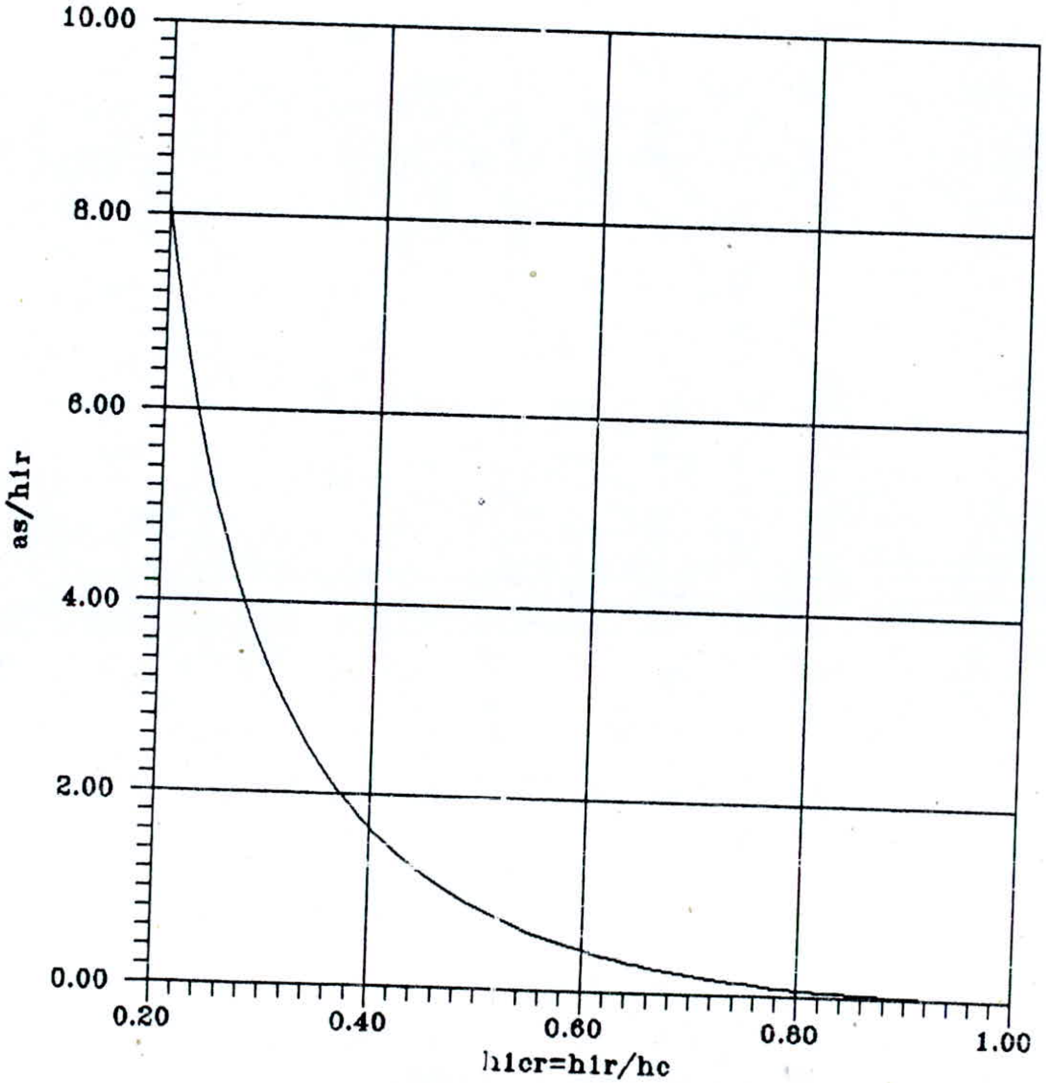
$$Q = g\hat{}(1/2).b.(h_1/h_{1\,CR})\hat{}(3/2) \quad ....(15)$$

قمنا برسم المنحنى الذى يعطى قيمة $(h_{1\,CR})_{max}$ من أجل مختلف قيم as/h_1 بواسطة العلاقات أعلاه .

3- حساب التدفق الاصغرى المتوافق :

لحساب التدفق الاصغرى المتوافق نفترض أننا فى حالة الجريان الشلالى ، وأننا نقوم بعملية إنقاص للتدفق من أجل الحصول على التدفق الملائم لحدوث القفزة المائية ، فى هذه الحالة يكون عمق الماء فوق العتبة مساويا للارتفاع الحرج وما زالت قيمتا العمقين المترافقين h_1 و h_2 متساويتان ، أى أن :

Le graphe qui donne h1cr(max) en fonction
de as/h1r -as:c'est la hauteur du seuil
-h1r:premiere hauteur conjuguee
CANAL RECTANGULAIRE



$$H_1 = H_2 \Rightarrow H_{1cr} = H_{2cr}$$

نعوض بالعلاقة (12) فيكون :

$$as/h_1 = (H_{1cr} - 1,5)/h_{1cr} \quad ....(16)$$

إن قيمة H_{1cr} يمكن كتابتها بدلالة h_{1cr} كما فعلنا مع H_{2cr} ، كما يلي :

$$H_{1cr} = h_{1cr} + 1/(2.h_{1cr}^2) \quad ....(17)$$

إن العلاقة (16) و (17) تمكننا من كتابة العلاقة التالية :

$$(h_{1cr}^3)min + \{3/[2.(as/h_1 -1)]\}.(h_{1cr})min - 1/[2.(as/h_1 -1)]=0$$

نتحصل بواسطة العلاقة السابقة على معادلة من الدرجة الثالثة إذا وضعنا :

$$(h_{1cr})min = X-1/[2.(as/h_1 -1)]$$

$$\Rightarrow X^3 + s.X + t = 0 \quad ....(18)$$

مع :

$$s = -(3/4)/[(as/h_1 -1)^2]$$

$$t = [1 -2.(as/h_1 -1)^2]/[4.(as/h_1 -1)^3]$$

إن مميز المعادلة (18) يعطى بالعلاقة التالية:

$$\Delta = [as/h_1.(as/h_1 - 2)]/[16.(as/h_1 -1)^4]$$

إن إستقراءا بسيطاً للمميز Δ يجعلنا نميز بين الحالتين التاليتين :

1- $\Delta \le 0$ من أجل : $1 < as/h_1 \le 2$

إن المعادلة (18) تقبل ثلاث جذور حقيقية والتي من الممكن أن تجد لها حلا بواسطة الطريقة المثلثية ، واحد فقط من هذه الحلول هو الحل المقبول ، ويمكننا أن نحدده بواسطة العلاقة التالية :

$X = 2.\sqrt{(s/3)}\ .\cos(\alpha-60)$

إن قيمة الزاوية α تتحدد بحيث :

$\cos(3.\alpha) = (3.t)/[2.\sqrt{(s^3/3)}]$

نعوض قيمتا s و t بما يساويهما فنجد :

$\cos(3.\alpha) = 1 - 2.(as/h_1 -1)^2 ....(19)$

وأخيرا يكون الحل :

$(h_{1\,cr})min = [\cos(\alpha-60) -1/2]/[as/h_1 -1]$

-2 Δ>0 من أجل $as/h_1 > 2$

في هذه الحالة نجد الحل بواسطة العلاقة:

$X = 2.\sqrt{(s/3)}\ ch(\alpha)$

نعين قيمة α من العلاقة :

$ch(\alpha) =[3.t]/[2.\sqrt{(s^3/3)}]$

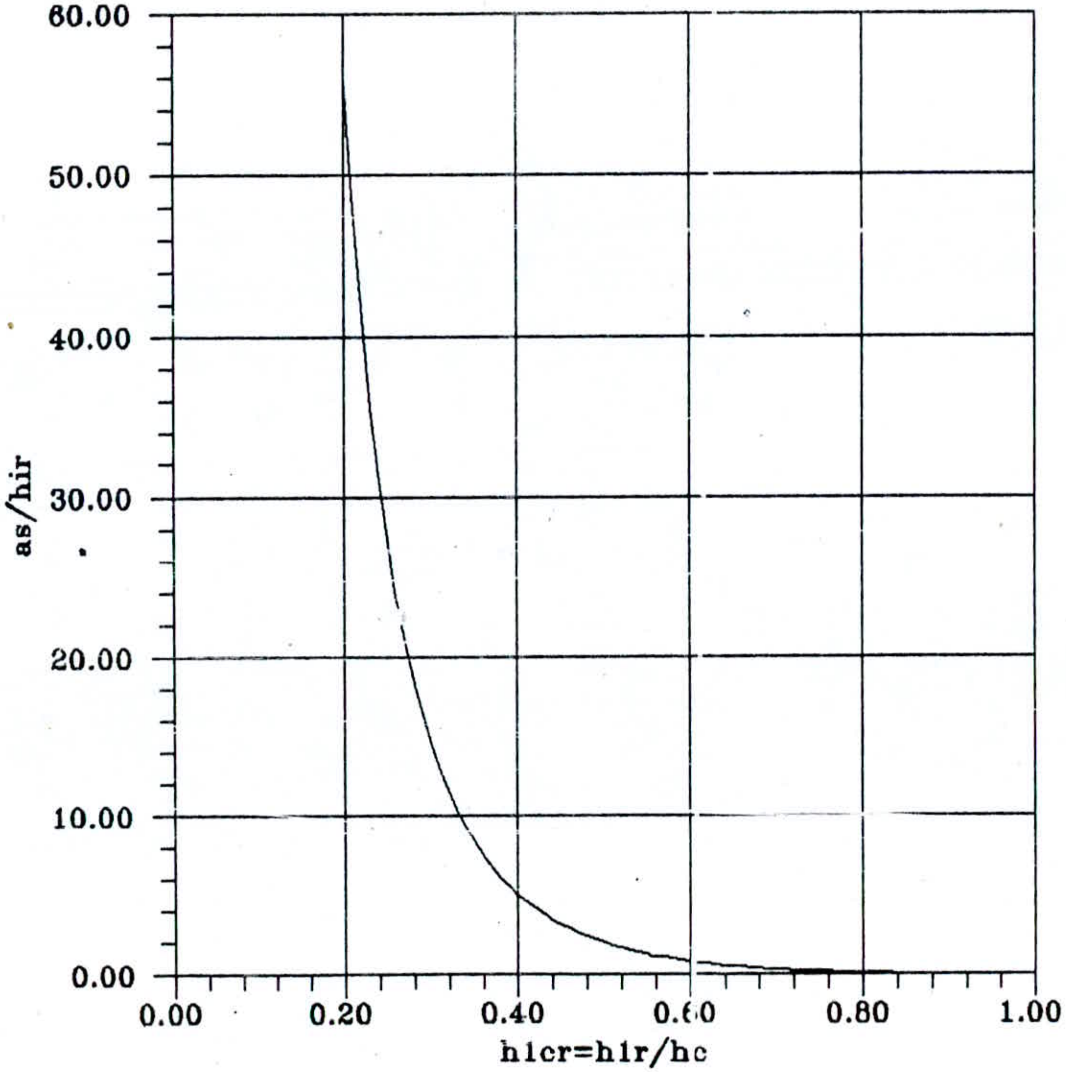
أما التدفق الاصغرى المتوافق فنستطيع حسابه من علاقة التدفق التالية :

$Q_{min} = (g)^{(1/2)}.b.(h_1/h_{1\,cr})^{(3/2)}$

4- مقارنة بين المقطعين :

1- حالة التدفق الاعظمى المتوافق :

Le graphe qui donne h1cr(min) en fonction
de as/h1r -as:c'est la hauteur du seuil
-h1r:premiere hauteur conjuguee
CANAL RECTANGULAIRE



كي نستطيع أن نقارن بين المقطعين المثلثي والمستطيل الشكل يجب أن نساوي بين العناصر التالية :

1- $(as)r = (as)t$:

بحيث :

$$(as/h_1)t = (H_{2cT} - 1.25)/h_{1cT}$$

.......(1)

$$(as/h_1)r = (H_{2cR} - 1,5)/h_{1cR}$$

2- $F_1t^2 = F_1r^2$:

من هذا التساوي نستطيع أن نكتب :

$$h_{1cT} = h_{1cR}\text{^}(3/5) \quad ....(2)$$

3- حالة تساوي المقطعين : $Ar = At$

نستطيع أن نكتب بهذه الحالة العلاقة التالية بين التدفقين

$$(Qr^2/Q^2t)max = [2.h_1r.h_{1cT}\text{^}5]/[h_1t.h_{1cR}^3] \quad .(3)$$

نسمي الحد $(Q^2t/Q^2t)max$ ب: θ^2max

لدينا أيضا العلاقات التالية :

$$H_{2cT} = h_{2cT} + 1/(4.h_{2cT}\text{^}4)$$

$$h_{2cT} = h_{1cT}.a.h_{1cT}\text{^}(-5.b/2)$$

$a=1.0447$ .... (4)

$b=0.69775$

و :

$$H_{2cR} = h_{2cR} + 1/(2.h_{2cR}^2)$$

.....(5)

$$h_{2cR}/h_{1cR} = (1/2).\{\sqrt{[1+8.h_{1cR}\text{^}(-3)]} - 1\}$$

إن العلاقات (1) ، (2) ، (3) ، (4) و (5) تمكننا من رسم الحد $\theta^2 max$ بتابعية $h_{1\,cr}$.

2- حالة التدفق الاصغرى المتوافق :

ننطلق من نفس شروط التساوى السابقة ، تصبح عندها العلاقات (1) فى حالة التدفق الاصغرى المتوافق كما يلى :

$$(as/h_1)t = (H_{1\,cr} - 1.25)/h_{1\,cr}$$

$$\ldots\ldots.(1)$$

$$(as/h_1)r = (H_{1\,cr} - 1,5)/h_{1\,cr}$$

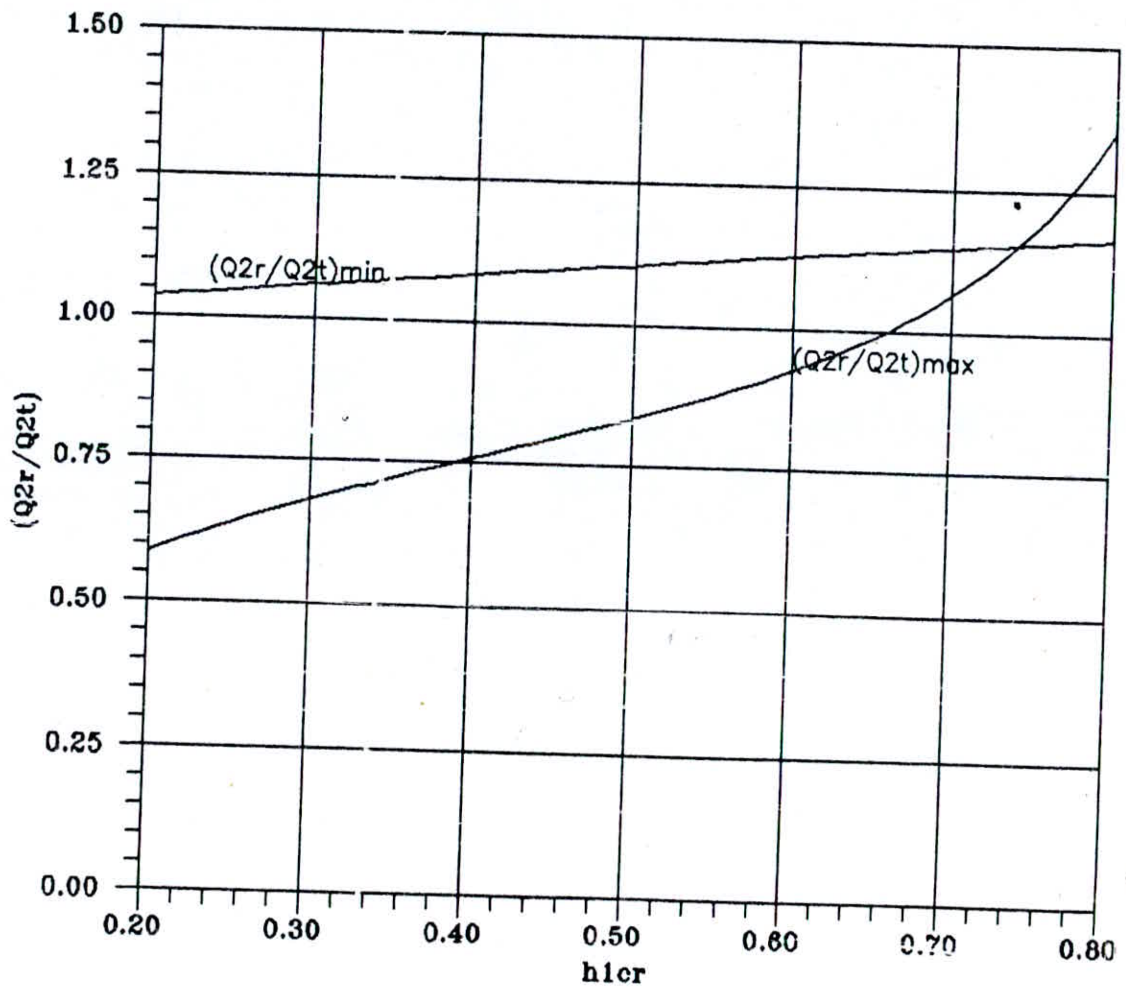
إن العلاقات (4) ، (5) فى هذه الحالة أيضا ، ليست ذا فائدة ، لذا يمكننا عن طريق العلاقات (1) و (2) و (3) أن نرسم الحد $\theta^2 min$ بتابعية $h_{1\,cr}$

3- تحليل المنحنيات البيانية :

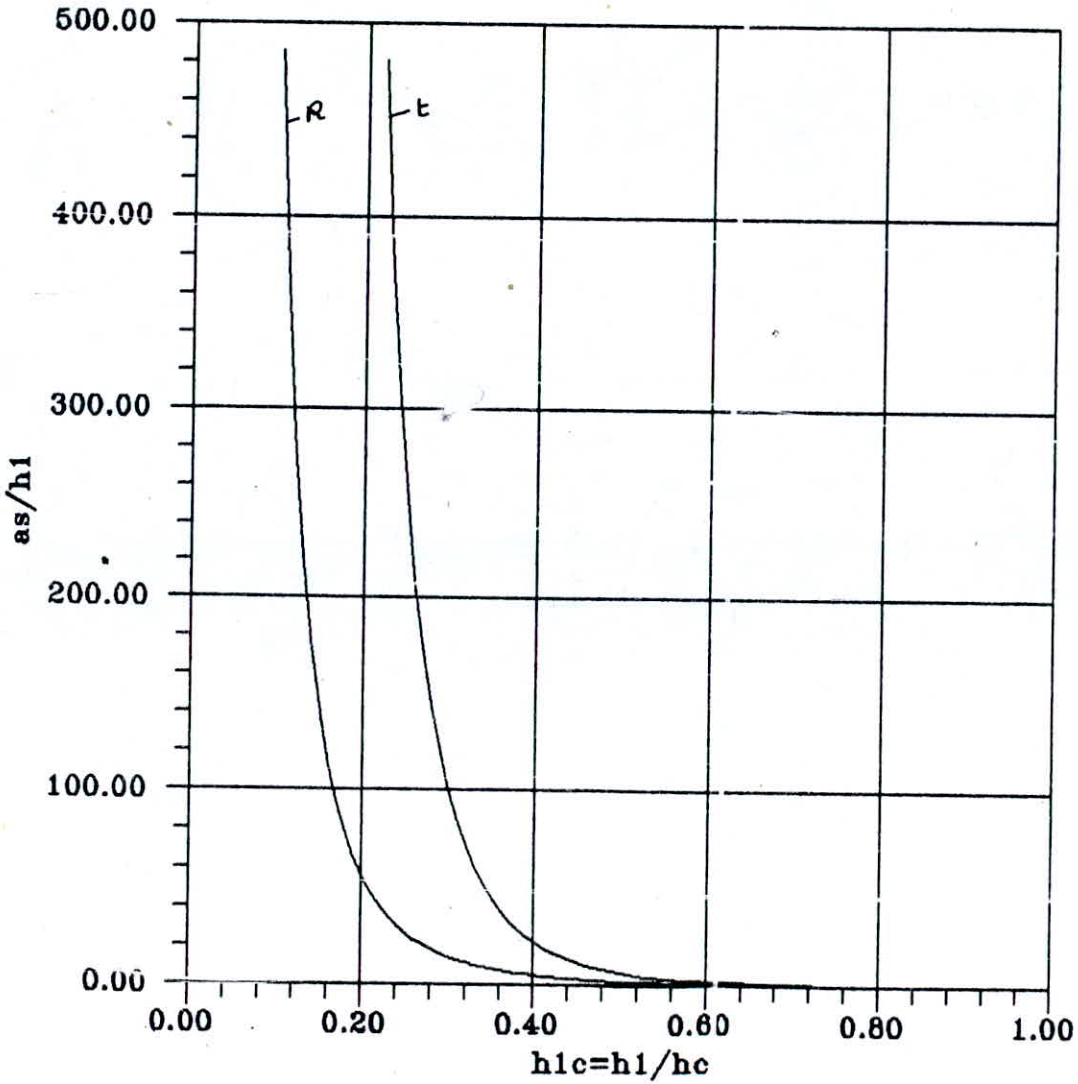
نرى من خلال المنحنيات البيانية لـ θ^2 العظمى والصغرى أن التدفق الاعظمى للقناة المثلثية هو دائما أكبر من التدفق فى حالة القناة المستطيلة الشكل من أجل $h_{1\,cr}<0.66$ الامر الذى يكافئ لـ $F_{1\,r}>1.87$ وهى تقريبا معظم الحالات العملية التى نواجهها .

أما فى حالة التدفق الاصغرى المتوافق فان القناة المستطيلة الشكل هى المفضلة لان النسبة $Q^2 r/Q^2 t$ هى دائما أكبر من الواحد.

Le graphe donnant le rapport (Q2r/Q2t) max. et min.
en fonction de h1cr dans le cas ou les deux
sections sont egales et Fir , Fit
sont egaux aussi

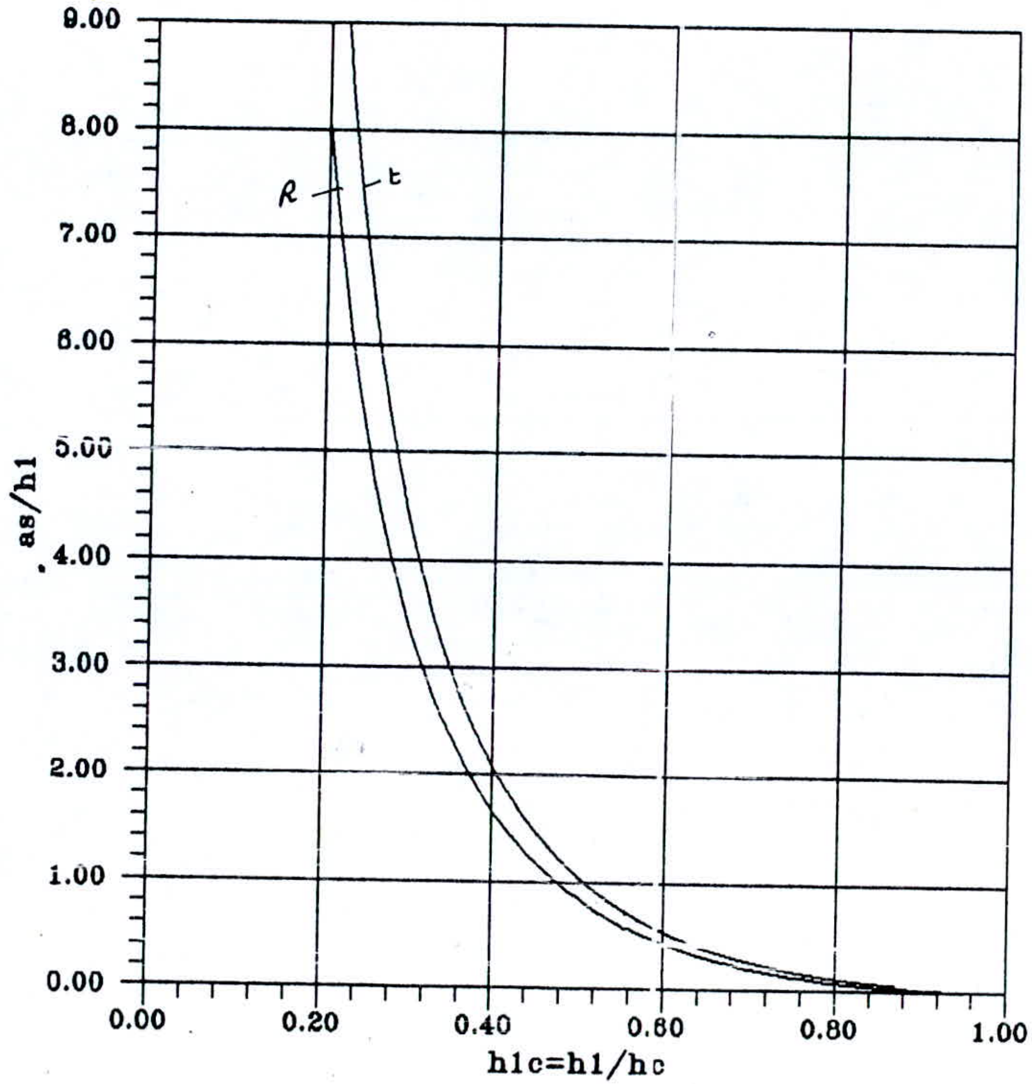


Le graphe qui donne h1c(min) en fonction
de as/h1 -as:c'est la hauteur du seuil
-h1 :premiere hauteur conjuguee
CANAL TRIANGULAIRE-RECTANGULAIRE



Le graphe qui donne h1c(max) en fonction
de as/h1 -as:c'est la hauteur du seuil
-h1 :premiere hauteur conjuguee

CANAL TRIANGULAIRE-RECTANGULAIRE



*

الفصل السابع

*

التدفق الاعظمى والاصغرى المتوافق مع وجود قفزة مائية فى المقطعين المثلثى والمستطيل الشكل - الدراسة التجريبية -

1- مقدمة:

كان من الصعب علينا أن نجرى التجارب وفق الشروط التى أردنا أن نحققها ، لعدم توفر الاجهزة التى تلبى هذه الشروط ، حيث أن تحقيق العلاقة as/h_1r أكبر من الـ 2 هو أمر قد إستحال علينا لصغر أبعاد قناة التجربة ، فهذه القناة هى قناة مستطيلة الشكل ذات طول يقارب الثلاثة أمتار وعرض يساوى 8 سم ، وإرتفاع يقارب أيضا الـ 30 سم ، فالماء إما أن يفيض عن جوانب القناة من أجل فتحات صغيرة للبوابة وإما أن لاتتحقق القفزة الحرة من أجل فتحات كبيرة ، ولكننا فى حدود المستطاع وفى حدود القيم لـ as/h_1r التى هى أصغر من الاثنين ، أجرينا تجاربنا ولم يكن بالطبع عدد الحالات المرصودة كبير وذلك لبقائنا ندور فى فلك مجال صغير من قيم as/h_1r .

2- تحليل النتائج :

نعرض فى نهاية الفصل نتائج ثلاث تجارب فى تحديد التدفق الاعظمى المتوافق وثلاث أخرى فى تحديد التدفق الاصغرى المتوافق وذلك لعدة فتحات للبوابة وعدة إرتفاعات لعتبة تبديد الطاقة ولقد رمزنا ب as لارتفاع عتبة تبديد الطاقة وب av لفتحة البوابة ، أما h_1 فهو العمق المترافق الاول للقفزة ، إن قيم h_{1cr} نستطيع أن نتحصل عليها إما من المنحنى وإما من تطبيق العلاقات بشكل مباشر .أما الواحدات المستخدمة فهى :اللتر- السم

والثانية ، إن معرفة h_{1cr} تمكننا من حساب التدفق النظرى Qth بالعلاقة مباشرة ، ومقارنته مع القيم المحسوبة من التجربة Qmes. نلاحظ من إستقراء النتائج ، أن الاخطاء المرتكبة فى حساب Qmin هى أقل من الاخطاء المرتكبة فى حساب Qmax وذلك لكون تحديد التدفق الاصغرى أسهل بكثير من تحديد التدفق الاعظمى ، حيث أن الفرق بين حالة الجريان الشلالى وحدوث تلك القفزة لايكاد يذكر عند الاقتراب من ذلك التدفق ، فأى تغيير طفيف فى التدفق ينقلنا مباشرة إلى حالة القفزة فى النهاية الحدية لها ، أما بالنسبة للتدفق الاعظمى ، فاننا لانستطيع بالضبط تحديد موقع القفزة الحدى لها ، حسب الشروط النظرية التى وضعناها فى الدراسة ، فمن التجربة نلاحظ أنه لتغييرات كبيرة فى قيمة التدفق تبقى القفزة محافظة على وضعيتها الحدية من غير أن تختفى لبحل محلها الجريان الشلالى ، ومن هنا لانستطيع بالضبط تمييز الحالة التى يمكن أن نتوقف عندها والتى تتوافق مع التدفق الاعظمى المرغوب فيه ، خاصة وأننا أمام تدفقات ذات قيم صغيرة ، تحتاج لمزيد من الدقة من أجل معرفة الحدود الفاصلة المناسبة .

3- تقدير الاخطاء :

ليكن المطلوب تقدير الخطأ الناتج من حساب التدفق وفق العلاقة التالية : $Q=(A.H)/T$ ، إن الخطأ الناتج من تطبيق هذه العلاقة إذا كانت الاخطاء المقدرة على T و H و A هى eT ، eH ، eA يمكن أن نحسبه كما يلى :

$$eQ=[(\partial Q/\partial A)^2.eA^2 + (\partial Q/\partial H)^2.eH^2 + (\partial Q/\partial T)^2.eT^2]^{(1/2)}$$

فى حالتنا قمنا بحساب التدفق من العلاقة التالية :

$$Q = V/T \Rightarrow eQ=[(\partial Q/\partial V)^2.eV^2 + (\partial Q/\partial T)^2.eT^2]^{(1/2)}$$

حيث eT هو الخطأ المقدر على حساب الزمن ونستطيع أن نقدره ب 0.5 ثانية ، أما eV فهو الخطأ المقدر على حساب الحجوم ويقدر ب 0.2 ليتر ، بتطبيق العلاقة أعلاه ، وباختيار القيم التالية : $V=20\ l$, $T=11.42\ s$ $\Rightarrow Q = V/T \Rightarrow Q = 1.7513\ l/s$
نستطيع أن نكتب :

$$eQ = [(1/T^2).0.2^2 + (V^2/T^4).0.5^2]^{(1/2)}$$

$$\Rightarrow eQ = 0.0787 \ l/s \quad \Rightarrow eQ = 4.5\%$$

هذا هو إذن الخطأ الناتج عن تقييم التدفق بصورة تجريبية .
هناك خطأ آخر يمكن أن يؤثر بصورة قوية على حساب التدفق النظري وهو خطأ تقدير h_1r حيث أن خطأ قدره 1 مم ، يعطى حوالى الـ 6.5% من الخطأ فى قيمة التدفق الاعظمى فمن أجل :

$$h_1r=1.4 \Rightarrow as/h_1r=1.786 \Rightarrow h_{1cr} = 0.389 \Rightarrow Qth=1.708 \ l/s$$

$$h_1r=1.5 \Rightarrow as/h_1r=1.667 \Rightarrow h_{1cr} =0.4 \Rightarrow Qth=1.82 \ l/s$$

$$\Rightarrow eQ = 6.5\%$$

من هنا نرى أن تراكم هذين الخطأين يعطى أخطاءا معتبرة فى تقدير التدفق ، مبررين بذلك كبر الاخطاء التى وجدناها .

4- النتيجـــة :

نستطيع فى النهاية القول : أننا قد تحصلنا على قيم تجريبية تقترب من القيم النظرية الامر الذى يبرهن وبشكل عملى صحة الدراسة النظرية التى أجريناها والقوانين التى وجدناها بالرغم من قلة الوسائل المتاحة .
هذا ومن الممكن أن نقدم فى النهاية النصيحة التالية من أجل تصريف مياه الفيضانات أو تفريغ السدود :
يتعين على العامل المسؤول عن التحكم فى بوابات المفيضات أن يحدد مسبقا الفتحة المطلوبة للبوابة لتصريف التدفق الاعظمى الممكن الوصول إليه مع وجود القفزة المائية ، وأن يقوم بوضع البوابة عند تلك الفتحة ، قبل السماح للمياه بالمرور ، وذلك لكى تتشكل لديه الحالة التى تتوافق مع التدفق الاعظمى المتوافق ، وإلا" فانه فى حالة فتح البوابة تدريجيا ، نتحصل فى البداية على الجريان الشلالي ومن ثم تظهر القفزة ، وهى الحالة التى تتوافق مع التدفق الاصغرى المتوافق ، الامر الذى يعنى ضياع الكثير من الوقت فى تصريف مياه الفيضان أو مياه السد .

1)-Le debit max.

av	h1	as	as/h1	h1cr	Qth	Qmes	Erreur
2	1.4	2.5	1.786	0.389	1.708	1.813	6.1%
2.5	1.8	2.5	1.388	0.427	2.171	1.84	15.2%
3.5	2.45	2.5	1.020	0.473	2.955	2.324	21.3%

2)-Le debit min.

av	h1	as	as/h1	h1cr	Qth	Qmes	Erreur
2.5	1.95	2.5	1.282	0.550	1.674	1.926	15%
3.5	2.45	3.5	1.429	0.538	2.438	2.31	5.3 %
3.5	2.65	2.5	0.943	0.584	2.422	2.327	3.9%

الملحق (1)

برنامج المنحنيات الراجعة

فى هذا الملحق نقدم برنامجا بلغة البسيك (BASIC) نعرض فيه أحد طرق حل المنحنيات الراجعة بواسطة منهج الحل المسمى ب RANGE KUTTA ، فى بداية هذا البرنامج يطلب منا الحاسب الالى أن نعطيه عناصر القناة التى نريد أن نجد لها الحل ، ومن ثم يقوم الحاسب بحساب العمق الحرج والعمق النظامى ويقارنهم بما لديه من عمق إبتدائى ليحدد طبيعة المنحنى ، بعد عملية تحديد بداية ونهاية هذا المنحنى يقوم البرنامج بحساب إحداثيات المنحنى بالطريقة التى ذكرناها سابقا .

إن الطريقة التى إعتمدناها لايجاد العمق النظامى والعمق الطبيعى هى طريقة إيجاد جذر معادلة باعطاء قيمتين عظمى وصغرى بين طرفى هذا الجذر وتعويضهما بالمعادلة ، وبعد ذلك نبدل بالقيم الناتجة القيم السابقة إذا كانت تلك القيم تتقارب من الجذر المطلوب ، ونعيد تلك العملية حتى نجد فى النهاية الجذر الحقيقى .

لقد أدمجنا مع هذا البرنامج برنامجا آخر نستطيع بواسطته أن نجد معادلة المنحنى بواسطة طريقة التربيعات الصغرى ، هذه المعادلة لها شكل كثير حدود من أى درجة كانت (حتى الدرجة 15) إن طريقة الحل يمكن أن نجدها فى كتب التحليل العددى ، لذلك إكتفينا بعرض المخطط المنطقى لطريقة الحل . وهو يحتوى على جزئين ، جزء يحتوى تشكيل مصفوفة الحل ، وجزء آخر يحتوى حل هذه المصفوفة بطريقة GAUSS .

```
1 CLS:SCREEN 0:COLOR 9,7:CLS:NN=15:L=0:SINGE=1
5 INPUT"Donner La longueur du canal XL=";XL
10 DIM X(101),Y(101)
50 REM --------------------Entréé les donneés--------------------------------
100 INPUT"Donner La largeur de base de la section du canal b=";B
150 INPUT"Donner La pente du talus m=";M:INPUT"Donner La rugosité n=";N
200 INPUT"Donner La hauteur initiale (Metter Ho=0 si Ho=Hcritique) Ho=";HO:INPUT
"Donner La pente de radier Js=";JS
300 INPUT"Donner Le debit Q=";Q:CLS:GOTO 610
450 REM-------SUb:Calcul du debit en fonction de H--------------------------
500 S=H*(B+M*H):X=B+2*H*SQR(M^2+1):BB=B+2*M*H
510 R=S/X:C=1/N+17.72*LOG(R)/2.3026:K=C*S*SQR(R):QT=SINGE*K*SQR(JS) :RETURN
605 REM ------Sub:Calcul de hauteur critique--------------------------------
610 DEF FNF(YY)=1-Q^2*(B+2*M*YY)/((YY*(B+M*YY))^3*9.810001)
620 YMAX=100
630 YMIN=0
640 YCR=.5*(YMAX+YMIN)
650 FOR I=1 TO 50
660 X=FNF(YCR)
670 IF X>0 THEN YMAX=YCR
680 IF X<0 THEN YMIN=YCR
690 YCR=.5*(YMAX+YMIN):NEXT :IF HO=0 THEN HO=YCR
700 IF JS<=0 THEN YNR=3*YCR:JS=ABS(JS):SIGNE=-1:GOTO 800
705 REM---------Sub:Calcul de la hauteur normale--------------------------
710 DEF FNY(YY)=(1/N)*(YY*(B+M*YY))*((YY*(B+M*YY))/(B+2*YY*(1+M^2)^.5))^(2/3)*JS
^(1/2)-Q
720 YMAX=100
730 YMIN=0
740 YNR=.5*(YMAX+YMIN)
750 FOR I=1 TO 50
760 X=FNY(YNR)
770 IF X>0 THEN YMAX=YNR
780 IF X<0 THEN YMIN=YNR
790 YNR=.5*(YMAX+YMIN):NEXT
800 HN=YNR:HC=YCR
1000 REM-----------:Determination de type de courbe de remous----------------
1150 IF  HN<HC  THEN LOCATE 1,15:PRINT"Pente positive et Rapide Hn<Hc":GOTO 1180
1160 LOCATE 1,10:PRINT"Pente Horiz. ou Critic. ou Faible pente (positive ou nega
tive)":IF HO>HC THEN LOCATE 2,15:PRINT"Sus-Criticale ecoulemement Ho>Hc":PO=-1:D
Y=(HO-HN)*.998/NN :HX=HN:A$="Le courbe Vas vers l'amont":GOTO 2660
1170 IF HO<HC THEN :LOCATE 2,15:PRINT"Sous critical ecoulement":PO=1:DY=(HC-HO)/
NN:HX=HC:A$="Le courbe vas vers L'aval":GOTO 2660
1180 IF HO>HC THEN LOCATE 2,15:PRINT"Sus-critical ecoulement Ho>Hc":A$="Le courb
e vas vers L'amont":PO=-1 :DY=(HO-HC)/NN:HX=HC
1190 IF HO<=HC THEN LOCATE 2,15:PRINT"Sous-critical ecoulement":A$="Le courbe va
s vers L'aval":PO=1:NN=NN*2:DY=(HN-HO)*.998/NN:HX=HN
2660 Y=HO:FOR I=1 TO NN:GOSUB 2800
2670 L=L+DX:X(I)=L:IF L>XL THEN 2950 ELSE NEXT:K=I-1:GOTO 8003
2790 REM -------- SUB:----------CALCUL DE DX PAR RUNGE KUTTA -------------------
-
2800 H=Y:GOSUB 2900
2810 K1=FY*DY:H=Y+PO*DY/2:GOSUB 2900
2820 K2=FY*DY:H=Y+PO*DY/2:GOSUB 2900
2830 K3=FY*DY:H=Y+PO*DY:GOSUB 2900
2840 K4=FY*DY:DX=(K1+2*(K2+K3)+K4)/6:Y=Y+PO*DY:Y(I)=Y:RETURN
2890 REM -------SUB:----------CALCUL DE F(y) Qui est egale à dx/dy--------------
-
2900 GOSUB 500:JF=Q^2/K^2:V=Q/S:F=V/(SQR(9.810001*(S/BB))):FY=((JS-JF)/(1-F^2))^
-1:RETURN
2950 DY1=DY*(L-XL)/DX:Y(I)=Y(I-1)+PO*DY1:X(I)=XL :K=I
```

```
2990 REM ----------------------------RESULTATS ---------------------------------
-
8003 OPEN "O",#1,"remous"
21000 X(1)=0 : Y(1)=HO
21110 FOR I=1 TO K
21120 Y=Y(I):X=X(I)
21130 PRINT #1,X,Y
21140 NEXT :CLOSE #1
50290 GOSUB 51260:FOR I=1 TO K
50300 IF I<=15 THEN LOCATE 7+I,12:PRINT USING"#####.###";X(I):LOCATE 7+I,23:PRIN
 Y(I)
0310 IF I>15 THEN LOCATE 7+I-15,43:PRINT USING"#####.###";X(I):LOCATE 7+I-15,54
 PRINT Y(I)
0320 NEXT:LOCATE 3,15:PRINT A$:LOCATE 4,6 :PRINT"  Hn=";HN;"      Hc=";HC;"
 Ho=";  HO:LOCATE 3,40:A$=INPUT$(1):RUN"window"
1260  LOCATE 5,1:PRINT"╔════════╤═════════╤════════╤════════╤═════════╤════════╗
"
1265  PRINT"║ N°     │    X    │    Y   │ N°     │    X    │    Y   ║"
1268  PRINT"╟────────┼─────────┼────────┼────────┼─────────┼────────╢"
1270 C$=   "║ ###)   │         │        │ ###)   │         │        ║"
1275        FOR J=1 TO 15
1278             PRINT USING C$;J,15+J:NEXT
1280  PRINT"╚════════╧═════════╧════════╧════════╧═════════╧════════╝"
1290  RETURN
```

لمعرفة مدى نجاح هذا البرنامج ،قمنا بحل المثال التالى :

مثال تطبيقى :

أحسب إحداثيات المنحنى الراجع (أو منحنى الفيض) لقناة على على شكل شبه منحرف تمتلك المعطيات التالية:

طول القناة: 600 M

عرض القناة: 2.5 M

ميل محور القناة: 0.0002

ميل جدار القناة: 0.8

الخشونة النسبية للقناة: 0.012

الارتفاع الابتدائى للماء فى القناة: 0.907

التدفق المار فى القناة: 25 M3/s

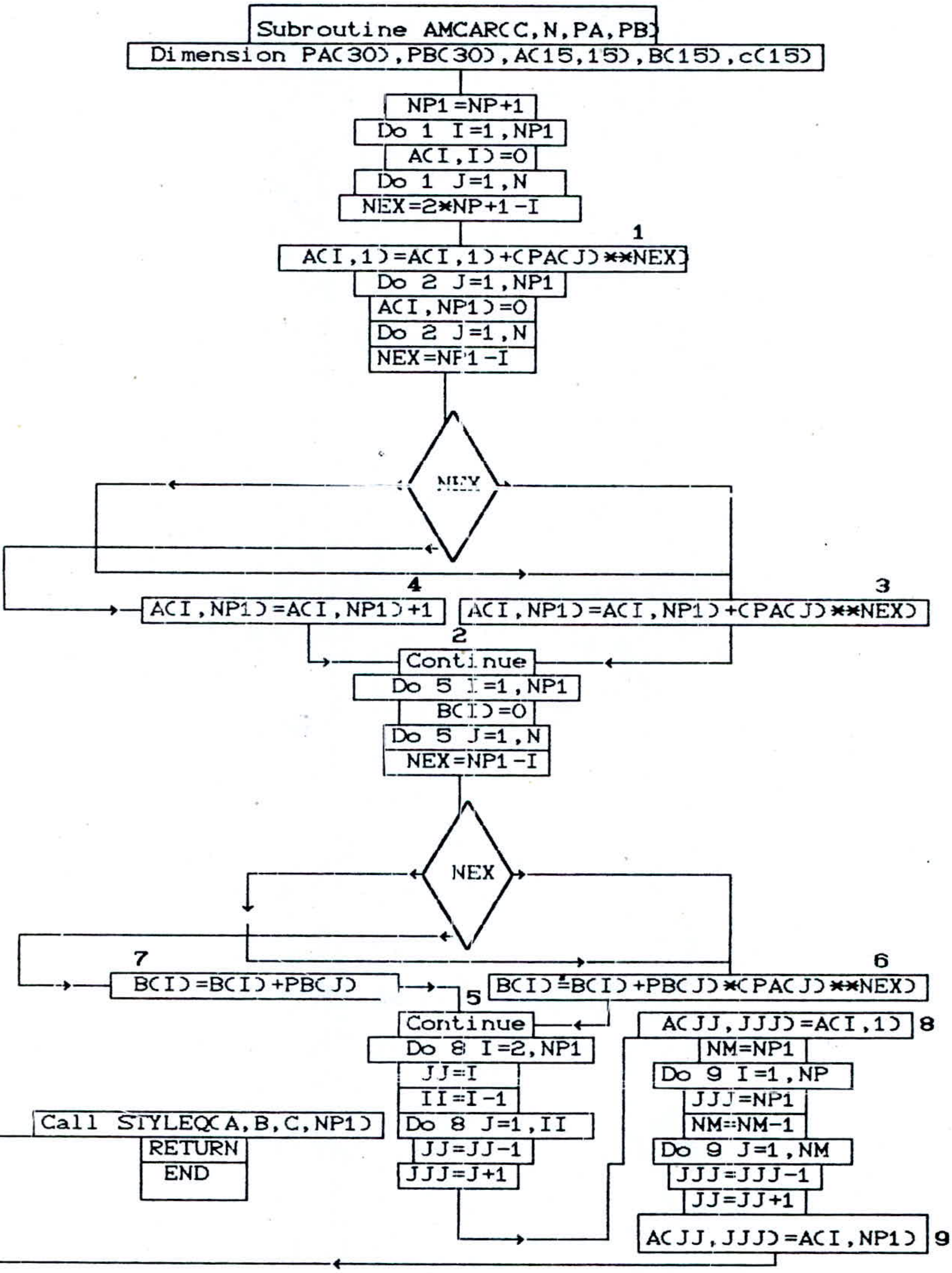
أعطى الحاسب النتائج التالية:

Pente Horiz. ou Critic. ou Faible pente (positive ou negative)11:53:35p
Sous critical ecoulement
Le courbe vas vers L'aval
Hn= 3.189889 Hc= 1.779949 Ho= .907

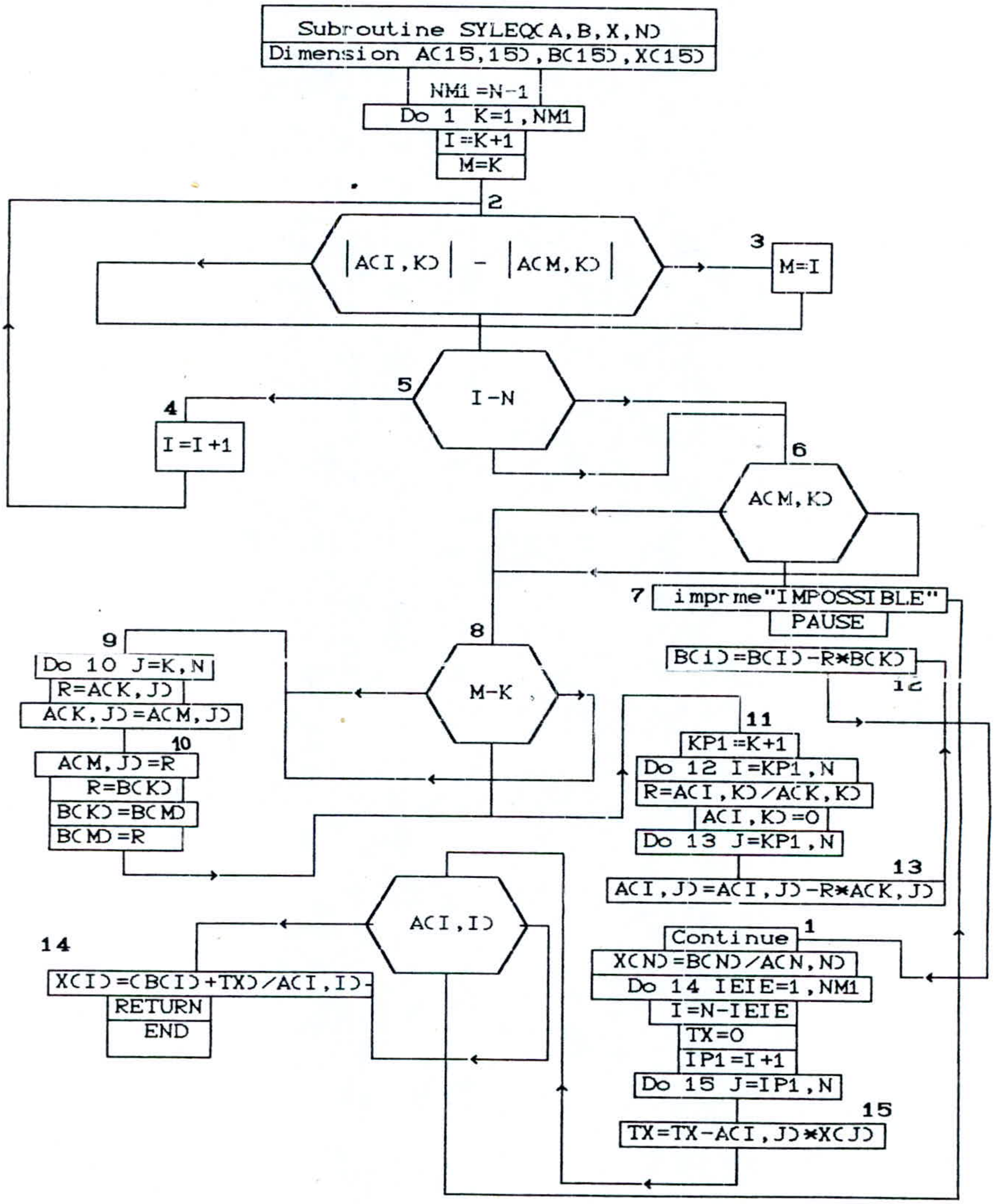
N°	X	Y	N°	X	Y
1)	0.000	.907	16)		
2)	54.667	1.023393	17)		
3)	80.911	1.08159	18)		
4)	106.259	1.139786	19)		
5)	130.570	1.197983	20)		
6)	153.687	1.256179	21)		
7)	175.438	1.314376	22)		
8)	195.634	1.372572	23)		
9)	214.064	1.430769	24)		
10)	230.497	1.488966	25)		
11)	244.676	1.547162	26)		
12)	256.314	1.605359	27)		
13)	265.093	1.663555	28)		
14)	270.657	1.721752	29)		
15)	272.608	1.779948	30)		

Organigramme de l'approximation par un polynome detrminé par le critère de moindre carée

NP: C'est le degré de polynome , N: Le dimension des données
PA: Les abscisses des données , PB: Les coordonnées



La resolution d'un system d'equation par la méthode de GAUSS



```
10 DIM PA(30),PB(30),A(30,30),B(30),X(30)
200 CLS:SCREEN 9:COLOR 14,7:PRINT CHR$(201);STRING$(78,205);CHR$(187);
210 PRINT CHR$(186);"                              APPROXIMATION PAR UN POLYNOME
                   ";CHR$(186);
220 PRINT CHR$(186);SPACE$(78);CHR$(186);
230 PRINT CHR$(186);"                        DETERMINE PAR LE CRITERE DE MOINDRE CARR
ES                 ";CHR$(186);
240 PRINT CHR$(186);"                        Departement Hydraulique- 5eme Annee-1990
                   ";CHR$(186);
250 PRINT CHR$(186);"                              E L  K H A T I B  A H M E D
                   ";CHR$(186);
260 PRINT CHR$(200);STRING$(78,205);CHR$(188);:COLOR 9,7:PRINT
270 INPUT "entrer le N° des points             max 30    ";N
280 INPUT "entrer le degre du Polynome desire  max 15  ";NP
282 INPUT"Voulez Vous Entrer Les Valeurs (M)anuellement ou par (F)ichier";C$
283 IF C$<>"m" AND C$<>"M" AND C$<>"f" AND C$<>"F" THEN BEEP:GOTO 282
284 IF C$="m" OR C$="M"  THEN 290
285 IF C$="f" OR C$="F" THEN  INPUT"Donner Le Nom et Le N° de Fichier (NF$,N)";F
$,NF
286 OPEN "i",#NF,F$
287 K=1:WHILE NOT EOF(NF):INPUT #NF,PA(K),PB(K):K=K+1:WEND
288 CLOSE #NF:GOTO 370
290 CLS:GOSUB 51260:FOR I=1 TO N
300 IF I<=15 THEN LOCATE 3+I,12:INPUT PA(I):LOCATE 3+I,23:INPUT PB(I)
310 IF I>15 THEN LOCATE 3+I-15,43:INPUT PA(I):LOCATE 3+I-15,54:INPUT PB(I)
320 NEXT
330 LOCATE 20,12:INPUT"Voulez vous corriger une valeure  O/N";A$
335 IF A$="n" OR A$="N" THEN GOTO 370
340 LOCATE 22,12:INPUT"La quelle N=";NC
350 IF NC<=15 THEN LOCATE 3+NC,12:INPUT PA(NC):LOCATE 3+NC,23:INPUT PB(NC):GOTO
330
360 IF NC>15 THEN LOCATE NC-12,43:INPUT PA(NC):LOCATE NC-12,54:INPUT PB(NC):GOTO
 330
370 NP1=NP+1
380 FOR I=1 TO NP1
390 A(I,1)=0
400 FOR J=1 TO N
410 NEX=2*NP+1-I
420 A(I,1)=A(I,1)+(PA(J)^NEX)
430 NEXT:NEXT
440 FOR I=1 TO NP1
450 A(I,NP1)=0
460 FOR J=1 TO N
470 NEX=NP1-I
480 IF NEX<>0 THEN A(I,NP1)=A(I,NP1)+PA(J)^NEX ELSE A(I,NP1)=A(I,NP1)+1
490 NEXT:NEXT
500 FOR I=1 TO NP1
510 B(I)=0
520 FOR J=1 TO N
530 NEX=NP1-I
540 IF NEX<>0 THEN B(I)=B(I)+PB(J)*PA(J)^NEX ELSE B(I)=B(I)+PB(J)
550 NEXT:NEXT
560 FOR I=2 TO NP1
570 JJ=I
580 II=I-1
590 FOR J=1 TO II
600 JJ=JJ-1
610 JJJ=J+1
620 A(JJ,JJJ)=A(I,1)
630 NEXT:NEXT
640 NM=NP1
```

```
650 FOR I=1 TO NP
660 JJJ=NP1
670 JJ=I
680 NM=NM-1
690 FOR J=1 TO NM
700 JJJ=JJJ-1
710 JJ=JJ+1
720 A(JJ,JJJ)=A(I,NP1)
730 NEXT:NEXT
735 N=NP+1
740 NM1=N-1
750 FOR K=1 TO NM1
760 I=K+1
770 M=K
780 IF (ABS(A(I,K))-ABS(A(M,K)))>0 THEN M=I
790 IF (I-N)<0 THEN I=I+1:GOTO 780
800 IF A(M,K)=0 THEN PRINT"  (((IMPOSSIBLE)))":END
810 IF (M-K) <>0 THEN GOSUB 1000
820 KP1=K+1
830 FOR I=KP1 TO N
840 R=A(I,K)/A(K,K)
850 A(I,K)=0
860 FOR J=KP1 TO N
870 A(I,J)=A(I,J)-R*A(K,J):NEXT J
880 B(I)=B(I)-R*B(K):NEXT I
890 NEXT K
900 X(N)=B(N)/A(N,N)
910 FOR IEIE=1 TO NM1
920 I=N-IEIE
930 TX=0
940 IP1=I+1
950 FOR J=IP1 TO N
960 TX=TX-A(I,J)*X(J)
970 NEXT J
980 IF A(I,I)=0 THEN PRINT"      (((IMPOSSII  ))) ":END
990 X(I)=(B(I)+TX)/A(I,I):NEXT IEIE :GOTO 1070
1000 FOR J=K TO N
1010 R=A(K,J)
1020 A(K,J)=A(M,J)
1030 A(M,J)=R:NEXT J
1040 R=B(K)
1050 B(K)=B(M)
1060 B(M)=R:RETURN
1065 D$=""
1070 CLS:PRINT:PRINT:PRINT"******************************  Les constantes sont
: ************************":FOR I= 1 TO NP+1
1080 PRINT"C(";I;")=";X(I),
1082 D$="+c("+STR$(NP+2-I)+")*"+"X^("+STR$(I-1)+")"+D$ :NEXT:PRINT"*************
**************** L'equation est de type :************************":PRINT:PRINT"
Y ="+D$
1090 PRINT:PRINT"******************************************************
****************":PRINT"Voulez vous interpoler O/N ";:INPUT B$
1095 IF B$<>"o" AND B$<>"O" AND B$<>"n" AND B$<>"N" THEN BEEP:BEEP:GOTO 1090
1100 IF B$="n" OR B$="N" THEN RUN"window"
1105 INPUT "Entrer la valeur a interpoler X=";X
1107 Y=0
1110 FOR I=NP+1  TO 1 STEP -1
1120 Y=Y+X(NP-I+2)*X^(I-1) :NEXT
1130 PRINT "  Y=";Y:GOTO 1090
51260  PRINT"╔═══════════════════════════════════════════════════╗"
51265  PRINT"║ N°     ║    X    ║      Y ║ N°    ║     X   ║   Y   ║
```

```
1268  PRINT"╔══════════╤═══════════╤═══════════╤═════════╤═══════════╤═══════════╗"
1270 C$=   "║ ###)     │           │           │ ###)    │           │           ║"
1275        FOR J=1 TO 15
1278                PRINT USING C$;J,15+J:NEXT
1280  PRINT"╚══════════╧═══════════╧═══════════╧═════════╧═══════════╧═══════════╝"
1290  RETURN
```

الملـــحـــق (2)

المصطلحات العلميـــة

فرنسى	انكليزى	عربى
	-A-	
Accélération	Acceleration	تسارع
Ajutage	Mouthpiece	فوهة
Altitude	Altitude	إرتفاع
Angle	Angle	زاوية
	-B-	
Berme	Berm	كتف
	-C-	
Capillarité	Capillarity	الخاصة الشعرية
Cavitation	Cavitation	تكهف
Centre de Carene	Centre of Bouyancy	مركز الطفو
Charge	Head	حمولة
Charge Spécifique	Specific Energy	حمولة نوعية
Coefficient d'Energie	Energy Coefficient	معامل القدرة
Coefficient de Contraction	Coefficient of Contraction	معامل التضايق
Coefficient de Débit	Coefficient of Discharge	معامل التدفق
Coefficient de Quantité de Mouvement	Momentum - Cofficient	معامل العزم الحركى

Coefficient de Vitesse	Coefficient of Velocity	معامل السرعة
Concave	Concave	مقعر
Conduite	Conduit	أنبوب
Conduite en acier Rivtée	Riveted steel Conduit	أنبوب فولاذى مبرشم
Conduite en Béton	Concrete conduit	أنبوب خرسانى
Contraction Compléte	Full Contraction	تضايق تام
Contraction Latérale	End Contraction	تضايق طرفى
Contraction partielle	Partial Contraction	تضايق جزئى
Convexe	Convex	محدّب
Corps Flottant	Floating Body	جسم عائم
Couche Limite	Boundary Layer	طبقة حدية
Coude	Bend	كوع
Courbe de Débit	Rating Curve	منحنى التدفق
Courbe de Remous	Back - Water	منحنى الفيض
Cours d'Eau Naturel	Natural Water Course	مجرى طبيعى

-D-

Débit	Discharge	تدفق
Densimétre	Densimeter	مقياس كثافة
Densité	Specific Gravity	الثقالة النوعية
Déversoir	Spillway , Weir	هدار - مفيض
Déversoir a' Seuil épais	Broad - Crested Weir	هدار عريض الحافة
Diaphragme	Diaphragm	حاجز

-E-

Ecoulement	Discharge	جريان
Ecoulement Adiabatique	Adiabatic Flow	جريان مكظوم
Ecoulement Convergent	Accelerated Flow	جريان متسارع
Ecoulement Critique	Critical flow	جريان حرج

Ecoulement divergent	Retarded Flow	جريان متباطئ
Ecoulement Fluvial	Tranquil Flow	جريان نهرى
Ecoulement Laminaire	Laminar Flow	جريان صفحى
Ecoulement Tourentiel	Rapid Flow	جريان شلالى
Ecoulement turbulent	Turbulent Flow	جريان مضطرب
Elargissement Brusque	Sudden Expansion	توسع مفاجئ
Elasticité	Elasticity	مرونة
Energie Cinétique	Kinetic or Motive Energgy	قدرة حركية
Charge Totale	Total Head	حمولة كلية
Equation de Continuité	Equation of Continuity	معادلة الاستمرار
Equilibre Indifferent	Neutral Equilibruim	توازن معتدل
Equilibre Stable	Stable Equilibruim	توازن مستقر

-F-

Fluide Compressible	Compressible Fluid	مائع قابل للانضغاط
Fonte	Cast Iron	حديد صب
Force d'inertie	Force of Inertia	قوة العطالة
Formation de Rouille	Formation of Rust	تكون الصدأ

-G-

Hauteur du a la Vitesse	Velocity Head	حمولة السرعة
Hauteur Piézometrique	Pressure Head	حمولة الضغط

-I-

Incrustation	Incrustation	تقشر
Isobares	Isobar - Constant Pressure Line	خط تساوى الضغط
Isodromes	Lines of Equal Velocity	خط تساوى السرعة

-J-

Jet	Jet	نافورة

-L-

Latitude	Latitude	خط عرض
Ligne de courant	Stream Line	خط جريان
Ligne de Charge	Energy Gradient	خط تدرج القدرة
Ligne Piézometrique	Hydraulic Gradient	خط التدرج المائى
Liquide	Liquid	سائل

-M-

Maçonnerie	Masonery	بنيان
Masse Specifique	Specific Mass	كتلة نوعية
Mouvement Uniforme	Uniform Flow	جريان منتظم

-N-

Noeud	Junction	عقدة

-O-

Onde	Wave	موجة
Orifice	Orifice	فتحة

-P-

Paramétre	Parameter	عامل
Particule Liquide	Liquid Particle	جزئ سائل
Perimétre Mouillé	Wetted Perimeter	محيط مبلول
Pertes de Charge	Head Losses	ضياعات الحمولة
Pression	Pressure	ضغط
Pression Absolue	Absolute Pressure	ضغط مطلق
Profondeur Critique	Critical Depth	عمق حرج
Profondeur Normale	Normal Depth	عمق نظامى

Profondeur Conguguée du Ressaut	Conjugate depth of the Jump	العمق المترافق للقفزة

-R-

Rayon de Giration	Raduis of Gyration	نصف قطر التأرجح
Rayon Hydraulique	Hydraulic Raduis	نصف القطر المائى
Ressaut Hydraulique	Hydraulic Jump	قفزة مائية
Rétrécissement brusque	Sudden Contraction	تضايق مفاجئ
Rugosité Relative	Relative Roughness	خشونة نسبية

-S-

Section	Section	مقطع
Seuil Normal	Normal Sill	عتبة نظامية
Solubilité	Solibility	قابلية الانحلال

-T-

Surface Libre	Free Surface	سطح حر
Talus	Slope	الميل
Tension Superficielle	Surface Tension	التوتر السطحى
Transformation	Transformation	التحول
Trajectoire	Path Line	خط المسار
Transformation Adiabatique	Adiabatic Transformation	تحول مكظوم
Tuyau	Pipe	أنبوب
Tuyau Souple	Hose	خرطوم
Tuyère	Nozzle	ميزاب

-V-

Vanne	Sluice Gate , Valve	سكر بوابى
Vanne Papillon	Butterfly Valve	سكر فراشة
Veillissement des Conduites	Ageing of Conduits	تقادم الانابيب

Visoosité	Visoosity	اللــــزوجة
Viscosité Cinematique	Kinematic Viscosity	لزوجة حــركيـــة
Vitesse d'Amenée	Velocity of Approach	سرعة الاقتراب
Vitesse Instantanée	Instantaneous Velocity	الـسرعـة الانـيـة

****

قائمة المراجع

الاصدار	الناشر	المؤلف	اسم المرجع

1- المراجع باللغة الاجنبية:

1985	McGraw-Hill	VEN TE CHOW	OPEN CHENNEL HYDRAULIQUE-
1989	Presses Polytethniques Romandes	R . O. Sinniger W. H. Hager	CONSTRUCTUONS HYDRAULIQUES-
			JOURNAL OF HYDRAULIC RESEARCH- VOL.25 1987 NO.5

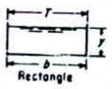
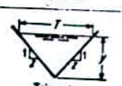
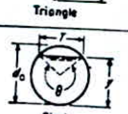
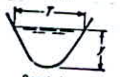
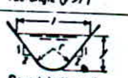
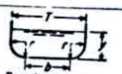
2- المراجع باللغة العربية :

1985	جامعة دمشق	الدكتور محمد بشير المنجد	- مبادئ الجريانات ذات السطح الحر
1982	جامعة حلب	الدكتور محمد فيصل الرفاعى	- الدليل العملى للهيدروليك
1977	جامعة حلب	ترجمة الدكتور أحمد فيصل أصفرى	- أصول الهيدروليك الهندسى

الجداول

- الجـــــــــدول (1) -

TABLE 2-1. GEOMETRIC ELEMENTS OF CHANNEL SECTIONS

Section	Area A	Wetted perimeter P	Hydraulic radius R	Top width T	Hydraulic depth D	Section factor Z
 Rectangle	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b	y	$by^{1.5}$
 Trapezoid	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$	$\frac{(b+zy)y}{b+2zy}$	$\frac{[(b+zy)y]^{1.5}}{\sqrt{b+2zy}}$
 Triangle	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zy^{2.5}$
 Circle	$\frac{1}{8}(\theta-\sin\theta)d_0^2$	$\frac{1}{2}\theta d_0$	$\frac{1}{4}\left(1-\frac{\sin\theta}{\theta}\right)d_0$	$(\sin\frac{1}{2}\theta)d_0$ or $2\sqrt{y(d_0-y)}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\theta-\sin\theta}{\sin\frac{1}{2}\theta}\right)d_0$	$\frac{\sqrt{2}}{32}\frac{(\theta-\sin\theta)^{1.5}}{(\sin\frac{1}{2}\theta)^{0.5}}d_0^{2.5}$
 Parabola	$\frac{2}{3}Ty$	$T+\frac{8}{3}\frac{y^2}{T}$ *	$\frac{2T^2y}{3T^2+8y^2}$ *	$\frac{3}{2}\frac{A}{y}$	$\frac{2}{3}y$	$\frac{2}{9}\sqrt{6}\,Ty^{1.5}$
 Round-cornered rectangle ($y>r$)	$\left(\frac{\pi}{2}-2\right)r^2+(b+2r)y$	$(\pi-2)r+b+2y$	$\frac{(\pi/2-2)r^2+(b+2r)y}{(\pi-2)r+b+2y}$	$b+2r$	$\frac{(\pi/2-2)r^2}{b+2r}+y$	$\frac{[(\pi/2-2)r^2+(b+2r)y]^{1.5}}{\sqrt{b+2r}}$
 Round-bottomed triangle	$\frac{T^2}{4z}-\frac{r^2}{z}(1-z\cot^{-1}z)$	$\frac{T}{z}\sqrt{1+z^2}-\frac{2r}{z}(1-z\cot^{-1}z)$	$\frac{A}{P}$	$2[z(y-r)+r\sqrt{1+z^2}]$	$\frac{A}{T}$	$A\sqrt{\frac{A}{T}}$

* Satisfactory approximation for the interval $0 < x \leq 1$, where $x = 4y/T$. When $x > 1$, use the exact expression $P = (T/2)[\sqrt{1+x^2} + 1/x \ln (x + \sqrt{1+x^2})]$.

- الجدول رقم (2) -

Tableau 2.1 Rugosités équivalentes de sable pour des conduites de divers matériaux et états de surface [2.21].

Rugosité des conduites

Groupe	Types de tuyaux et de matériaux	Etat de la surface des tuyaux et conditions d'exploitation	k_s [mm]
		A. Tuyaux métalliques	
I	Tuyaux étirés sans soudure en laiton, cuivre et plomb	1. Techniquement lisses	0,0015 à 0,0100
	Aluminium	2. Idem	0,015–0,06
II	Tuyaux étirés sans soudure en acier (du commerce)	1. Neufs, non utilisés	0,02–0,10
		2. Nettoyés après plusieurs années de service	jusqu'à 0,04
		3. Revêtus de bitume	jusqu'à 0,04
		4. Tuyaux de blindage dans diverses conditions après plusieurs années d'exploitation	0,06–0,22
		5. Tuyauteries de systèmes de chauffage à eau quelles que soient les conditions à l'alimentation	0,20
		6. Oleoducs pour des conditions d'exploitation moyennes	0,20
		7. Moyennement corrodés, petits dépôts de tartre	≈ 0,4
		8. Tuyauteries d'eau depuis longtemps en service	1,2–1,5
		9. Importants dépôts de tartre	≈ 3,0
		10. Surface des tuyaux en mauvais état. Recouvrement inégal des joints	≥ 5,0
III	Tuyaux en acier soudé	1. Neufs ou vieux, en bon état; joints soudés ou rivés	0,04–0,10
		2. Neufs, revêtus de bitume	≈ 0,05
		3. Depuis longtemps en service, le bitume partiellement disparu, corrodés	≈ 0,10
		4. Depuis longtemps en service, corrosion uniforme	≈ 0,15
		5. Sans inégalités notables aux joints; intérieurement enduits (épaisseur de la couche: 10 mm environ); mauvais état superficiel	0,3–0,4
		6. Conduites après de nombreuses années d'exploitation	≈ 0,5
		7. Avec rivure transversale simple ou double; enduits intérieurement (épaisseur de la couche 10 mm), ou sans revêtement, mais non corrodés	0,6–0,7
		8. Enduits intérieurement, mais non exempts d'oxydation, encrassés au cours du service avec de l'eau, mais non corrodés	0,95–1,0
		9. Avec double rivure transversale, non corrodés; encrassés en cours de service avec de l'eau	1,2–1,5
		10. Dépôts faibles	1,5
		11. Avec double rivure transversale, fortement corrodés	2,0
		12. Dépôts importants	2,0–4,0
		13. Surface des tuyaux en mauvais état; recouvrement non uniforme des joints	≥ 5,0

- تابع الجدول رقم (2) -

Tableau 2.1 Rugosités équivalentes de sable pour des conduites de divers matériaux et états de surface [2.21] (*suite*).

Groupe	Types de tuyaux et de matériaux	Etat de la surface des tuyaux et conditions d'exploitation	k_s [mm]
IV	Tuyaux en acier rivés	1. Rivés en long et en travers avec une seule rangée de rivets; intérieurement enduits (épaisseur de la couche 10 mm); bon état de la surface 2. Avec rivure longitudinale double et transversale simple; intérieurement enduits (épaisseur de la couche 10 mm) ou non, mais non corrodés 3. Avec rivure transversale simple et longitudinale double; intérieurement goudronnés ou enduits (épaisseur de la couche 10 à 20 mm) 4. Avec quatre à six rangées longitudinales de rivets, longue durée de service 5. Avec quatre rangées transversales et six rangées longitudinales de rivets, joints intérieurement recouverts 6. Surface des tuyaux en très mauvais état; recouvrement non uniforme des joints	0,3–0,4 0,6–0,7 1,2–1,3 2,0 4,0 ≥ 5,0
V	Tuyaux en acier galvanisé	1. Neufs, galvanisation propre 2. Galvanisation ordinaire	0,07–0,10 0,1–0,15
VI	Tuyaux en tôle galvanisée	1. Neufs 2. Depuis longtemps en service avec de l'eau	0,15 0,18
VII	Tuyaux en fonte	1. Neufs 2. Neufs, revêtus de bitume 3. Asphaltés 4. Tuyauterie d'eau, depuis longtemps en service 5. Depuis longtemps en service, corrodés 6. Avec dépôts 7. Dépôts importants 8. Nettoyés après plusieurs années de service 9. Fortement corrodés	0,25–1,0 0,10–0,15 0,12–0,30 1,4 1,0–1,5 1,0–1,5 2,0–4,0 0,3–1,5 jusqu'à 3,0
		B. Conduites et canaux en béton, en ciment et autres	
I	Tuyaux en béton	1. Bonne surface, avec lissage 2. Conditions moyennes 3. Surface rugueuse	0,3–0,8 2,5 3–9
II	Tuyaux en béton armé		2,5
III	Tuyaux en fibrociment	1. Neufs 2. Durée moyenne d'utilisation	0,05–0,10 ≈ 0,60
IV	Tuyaux en ciment	1. Lissés 2. Bruts 3. Solution de ciment non lissée aux joints	0,3–0,8 1,0–2,0 1,9–6,4

- تابع الجدول رقم (2) -

Tableau 2.1 Rugosités équivalentes de sable pour des conduites de divers matériaux et états de surface [2.21] (*suite*).

Groupe	Types de tuyaux et de matériaux	Etat de la surface des tuyaux et conditions d'exploitation	k_s [mm]
V	Canal avec enduit de ciment	1. Bon enduit en ciment pur avec joints lissés (toutes les inégalités sont supprimées) travaillé avec [illegible] métallique 2. Avec lissage	0.05–0.22 0.3
VI	Enduit sur tôle métallique		10–15
VII	Canaux en grès vernissé		1,4
VIII	Dalles en béton de scorie		1.5
IX	Dalles en béton de scorie, de sciure et d'albâtre	Dalles soigneusement exécutées	1.0–1.5
C. Conduites en bois, en contre-plaqué et en verre			
I	Tuyaux bois	1. Planches très soigneusement rabotées 2. Planches bien rabotées 3. Planches non rabotées bien ajustées 4. Planches plus grossières 5. Tuyaux en douves	0,15 0.30 0,70 1.00 0,60
II	Tuyaux en contre-plaqué	1. En bon contre-plaqué de bouleau avec disposition transversale des fibres 2. En bon contre-plaqué de bouleau avec disposition longitudinale des fibres	0.12 0.03–0.05
III	Tubes en verre	Verre pur	0.0015–0.010