

DOCUMENT



n° 14081

MESURE DES DEBITS D'ETIAGE DES COURS D'EAU

Normalisation des méthodes de traitement des données

Septembre 1989

par ESTEVES Michel

Agence de l'eau
RHIN-MEUSE
57161 Rozérieulles

HYDREST
6, Rue des vignes
57460 Kerbach

Dans le cadre de la revalorisation du catalogue des débits d'étiage de l'Agence de l'Eau du Bassin Rhin-Meuse, le bureau d'études HYDREST a étudié les conditions de l'harmonisation de la chaîne d'acquisition et de traitement des mesures des débits d'étiage.

Cette étude comporte les points suivants :

- l'inventaire et la synthèse des méthodes utilisées par les différents services responsables de la réalisation des mesures (SRAE Alsace, SRAE Lorraine, Service de la navigation de Strasbourg et de Nancy, CEGUM, CEREG, GERE, Agence de l'Eau Rhin-Meuse
- la proposition d'un protocole de mesure spécifique aux débits d'étiage
- la définition d'une fiche de jaugeage
- l'inventaire et la synthèse des méthodes de traitement utilisées par les services visés ci-dessus, ainsi que la proposition d'un protocole de traitement
- la réalisation d'un programme de traitement des jaugeages hydrométriques au moulinet (méthode par intégration) utilisable par l'ensemble des utilisateurs du Bassin Rhin-Meuse

1) La mesure des débits

1.1) Principes de la mesure

Le débit peut être défini par le volume d'eau passant à travers une section pendant l'unité de temps. On l'exprime en mètres cubes par seconde (m^3/s), parfois en litres par seconde (l/s) pour les faibles débits.

D'après cette définition le débit est égal au produit de la vitesse du fluide par la surface mouillée de la section traversée. Si la détermination de la surface mouillée est relativement aisée (à partir d'un relevé géométrique de la section en travers), celle de la vitesse l'est beaucoup moins car cette grandeur physique varie en permanence. Elle varie dans l'espace d'un point à un autre du fait de la forme du lit à l'amont ou à l'aval, de la résistance à l'écoulement des berges et du fond du lit, de la végétation. Dans le temps elle fluctue en intensité et en direction en un même point.

En définissant un système de coordonnées géométriques (x, y, z) orienté de manière que l'axe y coïncide avec l'axe de la rivière, que l'axe z soit vertical et l'axe x horizontal et perpendiculaire à l'axe y , le débit se définit comme suit :

$$Q = \int_{RD}^{RG} \int_0^z v(x, z) dx dz \quad (1)$$

avec $v(x, z)$: composante de la vitesse locale dans la direction de l'axe y (LT^{-1})

et il peut être représenté par un trièdre curviligne (voir fig. 1) dont les faces sont constituées par les surfaces planes définies par les vecteurs vitesses des particules fluides en surface (SVs) et la section mouillée du cours d'eau (S_m), et par la surface courbe définie par l'ensemble des courbes enveloppes des vecteurs vitesses (SHi) des particules fluides sur chaque verticale.

La méthode de jaugeage par exploration à l'aide d'un moulinet hydrométrique du champ des vitesses consiste à déterminer la fonction $v(x, z)$ en l'échantillonnant pour différentes valeurs de x et de z . Deux procédés sont généralement utilisés.

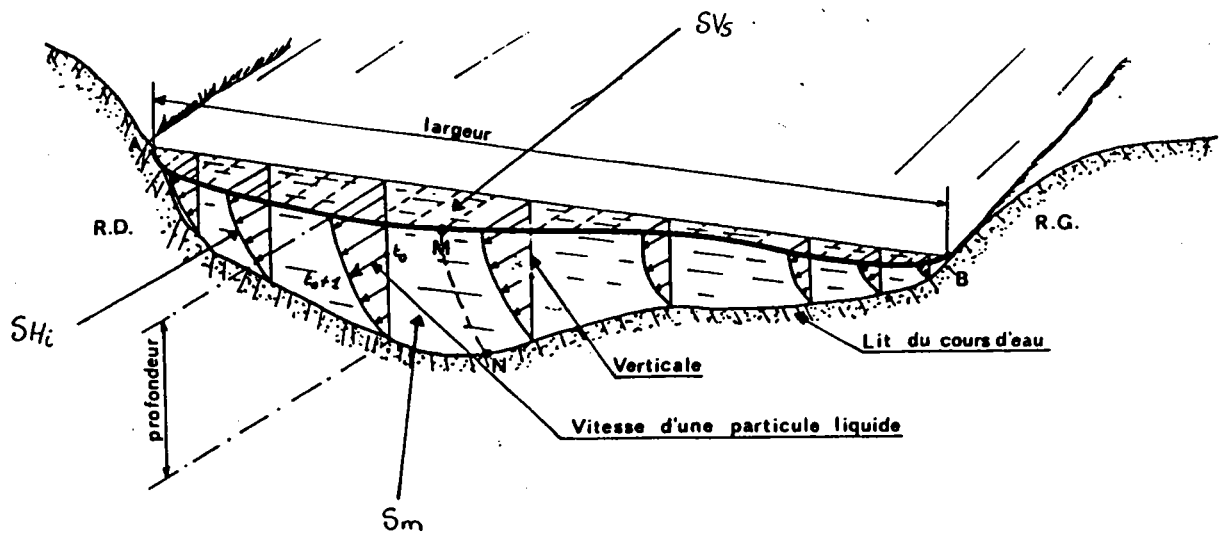


Figure 1 : Représentation du débit (modifié d'après Aldegheri, 1979)

Les deux procédés opèrent un découpage de la section, en définissant un certain nombre de verticales de mesures des vitesses (échantillonnage transversal), mais ils diffèrent dans leur manière d'explorer verticalement le champ des vitesses. Le premier procédé consiste en mesures "au point par point" ponctuelles, des vitesses sur chaque verticale. A cette fin on maintient, durant le temps de la mesure, le moulinet en position fixe, en plusieurs points (en général cinq) successifs d'une verticale. Le second procédé est basé sur le principe d'une exploration en continu du champ des vitesses sur la verticale. Durant la mesure on déplace le moulinet à vitesse constante et faible (négligeable par rapport aux vitesses de l'écoulement) sur chacune des verticales.

Ces mesures permettent de déterminer chacune des surfaces SH_i , qui représentent les débits unitaires par unité de largeur sur chacune des verticales considérées. On suppose que la vitesse est constante sur l'unité de largeur utilisée.

Dans les deux cas, on obtient la valeur des SH_i , directement pour la méthode de jaugeage par intégration, par le calcul au moment du dépouillement, pour la méthode au point par point.

1.2) Mise en oeuvre de la méthode de jaugeage par intégration dans le bassin Rhin-Meuse

La disponibilité d'un matériel parfaitement adapté à la réalisation de jaugeages par intégration (perche hydrométrique électronique PIREE) et le gain temps pour une précision identique lors de la mesure et de son dépouillement ont abouti au choix de cette méthode par l'ensemble des services à l'exception du Service de la Navigation de Strasbourg. Ce dernier, compte tenu du matériel dont il dispose, réalise ses mesures de débits en utilisant la méthode "au point par point".

1.3) Le protocole de mesure

Lorsque les conditions d'écoulement (hauteur d'eau inférieure à 1.20 m, vitesse du courant en surface inférieure à 1.0 ou 1.2 m/s) le permettent, la mesure est faite à gué au moyen d'une perche hydrométrique électronique PIREE, équipée d'un moulinet et d'hélices autocomposantes. Le déplacement du moulinet sur chaque verticale est assuré par un moteur électrique asservi à un régulateur électronique. Ce dispositif permet le choix d'une vitesse de remontée du moulinet comprise entre 0.3 et 4 cm/s (suivant les modèles ces valeurs peuvent varier légèrement) et assure une grande fiabilité, même à faible vitesse.

En cas de hauteur d'eau importante (supérieure à 1.2 m) la mesure est réalisée à partir de passerelles ou en utilisant un moulinet monté sur un ensemble saumon-gouvernail.

La mesure des distances horizontales s'effectue par une lecture directe sur une règle ou un ruban gradué tendu en travers de la section. Pour faciliter la comparaison entre les jaugeages effectués à une même section, l'emplacement du point de la mesure est matérialisé sur le terrain par un piquet.

Suivre un protocole strict et défini une fois pour toute et pour toutes les situations, constitue en pratique une utopie dans le cas des mesures en rivière. Toutefois il est nécessaire de suivre un certain nombre de règles permettant d'obtenir la plus grande précision possible et s'appuyant sur l'expérience acquise par le jaugeur. On peut résumer les principales règles de la manière suivante :

- toujours disposer d'appareils en parfait état de fonctionnement
- réaliser le jaugeage à deux personnes, le jaugeur et un adjoint assurant la transcription sur la fiche de jaugeage

- choisir une section au profil en travers régulier, dans un tronçon rectiligne sans végétation aquatique où l'écoulement est uniforme et les filets liquides parallèles aux berges
- choisir un nombre de verticales compris entre 5 et 15 (12 en général)
- espacer les verticales en fonction de l'irrégularité du fond et de la répartition des vitesses, en essayant cependant de respecter un espacement à $1/10^{\circ}$ de la largeur de la section entre deux verticales. A proximité des berges on introduit deux verticales supplémentaires. Dans le cas de berges non abruptes on adoptera un espacement égal à $1/20^{\circ}$ de la largeur. Dans le cas des berges verticales on réalise les mesures le plus près possible de la berge.
- choisir systématiquement un temps de comptage supérieur à 20 secondes
- dans le cas de faibles profondeurs d'eau (< 10 cm), réaliser une seule mesure sur la verticale à mi-profondeur avec un temps de comptage de 30 secondes
- lors des jaugeages sous des ponts pourvus de piles, réaliser un jaugeage par travée en considérant que chaque sous-section est indépendante. Le débit est alors égal à la somme des débits des sous-sections
- mesurer à l'aide d'un mètre la hauteur d'eau à chaque berge verticale

Le respect de ces règles par l'ensemble des équipes de jaugeage permet une homogénéisation de la technique de mesure des débits d'étiage sur l'ensemble du Bassin Rhin-Meuse.

Il est utile de rappeler que le respect de certaines de ces recommandations (durée du temps de comptage) est une obligation compte tenu des erreurs que leur non-respect peut introduire dans les résultats.

1.4) La fiche de jaugeage

La réalisation de cette fiche est le résultat de la synthèse des différentes fiches de jaugeage utilisées par les services concernés par les campagnes de mesure des débits d'étiage.

La fiche définitive qui a été retenue (voir en annexe 1) est organisée suivant deux principes :

- une distinction entre les informations générales (localisation du point de mesure, date, matériel ...), les données de la mesure et les informations sur les caractéristiques physiques de la section de mesure
- une distinction entre les données à reporter au moment de la mesure sur le terrain et des données que l'on peut reporter ultérieurement au bureau

L'agencement des différentes rubriques suit un ordre logique qui correspond à celui de la réalisation de la mesure sur le terrain et de son dépouillement au bureau :

- localisation du point de mesure
- personnel et type de matériel utilisé
- données de la mesure
- caractérisation de la section de mesure (méthode Agence de l'Eau Rhin-Meuse)
- informations complémentaires sur la situation du point de mesure (à compléter au bureau)
- résultats du jaugeage

Bien que le remplissage de la fiche de jaugeage ne pose pas de problèmes à une personne familiarisée avec les jaugeages aux moulinet, il est cependant nécessaire de préciser un certain nombre de termes utilisés afin d'éviter toute ambiguïté quant à leur interprétation.

le numéro du point : il correspond au code attribué au point de mesure par le service qui réalise la mesure.

le numéro du jaugeage : il correspond au code attribué par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse lors de son archivage à l'Agence.

la constante de fond : elle représente la distance qui existe entre le bord inférieur de l'hélice et le fond de la rivière. Si l'hélice est en contact avec le fond celle-ci est égale à zéro.

l'angle avec la direction du courant : il représente l'angle que forme la section de mesure et la direction de l'écoulement (voir fig. 2). Dans la majorité des cas, cet angle vaut 90° (cette valeur est prise par défaut par le programme de dépouillement).

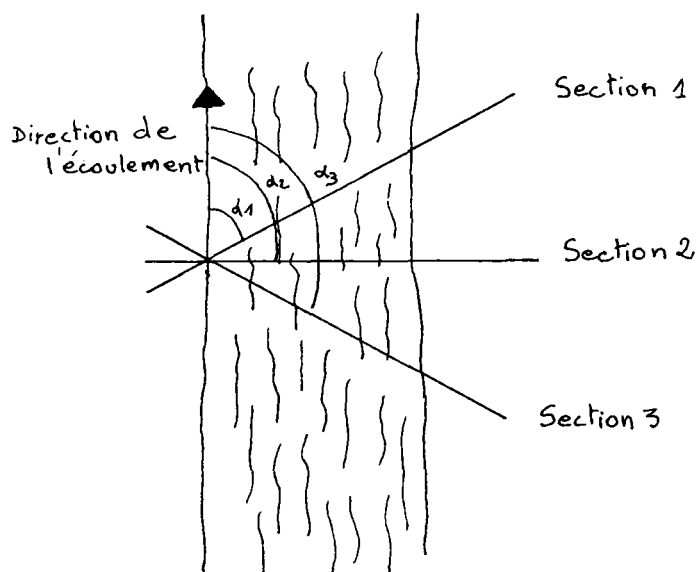
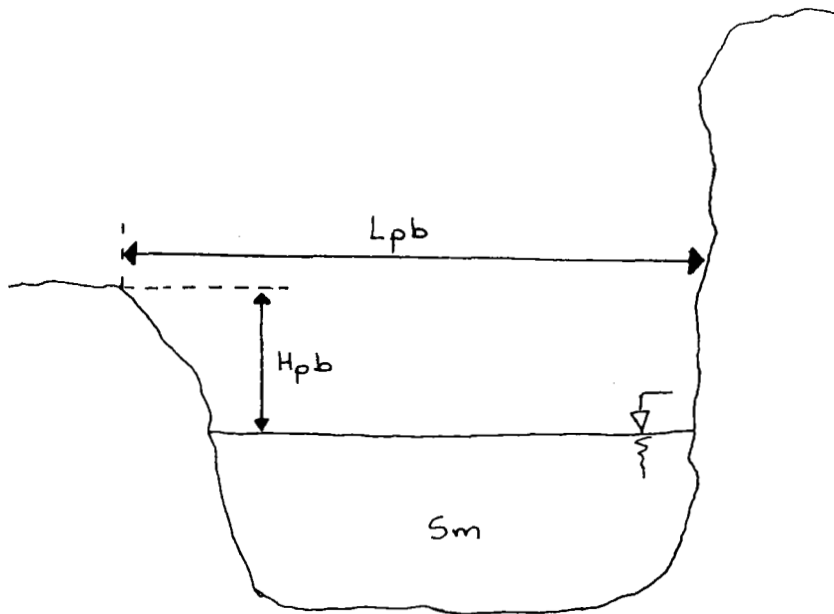


Figure 2 : Détermination de l'angle de la section de mesure par rapport à la direction de l'écoulement

les informations concernant le premier niveau de débordement : cette rubrique a été introduite à la demande de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse pour préciser les caractéristiques de la section en écoulement à plein-bord. Les résultats qui en découlent ne constituent qu'une approximation de la section plein-bord. La signification des termes et le calcul de la section plein-bord sont définis dans le schéma ci-dessous. Ces données n'interviennent pas dans le calcul du débit.



$$S_{pb} = S_m + (L_{pb} \times (H_{pb}/100)) \quad (2)$$

L_{pb} : largeur plein-bord en m

H_{pb} : différence entre le niveau de l'eau et le sommet de la berge (premier niveau de débordement) en cm

S_m : section mouillée au moment de la mesure en m^2

S_{pb} : approximation de la section mouillée plein-bord en m^2

Figure 3 : Approximation de la section plein-bord

Enfin, la colonne "Nb cont./seconde" du tableau de mesure a été introduite pour permettre aux équipes de jaugeage qui le souhaitent de disposer d'un moyen simple et rapide de contrôle des variations de la vitesse, lors de la mesure sur le terrain.

2) Le traitement des mesures de débits

L'ensemble des services réalisant les campagnes de jaugeage de débits d'étiage utilise des méthodes numériques de dépouillement des mesures. Le dépouillement s'effectue en général au bureau à l'issue des campagnes de mesure. La disponibilité de micro-ordinateurs portables permet à certaines équipes (SRAE Lorraine) de dépouiller le jaugeage sur le terrain à l'issue de la mesure.

Le protocole de traitement retenu est de type "automatique" avec le recours à un micro-ordinateur. Le logiciel de traitement utilise pour le calcul du débit une méthode numérique de dépouillement : la méthode dite des sections moyennes. Son principe sera décrit dans le chapitre de présentation du logiciel JAUGEAGE. La détermination du code "caractéristiques section" et de la valeur du jaugeage par la méthode développée à l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse par J.F. Zumstein a également été automatisée.

2.1) Présentation des logiciels de traitement

Sur la disquette jointe à ce rapport se trouve les deux logiciels (CATALOG et JAUGEAGE) de traitement des jaugeages réalisés à l'aide de la méthode par intégration suivant le protocole définit au chapitre 1.3.

Ces programmes fonctionnent sur des micro-ordinateurs de type IBM PC ou compatibles PC équipés de cartes graphiques vidéo monochrome de type HERCULES ou des cartes couleurs de type CGA, EGA ou VGA. La sortie des résultats sur imprimante est possible sur des imprimantes graphiques 9 ou 24 aiguilles compatibles IBM.

Le logiciel CATALOG permet la gestion d'un catalogue de matériel hydrométrique. Le programme est écrit en BASIC structuré et est composé d'environ 600 instructions.

Le logiciel JAUGEAGE permet le dépouillement des mesures de débit en utilisant la méthode par intégration à l'aide d'une perche ou d'un ensemble monté sur saumon. Le programme est écrit en BASIC structuré et est composé d'environ 1800 instructions.

2.2.1) Le programme CATALOG

Ce programme permet de gérer le fichier de "configurations des matériels hydrométriques" utilisé par un service. Chaque fichier ou catalogue peut comporter au maximum 50 références différentes.

Pour installer le programme CATALOG sur un disque dur il suffit de le copier à partir de la disquette d'origine en utilisant la commande MS-DOS COPY. Pour utiliser le logiciel CATALOG, taper CATALOG.

Le menu principal :

L'ensemble des fonctions sont accessibles à partir du menu principal. Ces fonctions sont :

- 1 - la création d'un nouveau catalogue
- 2 - l'édition de l'ensemble des configurations d'un catalogue
- 3 - l'édition des caractéristiques de chacune des configurations d'un catalogue
- 4 - l'ajout d'une configuration dans un catalogue
- 5 - la correction d'une configuration
- 6 - la suppression d'une configuration
- 7 - l'impression d'une configuration
- 8 - le retour au DOS

Pour choisir une option il suffit d'introduire son numéro (1 à 8) puis de valider la réponse par la touche "RETURN".

Chaque configuration de matériel est définie par :

- le type de montage
- le nom du moulinet
- le numéro du moulinet
- le type d'hélice
- le numéro de l'hélice
- le diamètre de l'hélice
- les paramètres de la courbe d'étalonnage du moulinet

Toutes les introductions de données sont à valider par la touche "RETURN".

Les fichiers créés à l'aide de ce programme ont pour extension "MAT" et sont compatibles avec le programme JAUGEAGE. La mise en oeuvre du programme est entièrement interactive et ne nécessite pas le recours à l'introduction des données sous une forme particulière. Le programme accepte les caractères majuscules ou minuscules.

2.2.2) Le programme JAUGEAGE

Ce programme permet le traitement complet d'un jaugeage réalisé à partir du protocole défini précédemment. Chaque mesure peut comporter au maximum 50 verticales.

Installation du logiciel

Pour installer le programme JAUGEAGE sur un disque dur il suffit de le copier à partir de la disquette d'origine en utilisant la commande MS-DOS COPY.

Il est nécessaire de copier le fichier JAUGEAGE.CFG sur la même partition (ou la même disquette). Ce fichier de type ASCII contient les informations concernant le type de carte graphique vidéo. Il peut être créé à partir de n'importe quel éditeur de texte permettant une sauvegarde sous format ASCII. Les seules informations reconnues par le programme JAUGEAGE sont : HERC, CGA, EGA.

En fonction du type de carte vidéo que vous utilisez il suffit de renommer :

- le fichier JAUGEAGE.CGA en JAUGEAGE.CFG pour une carte CGA
- le fichier JAUGEAGE.EGA en JAUGEAGE.CFG pour une carte EGA
- le fichier JAUGEAGE.HRC en JAUGEAGE.CFG pour une carte HERCULES

Si le fichier JEAUGEAGE.CFG n'est pas sur la même partition (ou la même disquette) que le programme jaugeage ce dernier ne peut pas FONCTIONNER.

Enfin en cas d'utilisation d'une carte vidéo monochrome de type HERCULES il faut lancer avant l'utilisation du programme JAUGEAGE le programme d'installation de l'interface graphique HERCJ.COM, présent sur la disquette d'origine.

Utilisation du logiciel

Pour lancer le programme il faut taper JAUGEAGE (pour les utilisateurs d'une carte HERCULES voir le paragraphe précédent).

Le menu principal :

Il permet d'accéder aux principales fonctions du programme qui sont :

- 1 - le chargement du catalogue des configurations du matériel hydrométrique utilisé
- 2 - le dépouillement d'un jaugeage
- 3 - la correction d'un fichier de jaugeage
- 4 - le retour au DOS

Pour choisir une option il suffit d'introduire son numéro (1 à 4) puis de valider la réponse par la touche "RETURN".

Le chargement d'un catalogue de matériel est Obligatoire avant le premier dépouillement de jaugeage.

La saisie et la correction des données s'effectuent en trois étapes qui correspondent au trois types d'informations collectées au cours de la réalisation de la mesure et reportées sur la fiche de jaugeage :

- informations générales (localisation, matériel, ...)
- données relatives à la mesure
- caractéristiques de la section (méthode AFBRM)

La troisième option du menu permet de modifier ou de compléter les données d'un fichier jaugeage déjà sauvegardé.

Le dépouillement d'un jaugeage

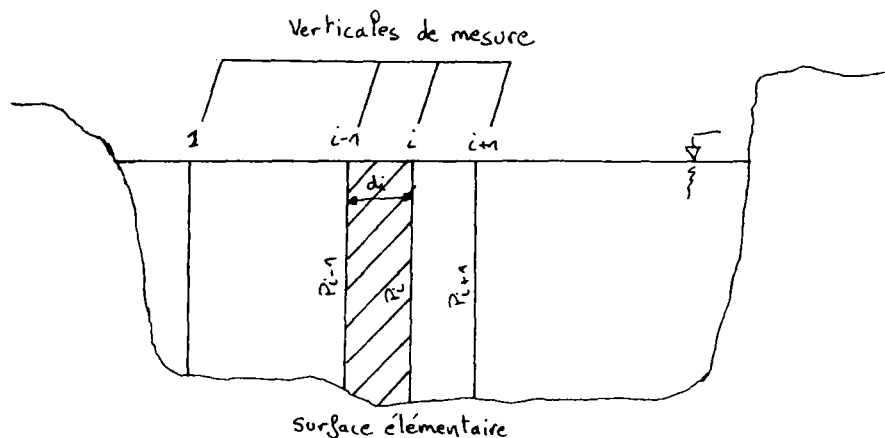
La seconde option du menu principal permet le dépouillement de jaugeages réalisés avec un moulinet hydrométrique par la méthode d'intégration des vitesses sur une verticale. Chaque mesure peut comporter jusqu'à 50 verticales et utiliser plusieurs hélices. Avec cette option il est possible :

- de visualiser et de corriger les informations saisies avant leur sauvegarde
- de visualiser les résultats par verticale
- de visualiser et d'imprimer le profil en travers, le profil des vitesses et celui des débits unitaires
- de procéder à l'édition des résultats sur imprimante

Pour déterminer la valeur du débit le programme utilise une méthode numérique : la méthode de la section moyenne. La section de mesure est constituée par un certain nombre de surfaces élémentaires limitées par deux verticales de mesure adjacentes. Le débit pour chaque surface élémentaire est calculé par :

$$Q_{elm} = \frac{V_{i-1} + V_i}{2} \cdot \frac{P_{i-1} + P_i}{2} \cdot d_i \quad (3)$$

Les notations utilisées correspondent à celles définies par la figure suivante :



- d_i - distance horizontale séparant les verticales i et $i+1$
- V_i - vitesse à la verticale i
- P_i - profondeur à la verticale i

Figure 4 : Détermination des sections élémentaires

Le débit total est obtenu en sommant les débits élémentaires.

Les hypothèses suivantes ont été retenues lors du calcul du débit :

- vitesses à proximité des berges

Au niveau des berges on admet que la vitesse est nulle. L'erreur commise du fait de cette hypothèse est d'autant plus faible que les verticales de mesure à proximité des berges sont situées près du bord (en particulier pour les berges verticales).

- détermination des vitesses de fond

Pour les mesures avec une constante de fond, le programme calcule le débit élémentaire à proximité du fond de la manière suivante :

$$Q_{\text{elm fond}} = \text{Const. fond} * 2/3 * \text{Vit. moyenne verticale (4)}$$

Ce débit élémentaire est ajouté au débit élémentaire de la verticale calculé à l'aide de la relation 3 afin d'obtenir le débit unitaire total.

- correction de la profondeur

Le programme corrige automatiquement les profondeurs mesurées en ajoutant à la profondeur mesurée le rayon de l'hélice et la constante de fond. Il est possible en utilisant l'option "plusieurs hélices" de définir une constante de fond différente pour chaque verticale.

Pour les mesure réalisées avec un moulinet monté sur un saumon, si l'angle de dérive du câble n'est pas négligeable (> 5°) une correction supplémentaire est apportée aux profondeurs mesurées à partir de la relation suivante :

$$\text{Prof. réelle} = (1 - K) * \text{Prof. mesurée}$$

Les valeurs du coefficient correcteur sont déterminées à partir d'une relation qui a été ajustée aux valeurs données dans le tableau suivant (Roche, 1963).

Angle de dérive (°)	Coefficient K	Angle de dérive (°)	Coefficient K
4	0.0006	22	0.0248
6	0.0016	24	0.0296
8	0.0032	26	0.0350
10	0.0050	28	0.0408
12	0.0072	29	0.0472
14	0.0098	32	0.0544
16	0.0128	34	0.0620
18	0.0164	36	0.0698
20	0.0204		

Le programme recalcule automatiquement les abscisses quelque soit la manière dont elles ont été introduites, en prenant comme origine la Rive Droite. Lorsque la section de mesure n'est pas perpendiculaire à la direction du courant le programme opère une correction des abscisses.

Toutes les introductions de données sont à valider par la touche "RETURN".

Les fichiers créés à l'aide de ce programme ont pour extension "JAU". La mise en oeuvre du programme est entièrement interactive et ne nécessite pas le recours à l'introduction des données sous une forme particulière. Le programme accepte les caractères majuscules ou minuscules.

2.3) Conclusions

Les programmes CATALOG et JAUGEAGE sont pourvus d'une procédure de gestion des erreurs. Des erreurs peuvent cependant se produire et ne seront pas détectées par les programmes. Ce sont notamment les erreurs sur les données introduites qui peuvent aboutir à des résultats erronés ou à l'arrêt du programme. Par exemple l'introduction d'un temps de comptage égal à zéro provoque un arrêt du programme.

Les logiciels ne détectent pas les erreurs d'introduction de données. Il est donc souhaitable que le dépouillement des jaugeages soit réalisé par l'auteur du jaugeage, sinon par une personne habituée à la pratique des jaugeages et à leur interprétation et capable de critiquer les résultats obtenus.

JAUGEAGE MECANIQUE PAR INTEGRATION

Nombre de verticales :

Service :

 Angle de la section
avec la direction du
courant (en °) :

 Abscisses berges (m)
R.D. :
R.G. :

 Haut. d'eau berges (cm)
R.D. :
R.G. :

N° du point : Site : Bassin Versant : Rivière : Emplacement de la section :	N° Vert.	Abscisse (m)	Prof. mes. (cm)	Nb. de contacts	Temps (s)	Angle (°)**	Nb cont./ seconde	Observations
Date :								
Heure début :								
Heure fin :								
Station hydrométrique								
Nom :								
H. éch. (cm) Déb. :								
Fin :								
Nom du jaugeur :								
Nom de l'assistant :								
MODE OPERATOIRE - MATERIEL UTILISE								
Perche à intégration <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/>								
Cyclo-potence <input type="checkbox"/>								
Poids du saumon : kg								
Moulinet Type : N°:								
Hélice Type : N°:								
Ø : cm								
Constante fond : cm								
Informations concernant le premier niveau de débordement								
Largeur plein bord (m) :								
Hauteur berge (cm) :								

**Angle de dérive du câble (jaugeage avec un treuil) SUITE AU VERSO --->

Observations générales : _____

N° du Jaugeage : _____
Code hydrologique : _____
P.K. : _____ km
Surface bassin versant amont : _____ km²
Département(s) : _____
Commune(s) : _____
Carte (1/50.000°) : _____
Coordonnées Lambert X : _____
Y : _____
Z : _____ m

CARACTERISTIQUES DE LA SECTION DE JAUGEAGE

CARACTERISTIQUES DU LIT	CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES
Type de section - Section régulière ou canalisée <input type="checkbox"/> - Section irrégulière <input type="checkbox"/>	Répartition de l'écoulement - Bien réparti dans la section <input type="checkbox"/> - Zones d'eau morte ou de retour <input type="checkbox"/>
Type de berges - Rive abrupte pente > 45° R.D. <input type="checkbox"/> R.G. <input type="checkbox"/> - Rive non abrupte pente < 45° <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Type d'écoulement - Très faible <input type="checkbox"/> - Tourbillonnaire <input type="checkbox"/> - Turbulent <input type="checkbox"/> - Laminaire <input type="checkbox"/>
Nature du fond du lit - Lit à dépôts compacts (lit rocheux, graves, béton, ...) <input type="checkbox"/> - Lit à dépôts mous (sables, vases) <input type="checkbox"/> - Lit de galets ou de blocs <input type="checkbox"/>	Hauteur d'eau moyenne <input type="checkbox"/> < 0.20 m <input type="checkbox"/> > 0.20 m
Obstacles - Végétation aquatique Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> - Autres obstacles <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Variation de la hauteur d'eau au cours de la mesure - Rapide et importante, vannages <input type="checkbox"/> - Nulle ou faible <input type="checkbox"/>

RESULTATS DU JAUGEAGE

Code (caractéristiques section) : _____
Valeur : _____

Débit : _____ m³/s
Haut. éch. : _____ cm

Section mouillée : _____ m²
Vitesse moyenne : _____ m/s
Rayon hydraulique : _____ m
Périmètre mouillé : _____ m
Profondeur moyenne : _____ m
Largeur : _____ m

Largeur plein bord : _____ m
Section plein bord : _____ m²

N.B. : Pour remplir les tableaux ci-dessus mettre une croix dans la case correspondant à la bonne réponse.